

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЖУРНАЛ**

***INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL***

---

**ISSN 2303-9868 PRINT  
ISSN 2227-6017 ONLINE**

Екатеринбург  
2016





Периодический теоретический и научно-практический журнал.  
Выходит 12 раз в год.  
Учредитель журнала: ИП Соколова М.В.  
Главный редактор: Миллер А.В.  
Адрес редакции: 620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская,  
д. 4, корп. А, оф. 17.  
Электронная почта: [editors@research-journal.org](mailto:editors@research-journal.org)  
Сайт: [www.research-journal.org](http://www.research-journal.org)

**№6 (48) 2016  
Часть 5  
Июнь**

Подписано в печать 17.06.2016.  
Тираж 900 экз.  
Заказ 26142  
Отпечатано с готового оригинал-макета.  
Отпечатано в типографии ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ",  
623701, г. Березовский, ул. Театральная, дом № 1, оф. 88.

Сборник по результатам LI заочной научной конференции International Research Journal.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Журнал имеет свободный доступ, это означает, что статьи можно читать, загружать, копировать, распространять, печатать и ссылаться на их полные тексты с указанием авторства без каких либо ограничений. Тип лицензии CC поддерживаемый журналом: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Журнал входит в международную базу научного цитирования **Agris**.

Номер свидетельства о регистрации в Федеральной Службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: **ПИ № ФС 77 – 51217**.

**Члены редколлегии:**

**Филологические науки:** Растягаев А.В. д-р филол. наук, Сложеникина Ю.В. д-р филол. наук, Штрекер Н.Ю. к.филол.н., Вербицкая О.М. к.филол.н.

**Технические науки:** Пачурин Г.В. д-р техн. наук, проф., Федорова Е.А. д-р техн. наук, проф., Герасимова Л.Г., д-р техн. наук, Курасов В.С., д-р техн. наук, проф., Оськин С.В., д-р техн. наук, проф.

**Педагогические науки:** Лежнева Н.В. д-р пед. наук, Куликовская И.Э. д-р пед. наук, Сайкина Е.Г. д-р пед. наук, Лукьянова М.И. д-р пед. наук.

**Психологические науки:** Мазилев В.А. д-р психол. наук, Розенова М.И., д-р психол. наук, проф., Ивков Н.Н. д-р психол. наук.

**Физико-математические науки:** Шамолин М.В. д-р физ.-мат. наук, Глезер А.М. д-р физ.-мат. наук, Свиштунов Ю.А., д-р физ.-мат. наук, проф.

**Географические науки:** Умывакин В.М. д-р геогр. наук, к.техн.н. проф., Брылев В.А. д-р геогр. наук, проф., Огуреева Г.Н., д-р геогр. наук, проф.

**Биологические науки:** Буланый Ю.П. д-р биол. наук, Аникин В.В., д-р биол. наук, проф., Еськов Е.К., д-р биол. наук, проф., Шеуджен А.Х., д-р биол. наук, проф.

**Архитектура:** Янковская Ю.С., д-р архитектуры, проф.

**Ветеринарные науки:** Алиев А.С., д-р ветеринар. наук, проф., Татарникова Н.А., д-р ветеринар. наук, проф.

**Медицинские науки:** Медведев И.Н., д-р мед. наук, д.биол.н., проф., Никольский В.И., д-р мед. наук, проф.

**Исторические науки:** Меерович М.Г. д-р ист. наук, к.архитектуры, проф., Бакулин В.И., д-р ист. наук, проф., Бердинских В.А., д-р ист. наук, Лёвочкина Н.А., к.ист.наук, к.экон.н.

**Культурология:** Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

**Искусствоведение:** Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

**Философские науки:** Петров М.А., д-р филос. наук, Бессонов А.В., д-р филос. наук, проф.

**Юридические науки:** Грудцына Л.Ю., д-р юрид. наук, проф., Костенко Р.В., д-р юрид. наук, проф., Камышанский В.П., д-р юрид. наук, проф., Мазуренко А.П. д-р юрид. наук, Мещерякова О.М. д-р юрид. наук, Ергашев Е.Р., д-р юрид. наук, проф.

**Сельскохозяйственные науки:** Важов В.М., д-р с.-х. наук, проф., Раков А.Ю., д-р с.-х. наук, Комлацкий В.И., д-р с.-х. наук, проф., Никитин В.В. д-р с.-х. наук, Наумкин В.П., д-р с.-х. наук, проф.

**Социологические науки:** Замараева З.П., д-р социол. наук, проф., Солодова Г.С., д-р социол. наук, проф., Кораблева Г.Б., д-р социол. наук.

**Химические науки:** Абдиев К.Ж., д-р хим. наук, проф., Мельдешов А. д-р хим. наук.

**Науки о Земле:** Горяинов П.М., д-р геол.-минерал. наук, проф.

**Экономические науки:** Бурда А.Г., д-р экон. наук, проф., Лёвочкина Н.А., д-р экон. наук, к.ист.н., Ламоттке М.Н., к.экон.н.

**Политические науки:** Завершинский К.Ф., д-р полит. наук, проф.

**Фармацевтические науки:** Тринеева О.В. к.фарм.н., Кайшева Н.Ш., д-р фарм. наук, Ерофеева Л.Н., д-р фарм. наук, проф.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АССАМБЛЕЙ ЧЛЕНИСТОНОГИХ В ГНЕЗДАХ СИНАНТРОПНЫХ ПТИЦ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА .....	6
ПРЕДСТАВИТЕЛИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ ФЛОРЫ И ФАУНЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ БИОРЕМЕДИАНТЫ АГРОЭКОСИСТЕМ .....	9
КАРИОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ КОМПЛЕКСНОГО ИЗУЧЕНИЯ ВОДНО-ПРИБРЕЖНОЙ ФЛОРЫ БАССЕЙНА ЯПОНСКОГО МОРЯ (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ).....	11
ОСОБЕННОСТИ КОРМЛЕНИЯ КОПЫТНЫХ (CERVUS ELAPHUS L., DAMA DAMA L., SUS SCROFA L.) В УСЛОВИЯХ ВОЛЬЕРНОГО СОДЕРЖАНИЯ .....	16
ВЛИЯНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА <i>IN VITRO</i> НА ПОКАЗАТЕЛИ СЫВОРОТКИ КРОВИ И ЭРИТРОЦИТОВ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ <i>AMPHIBIA</i> , <i>AVES</i> И <i>MAMMALIA</i> .....	19

## ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ / VETERINARY SCIENCE

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АНТГЕЛЬМИНТИКОВ ПРИ СМЕШАННЫХ ИНВАЗИЯХ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА ЛОШАДЕЙ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ .....	24
--	----

## ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOGRAPHY

ГЕОГРАФИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ АВАРИЙНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ТЕХНОСФЕРНЫХ ПОЖАРОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ) .....	27
ЭКОТУРИСТСКАЯ МАРКЕТИНГОВАЯ СТРАТЕГИЯ СЕВЕРО-ОСЕТИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА .....	31

## МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ / MEDICINE

ВОСПАЛИТЕЛЬНЫЕ ОСЛОЖНЕНИЯ ПРИ ОБТУРАЦИОННОЙ КИШЕЧНОЙ НЕПРОХОДИМОСТИ ОБУСЛОВЛЕННОЙ РАКОМ ЛЕВЫХ ОТДЕЛОВ ТОЛСТОЙ КИШКИ .....	35
ПАТОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ АНТИЦИТОКИНОВОЙ ТЕРАПИИ ПРИ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ РЕТИНОПАТИИ .....	38
ХЕМОПРЕВЕНЦИЯ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ .....	41
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОРЦА ПТИЧЬЕГО В ПРОФИЛАКТИКЕ, ЛЕЧЕНИИ И РЕАБИЛИТАЦИИ РАКА .....	45
статья изъята: СТАДИИ ПРОЦЕССОВ АДАПТАЦИИ .....	48
статья изъята: ЭТАПЫ АДАПТАЦИОННЫХ РЕАКЦИЙ .....	49
статья изъята: МЕХАНИЗМЫ СТАНОВЛЕНИЯ АДАПТАЦИИ.....	51
статья изъята: РЕАКЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АДАПТАЦИИ.....	53
ИНФОРМАТИВНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИММУНОГРАММЫ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ АКТИВНОСТИ ТУБЕРКУЛЕЗА ВНУТРЕННИХ ЖЕНСКИХ ГЕНИТАЛИЙ .....	54
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОКАЗАНИЮ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПАЦИЕНТАМ С ХРОНИЧЕСКИМИ БОЛЕВЫМИ СИНДРОМАМИ ПОЛОСТИ РТА .....	59
СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКАЯ СТАТИСТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОЗВОНОЧНИКА И СПИННОГО МОЗГА ПРИ ТРАВМЕ В САЛОНЕ ДВИЖУЩЕГОСЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ, ОБОРУДОВАННОГО СОВРЕМЕННЫМИ СРЕДСТВАМИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	61
ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ НА РАЗВИТИЕ НУТРИТИВНЫХ НАРУШЕНИЙ У ДЕТЕЙ С ДЦП .....	69
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ПРАВОВОЙ ГРАМОТНОСТИ ВРАЧА И ПАЦИЕНТА НА СТЕПЕНЬ РИСКА МЕДИЦИНСКОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА В АКУШЕРСКО-ГИНЕКОЛОГИЧЕСКОМ СТАЦИОНАРЕ .....	72

## ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHARMACEUTICS

КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ СЕТЕВЫХ АПТЕК ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА .....	75
--	----

## ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY

статья изъята: МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ДНК .....	78
статья изъята: ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ НАБОРЫ ДЛЯ ПЦР.....	80
О РОЛИ ТЕХУГЛЕРОДА В ИЗМЕНЕНИЯХ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ СЕТОК НК .....	81
ТЕОРИЯ $K^+ / Na^+$ СЕЛЕКТИВНОСТИ ВОДНОЙ ПОЛОСТИ В $K^+$ КАНАЛЕ ДЛЯ ПОЛЮСНЫХ МОДЕЛЕЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ РАСТВОРИТЕЛЯ.....	84

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМБИНАЦИИ ИСКУССТВЕННОЙ И ЕСТЕСТВЕННОЙ ПРЕГРАДЫ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ЛЕСНОГО ПОЖАРА .....	88
УЛУЧШЕНИЕ МЕТОДА D-MORPH ДЛЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО КВАНТОВОГО УПРАВЛЕНИЯ.....	94



NON-LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS OF HIGHER ORDER .....	99
НЕКОТОРЫЕ УСЛОВИЯ КВАЗИКОРРЕКТНОСТИ СМЕШАННОГО КРАЕВОГО УСЛОВИЯ .....	103
ЕДИНСТВЕННОСТЬ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ МОНЖА-АМПЕРА НЕКОТОРОГО КЛАССА НА СФЕРЕ КАК ДВУМЕРНОМ МНОГООБРАЗИИ.....	107
ИССЛЕДОВАНИЕ УРАВНЕНИЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО ТИПА ВТОРОГО ПОРЯДКА НАГРУЖЕННЫМИ СВОБОДНЫМИ ЧЛЕНАМИ И С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ УСЛОВИЯМИ .....	111
МЕТОДЫ КЛАССИЧЕСКОЙ ПРИКЛАДНОЙ ГЕОМЕТРИИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ .....	114

#### НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОН ВОЗМОЖНЫХ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И УРАЛА .....	119
СЕЙСМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ В ПРЕДЕЛАХ ТРАПЕЦИИ $\varphi N = 56^\circ - 67^\circ - \lambda E = 48^\circ - 60^\circ$ .....	122
РАЗРАБОТКА ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ БИОПРЕПАРАТА «МИКРОЗИМ ПЕТРО ТРИТ» И МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ.....	127
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ .....	130
ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ .....	132
АНАЛИЗ ПРЕДСТАВИТЕЛЬНОСТИ ДАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА УГЛЕЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДЕТАЛЬНЫХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ .....	137
ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ШИРИНУ ВОДООХРАННЫХ ЗОН ОЗЕР .....	141
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ СКЛОНОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАСЧЕТОВ АНАЛИТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ И МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	144
ОСОБЕННОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ КУЗБАССА .....	149
О РЕГИСТРАЦИИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПРИ ОСВОЕНИИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА .....	152
КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ .....	156
К ВОПРОСУ О ГОСУДАРСТВЕННОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ В НЕФТЯНОЙ ОТРАСЛИ (НА ПРИМЕРЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ).....	161
НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ СУСУЯ: РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ЗА ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 2015 Г. ....	163

#### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES

АГРОФИТОЦЕНОЗЫ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО СЕНОКОСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ НОВЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ.....	165
ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДИНАМИКИ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ПОЛ-АОЗ У КОРОВ ПО СЕЗОНАМ ГОДА .....	168
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ГИДРОБИОНТОВ С ПОСЛЕДУЮЩИМ ВНЕДРЕНИЕМ НА РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ СЗФО .....	171
НОВЫЕ СКОРОСПЕЛЫЕ СОРТОБРАЗЦЫ КАРТОФЕЛЯ.....	175
ВЛИЯНИЕ СЕЗОНА ГОДА И УРОВНЯ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МОЛОКА КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ .....	177
ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ОБРАЗЦОВ ФАСОЛИ ОВОЩНОЙ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	181
ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ.....	184
ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЯЧМЕНЯ И ГОРОХА .....	188
ВЛИЯНИЕ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ НА СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА АГРОТЕМНОГУМУСОВЫХ ГЛЕЕВЫХ ПОЧВ ПРИМОРЬЯ.....	192
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЫСОКОГОРЬЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СЕМЕНОВОДСТВА СРЕДНЕРАННИХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ .....	195
ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО САХАРНОЙ СВЕКЛЫ .....	198
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ЗЕРНОСВЕКЛОВИЧНОМ СЕВООБОРОТЕ.....	204

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY**

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.113

**Белоусова Н.М.**

Кандидат биологических наук,

Приморская Государственная Сельскохозяйственная академия

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АССАМБЛЕЙ ЧЛЕНИСТОНОГИХ  
В ГНЕЗДАХ СИНАНТРОПНЫХ ПТИЦ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

**Аннотация**

*В статье рассматриваются ассамблеи членистоногих, формирующиеся в гнездах птиц, обитающих вблизи жилья человека. Выявлены закономерности их образования, этапы развития гнездового сообщества, пространственная и функциональная структура сообществ членистоногих в условиях антропогенного пресса. Выявлены типы сообществ, в зависимости от видов, составляющих основу населения гнезда и относительно срока их функционирования. Изучены закономерности формирования зооценозов птичьих гнезд с момента начала строительства гнезда птицей и принципы устойчивости сообщества обитателей гнезда.*

**Ключевые слова:** синантропные виды, гемисинантропные виды, микроценоз членистоногих, эктопаразиты, сапрофаги.

**Belousova N.M.**

PhD in Biology,

Maritime State Agricultural Academy

**FEATURES OF FORMATION OF ASSEMBLIES ARTHROPODS FROM SINSNTROPIC BIRDS' S NESTS  
OF SOUTH FAR EAST**

**Abstract**

*The article discusses the Assembly of arthropods emerging in the nests of birds that live near human habitations. The regularities of their formation, stages of development of the breeding community, the spatial and functional structure of arthropod communities in conditions of anthropogenic press. The identified community types, depending on the species constituting the basis of the population of the nest and the period of their operation. Studied regularities of formation of zoocenoses birds ' nests since the beginning of the construction of the nest by the bird and the principles of sustainability of the community of inhabitants of the nest.*

**Keywords:** synanthropic species gemisinantropnye species microcenosis arthropods, ectoparasites, saprophagous.

Для изучения ассамблей членистоногих, формирующихся в гнездах птиц, были исследованы гнезда семи видов птиц, гнездящихся вблизи жилья человека, животноводческих и хозяйственных помещениях.

Исследования проводились на юге Дальнего востока России. Три вида, имеющие наибольшую плотность и доминирующие в орнитокомплексе селитебных зон района исследования - сорока обыкновенная, грач и ворона черная. Эти виды птиц размещают гнезда открыто, используют для строительства гнезд разнообразный строительный материал природного и антропогенного происхождения, в связи с чем, диапазон климатических факторов в полости гнезда и толще субстрата варьирует. Четыре вида – типичные синантропные виды, не встречающиеся в природных биоценозах, размещающие гнезда или под защитой сооружений, или в искусственных гнездовьях: ласточки рыжепоясничная и деревенская, полевой воробей и серый скворец. Микроклиматические факторы, состав субстрата гнезд, а именно, соотношение в нем материалов растительного и животного происхождения, особенности биологии птиц (количество выводков за сезон, степень чистоплотности птицы, характер использования гнездовой постройки – только для выведения птенцов или в качестве убежища вне сезона размножения) и степень антропогенной нагрузки на биотоп определяют тип гнездового сообщества членистоногих.

В зависимости от видов, составляющих основу населения гнезда, выделяются следующие типы сообществ членистоногих:

- ассамблеи с доминированием эктопаразитов:

гамазовых клещей р. *Dermanyssus* или блох р. *Ceratophyllus*. Такие ассамблеи формируются в гнездах воробья полевого, скворца серого и гнездах ласточек, размещенных в хозяйственных постройках и животноводческих комплексах;

- ассамблеи с доминированием сапрофагов.

В последней категории можно выделить три подтипа:

Первый характерен для гнезд полевого воробья, где преобладают виды, перерабатывающие субстрат растительного происхождения (жуки р. *Tipnus*, *Niptus*, *Ptinus*, *Tenebrioides*, *Tenebrio*, *Neatus*, *Alphitobius*).

Второй – с доминированием (жуков р. *Attagenus* и р. *Dermestes* или молей р. *Tinea*); формирующихся как в гнездах воробья полевого и других видов воробьиных, использующих с ним общие гнездовья, так и сороки обыкновенной.

Третий тип сообществ – с преобладанием видов, утилизирующих экскременты птиц и гниющую органику (двукрылые р. *Muscina* и р. *Calliphora*). Такие сообщества, формирующиеся в открыто размещенных гнездах крупных врановых птиц.

Приведенная классификация ассамблей членистоногих, формирующихся в гнездах синантропных птиц в условиях Юга Дальнего Востока быть расширена за счет субдоминантов и видов, попадающих в гнездо из окружающих ценозов, обычно это вредители сельского и лесного хозяйства, имеющие высокую численность в агроценозах и попадающие в гнездо случайно. Они часто связаны с птицей - хозяином гнезда не трофическими взаимодействиями, а фабрическими и топическими.

Если рассматривать этапы формирования ассамблей членистоногих в гнезде, то следует отметить, что зооценоз как сообщество ведет начало с форезией первых обитателей - яиц геобинтов с материалом и эктопаразиты птиц (на оперении). Личинки гамазовых клещей, мухи - кровососки и протокаллифоры, а также птичьи блохи доминируют в только что построенных гнездах. Индексы доминирования (доля, которую составляет обилие исследуемого вида по отношению к суммарному обилию всех сравниваемых между собой видов в изучаемом материале) паразитов птиц в первичных гнездовых сообществах выше, чем других членов ассоциации [1].

Второй этап в формировании гнездового сообщества – нарастание численности сапрофагов, привлекаемых в гнездо продуктами жизнедеятельности птицы - хозяина. Кератофаги (*Tinea pellionella*) и кожееды (*Attagenus unicolor japonicus*, *Dermestes lardarius*, *D. vorax*, *D. nidum*, *Trox ineptus*) доминируют в гнездах птиц, использующих для строительства гнезда перья, волосы, так же в гнездах с большим количеством в субстрате кожных чешуй. Мертвояеды (*Blithophaga opaca* и *Thanatophilus lapponicus*) обнаруживаются в гнездах с погибшими птенцами.

Фаунистический состав населения гнезда часто зависит от действия внешних абиотических факторов. Так, если в сезон размножения выпадает большое количество осадков, субстрат гнезда продолжительный период сохраняется переувлажненным и в нем в процентном соотношении по массе преобладают остатки органики и экскременты, то в условиях Юга Дальнего Востока, в гнездах сороки обыкновенной обнаруживаются водолюбы (*Berosus lewisius*).

Рост численности населения гнезда, как эктопаразитов, так и сапрофагов, а часто и фитофагов, приводит к заселению гнезд хищниками. Это следующий этап в развитии гнездового сообщества. Из хищных членистоногих самая высокая частота встречаемости в гнездах синантропных птиц в условиях Юга Дальнего Востока отмечена для пауков, ложноскорпионы отмечены только в гнездах полевого воробья, размещенных под карнизами крыш, а в открыто расположенных гнездах сороки обыкновенной, грача и вороны черной фауна хищников более разнообразна. В них встречаются и хищные жуки (коротконадкрылые хищники (*Staphylinidae*), жужелицы (*Carabidae*, например, *Dromius quadraticollis*), уховертки (*Dermaptera*) и хищные клопы *Nabidae* и *Reduviidae*). После вылета птенцов гнездо численность детритофагов, перерабатывающих субстрат еще более возрастает: *Tipnus unicolor*, *Niptus hololeucus*, *Ptinus fur*, *P. villiger*, *P. latro*, *Tenebrioides mauritanicus*, *Typhaea stercorea*, *Tenebrio molitor*, *Neatus picipes*, *Alphitobius diaperinus* [1]. Эти жесткокрылые обнаруживаются в гнездах, как во взрослом состоянии, так и в фазе личинки. Большинство перечисленных видов вредители запасов и сырья.

Субстрат гнезда активно перерабатывается двукрылыми: с высокой частотой встречаемости (особенно в гнездах из урбанизированной зоны и агроландшафтов) – *Muscina angustifrons*, *M. assimilis*, *M. stabulans*, реже и преимущественно в естественных биоценозах – *Anthomyia pluvialis*, *A. procellaris*, а также личинками бронзовок *Protaetia* (*Liocola*) *brevitarsis* и *Cetonia magnifica* [1]. Гнезда синантропных птиц являются местом выплода синантропных двукрылых, которые, размножаясь в больших количествах (численность в одном гнезде может превышать сто экземпляров), попадают в окружающий ценоз. Размножение эктопаразитов и заселение гнезда другими обитателями привлекает хищников, многие из которых являются типичными микрокаверничниками и нидиколами: *Hister unicolor opimus*, *Saprinus spernax*, *Dendrophillus xaviery*, *Margarinotus niponicus*. В этот же период в гнездах, субстрат которых образован почвой или перегноем, обнаруживаются личинки хрущей (*Holotricha diomphalia*, *H. sichotana*) и щелкунов (*Agriotes sericatus*), по-видимому, выплывшие из яиц, занесенных с субстратом птицей. Являясь корнегрызами, в гнезде не питаются и впоследствии погибают. Последние два указанных вида – вредители сельскохозяйственных культур.

Массовые в агроценозах и природных биотопах виды, к концу лета гнезда заселяют гнездо, вероятно используя его для зимовки. Так в гнездах сороки обыкновенной встречаются растительноядные полифаги, многоядные вредители сельскохозяйственных культур: свекловичная щитовка, листоед ольховый, листоед золотисто-медный, долгоносик ханкайский, красноногая цветоройка, узкотелая златка зеленая, щелкун посевной, щитник зеленый, клоп ягодный и остроголовый восточный клоп.

Формирование микрозооценоза птичьего гнезда происходит на основе биотических взаимоотношений видов, его населяющих, и птицы-хозяина гнезда.

Разнообразие этих взаимодействий задается структурными особенностями гнездовой постройки (табл. 1) и разнообразием материалов, используемых птицами для сооружения гнезда (табл. 2).

Таблица 1 – Индексы разнообразия членистоногих в гнездах синантропных птиц района исследования в зависимости от конструктивных особенностей гнездовой постройки

Типы гнезд в зависимости от архитектуры	Индекс разнообразия Маргалефа
1. Чашеобразные, состоящие из двух слоев – глиняного каркаса и выстилки лотка	2,70
2. Чашеобразные, состоящие из трех слоев, – наружного каркаса из веток, слоя дерна или почвы и выстилки лотка	9,91
3. Многослойные и шарообразные по форме (с крышей): – наружный каркас из веток, – внутренний – из глины, в выстилке лотка наряду с материалами естественного происхождения присутствуют материалы антропогенного происхождения	13,90
4. Гнезда шарообразной формы, построенные из материалов растительного, животного и антропогенного происхождения, внешним каркасом которых служат стены пустот и полостей построек человека	8,55

Конструктивные особенности гнездовой постройки являются видоспецифичными и могут быть использованы для идентификации птицы- хозяина гнезда. К гнездам первой категории в таблице 1 относятся гнезда ласточки деревенской, второй категории - грача и черной вороны, третьей - гнезда сороки обыкновенной, четвертой - гнезда полевого воробья и скворца серого. Существует прямая корреляция между архитектурными особенностями гнездовой постройки и биоразнообразием ассамблей членистоногих, ее использующих.

Наружный каркас гнезда из нескольких слоев веток разного калибра и применение при сооружении гнезда материалов антропогенного происхождения у сороки обыкновенной увеличивает прочность гнездовой постройки, продлевая срок существования населения гнезда, а также использование разных материалов задают разнообразие экологических ниш, обеспечивая высокое таксономическое разнообразие гнездового ценоза, что так же увеличивает устойчивость сообщества обитателей гнезда этого вида птиц. Многослойные гнезда сорок в условиях района исследования сохраняются в течение 7–10 лет, многократно используются птицей, а дефицит высоких деревьев обуславливает надстраивание нового гнезда поверх каркаса старого [1].

Таблица 2 – Индексы разнообразия членистоногих в гнездах синантропных птиц района исследования в зависимости от разнообразия материалов, используемых птицами для сооружения гнезда

Тип гнезда в зависимости от материалов	Индекс разнообразия Маргалефа
1. Гнезда, построенные только из растительных материалов и глины, общий объем субстрата в которых незначителен	3,8
2. Крупные гнезда, построенные из растительных материалов и дерна	9,9
3. Гнезда, построенные из растительных материалов с большим количеством материалов животного происхождения, в некоторых из них накапливается перепревший субстрат в виде перегноя	8,6
4. Крупные гнезда, построенные с использованием материалов растительного, животного и антропогенного происхождения	13,9

Такая же закономерность характерна для индексов разнообразия гнездового сообщества и характера материалов, использующихся птицей для постройки гнезда. Индексы разнообразия фауны членистоногих рассмотренных в таблице типов гнездовых построек помимо особенностей материалов и размера гнезда определяются и характером размещения гнезд, поэтому в гнездах, размещенных открыто (не в помещениях) эти показатели выше.

#### Выводы.

Формирующиеся в гнездах птиц ассамблеи членистоногих по доминирующим видам и видам - субдоминантам определяются конструктивными особенностями гнездовой постройки, характером размещения гнезда и особенностями биологии птицы - хозяина.

Факторами, оказывающими влияние на формирование ассамблей членистоногих в птичьих гнездах и их развитие, являются как абиотические, так и как биотические взаимоотношения. Биоразнообразие сообществ членистоногих и численность в них синантропов зависит от степени антропогенного влияния на биотоп.

#### Литература

1. Белоусова Н.М. Население членистоногих гнезд синантропных и гемисинантропных птиц селитебных районов Приханкайской равнины: Автореф. дис. канд. биологич. наук. – Владивосток, 2012. – 22 с.
2. Белоусова Н. М. Население членистоногих гнезд синантропных и гемисинантропных птиц селитебных районов Приханкайской равнины: дис. канд. биол. наук. – Владивосток., 2012. – С. 54-55.

#### References

1. Belousova N.M. Naselenie chlenistonogih gnezd sinantropnyh i gemisinantropnyh ptic selitebnyh rajonov Prihankajskoj ravniny: Avtoref. dis. kand. biologich. nauk. — Vladivostok, 2012. — 22 s.
2. Belousova N. M. Naselenie chlenistonogih gnezd sinantropnyh i gemisinantropnyh ptic selitebnyh rajonov Prihankajskoj ravniny: dis. kand. biol. nauk. — Vladivostok., 2012. — S. 54-55.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.062

Берсенева С.А.<sup>1</sup>, Белоусова Н.М.<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Кандидат биологических наук,

Приморская государственная сельскохозяйственная академия

## ПРЕДСТАВИТЕЛИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ ФЛОРЫ И ФАУНЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ БИОРЕМЕДИАНТЫ АГРОЭКОСИСТЕМ

*Аннотация*

*Предметом изучения являются представители Дальневосточной флоры и фауны в качестве перспективных видов фито-и зооремедиации почв, загрязненных поллютантами различной природы в условиях Приморского края.*

*Систематика, ареал, экологические условия распространения, биологические особенности, возможности применения видов дальневосточной флоры и фауны отражены в работах «Атлас видов – фиторемедиантов юга Дальнего Востока» и «Атлас видов – зооремедиантов юга Дальнего Востока», над созданием которых работает коллектив авторов кафедры агрохимии, агроэкологии и охраны труда ФГБОУ ВО Приморская государственная сельскохозяйственная академия.*

**Ключевые слова:** почва, поллютанты, биоремедиация, фиторемедиация, зооремедиация, высшие растения, детритофаги.

Berseneva S.A.<sup>1</sup>, Belousova N.M.<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>PhD in Biology,

Primorskaya State Academy of Agriculture

## REPRESENTATIVES OF FAR EAST FLORA AND FAUNA AS PERSPECTIVE BIOREMEDIANT OF AGROECOSYSTEMS

*Abstract*

*Subject of studying are representatives of Far East flora and fauna as perspective types phyto-and a zooremediation of the soils polluted by pollutant of various nature in the conditions of Primorsky region.*

*Systematization, area, ecological conditions of distribution, biological features, possibilities of application of types of Far East flora and fauna are reflected in works "The atlas of types – fitoremediant of the South of the Far East" and "The atlas of types – zooremediant of the South of the Far East" on which creation the group of authors of department of agrochemistry, agroecology and labor protection of Primorskaya state agricultural academy works.*

**Keywords:** soil, pollutant, bioremediation, fitoremediation, zooremediation, the higher plants, detritofag.

**В** настоящее время основными проблемами современного сельского хозяйства России являются агрохимическая деградация почв и восстановление их плодородия, что напрямую связано не только с уменьшением объемов применения органических удобрений, нарушением систем севооборотов, но и интенсивным загрязнением сельскохозяйственных земель поллютантами различного происхождения.

Процесс техногенного развития общества стал причиной загрязнения почв различных агроландшафтов и невозможности в связи с этим получения экологически безопасной продукции. Дальнейшее развитие сельского хозяйства в такой ситуации неэкономично. Это ограничивает не только рынок сельскохозяйственной продукции, но и сокращает рентабельность аграрной индустрии [5].

Согласно Доклада об экологической ситуации в Приморском крае за 2015 год, 16,8 тыс. га сельскохозяйственных угодий (земель) являются нарушенными не только при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа, выполнении геологоразведочных, изыскательских, строительных и других работ, но, и, в результате загрязнения различными поллютантами, в т.ч. тяжелыми металлами [6].

Согласно данных агрохимического анализа, степени фитотоксичности почв на территории Уссурийского городского округа (далее – УГО) нами установлено, что основная часть почв земель сельскохозяйственного назначения загрязнена Cd, Pb, Zn, Cu и Cr, а так же отходами сброса жидких стоков и твердых отходов сельскохозяйственных производств [5].

В настоящее время разработаны мероприятия по физической, химической и биологической очистке загрязненных почв, при их помощи токсичность загрязнителей может существенно снижаться или полностью устраняться. Эти методики часто являются экономически невыгодными, требуют больших затрат, возникают нежелательные побочные эффекты и опасности вторичного загрязнения окружающей среды (промывка загрязненного слоя почвы может привести к попаданию загрязнителей в грунтовые воды) [3].

В сельскохозяйственных районах Приморского края наиболее выгодным методом очистки земель и восстановления плодородия почв является биоремедиация – технология восстановления почв при помощи биологических объектов (растений и животных).

Подбор основных групп растительных и животных организмов в качестве биоремедиантов на территории Приморского края в условиях муссонного климата и специфики типологической характеристики почв является в настоящее время актуальным.

Масштабные исследования, направленные на поиск быстрорастущих и обладающих выраженной способностью к накоплению и выведению поллютантов растений из числа культурных и дикорастущих видов, а так же почвенной мезофауны характерных для исследуемого региона, экспериментальное подтверждение их высокого фито- и зооремедиационного потенциала, изучение способов его повышения – задачи научного исследования авторов статьи.

В 2014 году сотрудниками и студентами кафедры агрохимии, агроэкологии и охраны труда Института землеустройства и агротехнологий ФГБОУ ВО Приморская государственная сельскохозяйственная академия начата

работа по выявлению перспективных биоремедиантов агроэкосистем и урбанизированных территорий среди представителей Дальневосточной флоры и фауны.

На основании анализа литературных данных по теме исследования нами определены 2 основных способа очистки почв и восстановления их плодородия: фито- и зооремедиация.

Фиторемедиация - это быстро развивающаяся область исследований, что связано с высокой степенью экологичности и малыми экономическими затратами при очистке с помощью зеленых растений территорий, загрязненных поллютантами разной природы и происхождения (от тяжелых металлов до радионуклидов).

Список используемых в качестве фиторемедиантов видов растений различных семейств пополняется ежегодно.

Изучив биологию и экологию видов, методологические подходы современной технологии по фиторемедиации, условий мест, подлежащих восстановлению (источниками загрязнения, типом почвы, наличием грунтовых вод, количеством осадков в период вегетации и за год) и загрязнителем (типом токсичного соединения, концентрацией, глубиной проникновения по почвенному профилю) нами подготовлен список перспективных дальневосточных видов культурной и дикой флоры – фиторемедиантов почв сельскохозяйственных земель Приморского края, загрязненных поллютантами различного происхождения.

Среди основных семейств Дальневосточной флоры наибольший интерес представляют гипераккумулирующие виды семейств Alismataceae Vent, Amaranthaceae Juss, Apiaceae Lindl., Asteraceae Bercht.at J. Presl., Boraginaceae Juss, Brassicaceae Burnett., Cucurbitaceae Juss, Euphorbiaceae Juss, Fabaceae Lindl., Lamiaceae Martinov, Scrophulariaceae Juss, Poaceae Barnhart.

Изученные нами виды растений распределены на 4 группы: фитоэкстракторы, ризофилтраторы, фитостабилизаторы и фитодеградаторы. Систематика, ареал, экологические условия распространения, биологические особенности, возможности применения видов дальневосточной флоры отражены в работе «Атлас видов – фиторемедиантов юга Дальнего Востока», над созданием которого работает коллектив авторов кафедры агрохимии, агроэкологии и охраны труда ФГБОУ ВО Приморская государственная сельскохозяйственная академия.

Так же в условиях интенсификации сельского хозяйства остро стоит проблема сохранения биоразнообразия почвенной фауны как важнейшего фактора стабильного функционирования агроценоза и метода фитодеградации поллютантов. Как при использовании минеральных удобрений, так и при применении в качестве средств, повышающего почвенное плодородие, отходов животноводства, в среду попадает масса ксенобиотиков. Биотрансформация ксенобиотиков лежит в основе применения детритофагов для биоремедиации почв.

Детритофаги, являясь многочисленным и постоянным компонентом любого сообщества, играют важную роль в трофических и энергетических цепях агроэкосистем. Увеличение их разнообразия в эдафотопе приведет к интенсификации процессов разложения органики, деструкции и вовлечения в биологический круговорот привнесенных в агросистему экотоксикантов.

Роль дождевых лямблий и энхитриид (Oligochaeta), ногохвосток (Collembola) и кивсяков (Julida) в утилизации сложных компостов ранее отмечалась И.С.Белюченко [4]. Анализируя деятельность различных детритофагов в природных экосистемах в условиях юга Дальнего Востока, можно выделить пластинчатоусых жуков (Coleoptera, Scarabaeidae), фауна которых наиболее богата и разнообразна в ненарушенных деятельности человека эдафотопе. Интерес к пластинчатоусым в качестве биоремедиантов представляют копрофаги и сапрофаги, которые по данным В.Г.Безбородова составляют 60% от общего количества видов фауны семейства Scarabaeidae в почвенной фауне ненарушенных деятельностью человека экосистемах [1]. Некоторые из видов являются уникальными для восточноазиатского биогеографического комплекса и использование их в качестве биоремедиантов позволит решить задачу сохранения биоразнообразия и увеличения их численности.

Потенциально возможно использование таких видов пластинчатоусых, как *Sinodendron cylindricum* (Linnaeus, 1758), *Eophileurus chinensis* (Faldermann, 1835), виды родов *Geotrupes* (Latreille, 1797), *Copris* (Muller, 1776), *Onthophagus* (Latreille, 1802), *Saccobius* (Thomson, 1863), *Aphodius* (Illiger, 1798). Виды подсемейства пластинчатоусых бронзовки (Cetoniinae, Leach, 1815) так же могут быть использованы для биоремедиации почв, загрязненных органикой, поскольку такие из них, как *Cetoniama magnifica* (Ballon, 1871) - бронзовка великолепная, и *Protaetia (Liocola) brevitarsis* (Lewis) - дальневосточная мраморная бронзовка были обнаружены в скворечниках [2], в переработанных до перегноя субстратах.

В результате работы над темой исследования авторы статьи так же предприняли попытку проанализировать собранный материал и представить его в виде «Атлас детритофагов – биоремедиантов юга Дальнего Востока».

#### Литература

1. Безбородов В.Г. Пластинчатоусые жуки (Coleoptera, Scarabaeidae) заповедника «Кедровая падь» и сопредельных территорий (Приморский край, Россия)/ вестник КрасГу. – 2013. - № 4, стр.79- 88.
2. Белоусова Н. М. Почвенные артроподы из гнезд синантропных и гемисинантропных птиц Южного Приморья // IV международная научная конференция «Биоразнообразие и роль животных в экосистемах «Zoocenosis-2011» 4–6 октября 2011, 2011 д., г. Днепропетровск. Днепропетровск: Изд-во ДНУ, 2011. С. 162–163
3. Белоусова Н.М., Берсенева С.А., Яценко М. С. Использование представителей семейства ApiaceaeLindl в качестве фиторемедиантов в условиях Приморского края (Дальневосточный федеральный округ)// Актуальные направления научных исследований: от теории к практике : материалы VII Междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 12 февр. 2016 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. – № 1 (7). – ISSN 2412-0510, с. 177-178
4. Белюченко И.С. Отходы быта и производства как сырье для подготовки сложных компостов: монография/И.С. Белюченко. –Краснодар: КубГАУ, 2015. – 419с. – с.102.
5. Берсенева С.А. Пленочная технология возделывания овощной продукции - серьезная проблема деградации сельскохозяйственных угодий на территории Приморского края (Дальневосточный Федеральный округ) Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: материалы IV Международной

научной экологической конференции, Краснодар, 24-25 марта 2015 г. / МСХ РФ, Кубанский ГАУ. – Краснодар: Изд-во КГАУ, 2015. – Ч. 2. – С. 465-471.

6. Доклад об экологической ситуации в Приморском крае. – Владивосток, 2014, 2015.- 241 с.

#### References

1. Bezborodov V.G. Plastinchatousye zhuki (Coleoptera, Scarabaeidae) zapovednika «Kedrovaja pad'» i sopredel'nyh territorij (Primorskiy kraj, Rossiya)/ vestnik KrasGau. – 2013. - № 4, str.79- 88.

2. Belousova N. M. Pochvennye artropody iz gnezd sinantropnyh i gemisinantropnyh ptic Juzhnogo Primor'ja // IV mezhdunarodnaja nauchnaja konferencija «Bioraznoobrazie i rol' zhivotnyh v jekosistemah «Zoocenosis-2011» 4–6 oktjabrja 2011, 2011 d., g. Dnepropetrovsk. Dnepropetrovsk: Izd-vo DNU, 2011. S. 162–163

3. Belousova N.M., Berseneva S.A., Jacenko M. S. Ispol'zovanie predstavitelej semejstva ApiaceaeLindl v kachestve fitoremidiantov v uslovijah Primorskogo kraja (Dal'nevostochnyj federal'nyj okrug)// Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij: ot teorii k praktike : materialy VII Mezhdunar. nauch.–prakt. konf. (Cheboksary, 12 fevr. 2016 g.) / redkol.: O. N. Shirokov [i dr.]. – Cheboksary: CNS «Interaktiv pljus», 2016. – № 1 (7). – ISSN 2412-0510, s. 177-178

4. Beljuchenko I.S. Othody byta i proizvodstva kak syr'e dlja podgotovki slozhnyh kompostov: monografija/I.S. Beljuchenko. –Krasnodar: KubGAU, 2015. – 419s. – s.102.

5. Berseneva S.A. Plenochnaja tehnologija vzdelyvanija ovoshhnoj produkcii - ser'eznaja problema degradacii sel'skohozjajstvennyh ugodij na territorii Primorskogo kraja (Dal'nevostochnyj Federal'nyj okrug) Problemy rekul'tivacii othodov byta, promyshlennogo i sel'skohozjajstvennogo proizvodstva: materialy IV Mezhdunarodnoj nauchnoj jekologicheskoj konferencii, Krasnodar, 24-25 marta 2015 g. / MSH RF, Kubanskiy GAU. – Krasnodar: Izd-vo KGAU, 2015. – Ch. 2. – S. 465-471.

6. Doklad ob jekologicheskoj situacii v Primorskom krae. – Vladivostok, 2014, 2015.- 241 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.019

Берсенева С.А. (Шаталова С.А.)

Кандидат биологических наук,

Приморская государственная сельскохозяйственная академия

#### КАРИОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ КОМПЛЕКСНОГО ИЗУЧЕНИЯ ВОДНО-ПРИБРЕЖНОЙ ФЛОРЫ БАСЕЙНА ЯПОНСКОГО МОРЯ (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)

#### Аннотация

*Предметом изучения являются хромосомные числа и уровни пloidности у видов водно-прибрежной флоры бассейна Японского моря; кариологические особенности видов, кариологическая дифференциация; выявление возможной связи уровней пloidности с экологической амплитудой вида и устойчивостью к внешним воздействиям (в т.ч. антропогенным); стратегия выживания видов ВПФ с разными уровнями пloidности в связи с задачами охраны видов.*

**Ключевые слова:** число хромосом, уровень пloidности, кариологический метод, водно-прибрежная флора.

Berseneva S.A. (Shatalova S.A.)

PhD in Biology,

Primorskaya State Academy of Agriculture

#### KARIOLOGICHESKY ASPECT OF COMPLEX STUDYING OF WATER AND COASTAL FLORA OF THE BASIN OF THE SEA OF JAPAN (PRIMORSKY KRAI)

#### Abstract

*Subject of studying are chromosomal numbers and levels of a ploidnost at types of water and coastal flora of the basin of the Sea of Japan; kariologicheskyy features of types, kariologicheskyy differentiation; identification of possible communication of levels of a ploidnost with an ecological amplitude of a look and resistance to external influences (including anthropogenous); strategy of a survival of types of VPF with different levels of a ploidnost in connection with problems of protection of types.*

**Keywords:** number of chromosomes, ploidnost level, kariologicheskyy method, water and coastal flora.

Задачи рационального использования, сохранения и обогащения растительных ресурсов требуют инвентаризации видового состава растений, изучения закономерностей их размещения, причин смены одних комплексов видов и сообществ, другими, генезиса и географических связей флоры.

Основой характеристики любой флоры является её систематический, географический, биоморфологический, эколого-ценотический состав. Среди выше перечисленных аспектов во флористических и систематических исследованиях используется кариологическая характеристика вида (число и морфология хромосом), что является одним из важнейших цитологических показателей, используемых при решении вопросов систематики, филогении, флорогенеза, селекции и интродукции.

Изучение хромосомных чисел (далее - ХЧ) у видов позволяет оценить таксономическое разнообразие флоры, выявить центры происхождения, проследить пути миграции, прогнозировать поведение видов при антропогенных изменениях среды.

В последнее время быстро развивается кариологическое направление изучения флоры, отмечается рост интереса к таким исследованиям сосудистых растений, в том числе и водно-прибрежных (ВПР).

Начало кариологических исследований положено еще в 19 веке, растущий интерес к такого рода работам привел к появлению новых данных о числах хромосом различных групп растительных организмов, флор различных регионов, в т.ч. водно-прибрежных растений бассейна Японского моря (Приморский край).

Бассейн Японского моря (часто используемое - Япономорский бассейн - далее ЯМБ) занимает большую часть территории Приморского края. На этой территории особо выделяется бассейн реки Раздольная как территория сильного антропогенного пресса, острова залива Петра Великого с их высоким биологическим разнообразием и спецификой флоры и, наконец, материковые прибрежные территории края (остальная часть изучаемого субрегиона).

Высшие водные растения стали объектом пристального изучения биологов особенно в последнюю четверть XX века. В этот период, в ботанике выделилась самостоятельная область - гидроботаника, хотя изучение высших водных и прибрежно-водных растений объекта гидроботаники) продолжается уже более 150 лет [5].

Особенностью видов водно-прибрежной флоры (ВПФ) является большое разнообразие приспособлений к специфической среде обитания. Однако, эти виды, уже вследствие их высокой специализации, уязвимы в стрессовых ситуациях, в том числе, антропогенного характера [7].

Водная и прибрежная флора бассейна Японского моря в последние годы стала предметом специального изучения, ввиду значительного ее разнообразия на этой территории, реликтовости многих ее представителей во флоре края, наличия многих редких и высокоспециализированных видов, угрожаемого положения их популяций при антропогенных изменениях ландшафтов.

В настоящее время продолжается изучение кариотаксономической ситуации в отдельных группах растений, особое внимание уделяется ХЧ у видов реликтовых, эндемичных, редких для флоры РДВ. Ныне Российский Дальний Восток (РДВ) является наиболее изученным в кариологическом отношении регионом нашей страны: в среднем, для каждого третьего вида, включаемого в Сводку «Сосудистые растения советского Дальнего Востока [6] (не считая папоротникообразных и хвощеобразных) имеются данные по ХЧ, полученные на дальневосточном материале.

Сегодня кариологическое направление на базе Биолого - почвенного института ДВО РАН активно развивается, а водно-прибрежные растения различных местообитаний Приморского края, Дальнего Востока и бассейна Японского моря находятся под пристальным вниманием руководителя проекта, д.б.н. Н.С. Пробатовой и ее учеников [4].

Предметом нашего изучения являются хромосомные числа и уровни пloidности у видов водно-прибрежной флоры бассейна Японского моря; кариологические особенности видов, кариологическая дифференциация; выявление возможной связи уровней пloidности с экологической амплитудой вида и устойчивостью к внешним воздействиям (в т.ч. антропогенным); стратегия выживания видов ВПФ с разными уровнями пloidности в связи с задачами охраны видов.

Данные по хромосомным числам видов прибрежно-водной флоры бассейна Японского моря в пределах Приморского края большей частью рассеяны по многочисленным публикациям, поэтому нами в 2014 году была предпринята попытка их систематизировать.

Согласно проведенных исследований, установлено, что для 204 видов ВПР исследуемого субрегиона изучены хромосомные числа, это составляет 47% от общего числа видов изучаемой группы, тогда как кариологическая изученность видов ВПФ в целом для Российского Дальнего Востока отмечена у 349 видов (77%).

Нами определены хромосомные числа для 200 видов, относящихся к 104 родам и 41 семейству, среди них 112 видов из группы водно-прибрежных растений. Хромосомные числа для водно-прибрежных растений изучаемого субрегиона автором определены у 82 видов. Для 39 видов ВПР числа хромосом приводятся впервые.

На материале с территории изучаемого субрегиона выявлено большое разнообразие хромосомных чисел прибрежно-водных видов: от  $2n=10$  (*Fimbristylis verrucifera*) и  $2n=12$  (*Zostera* spp.) до  $2n$  = свыше 80 (*Brasenia schreberi*, *Bidens taquetii*, *Stachys aspera*, *Triglochin maritimus*) и свыше 100 (*Aiopecurus brachystachyus*). Разнообразны и уровни пloidности: от  $2x$  до  $14x$ .

При анализе данных по ХЧ и уровням пloidности у видов водно-прибрежной флоры, с использованием мировых справочников сводок, особенно тех, где указаны основные или базовые ХЧ для родов [8], нами были выделены следующие группы ВПР: диплоиды, тетраплоиды, гексаплоиды, октоплоиды и виды с еще более высокими уровнями пloidности.

Анализ распределения видов по уровням пloidности на территории бассейна Японского моря (Приморский край) представлен на диаграмме (Рис.1).



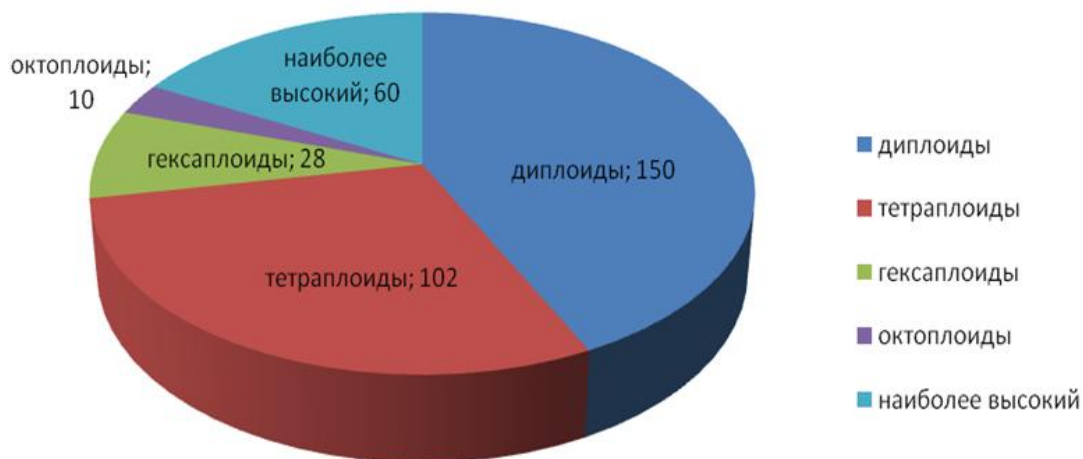


Рис. 1 – Анализ распределения видов водно-прибрежной флоры по уровням плоидности на территории бассейна Японского моря (Приморский край)

Таким образом, в целом, в составе ВПФ бассейна Японского моря преобладают ди- и тетраплоиды 252 вида (71%), по сравнению с видами более высоких уровней плоидности. Существует точка зрения [1], что ди- и тетраплоидия - оптимальные уровни плоидности, а линия полиплоидного видообразования идет от диплоидов к тетраплоидам; от тетраплоидов возникают гексаплоиды в результате слияния редуцированных и нередуцированных гамет; дальнейший переход с гексаплоидного уровня на октоплоидный может осуществляться в результате слияния нередуцированных гамет (6х) гексаплоидов и редуцированных гамет (2х) тетраплоидов.

Анализируя сводные данные для ЯМБ, мы выяснили, что у некоторых видов ВПФ наблюдается нестабильность ХЧ и уровня плоидности, иначе говоря, имеет место внутривидовой полиморфизм. Среди ВПР такое явление встречается у 32 видов, что составляет 7% от общего их числа.

Наиболее явно это проявляется у широко распространенных видов, как, например, *Potamogeton perfoliatus* ( $2n=2x=18$ ;  $2n=4x=36$ ), т.е. внутри вида выявлены два уровня плоидности  $2x, 4x$ . Мировые данные также подтверждают, что у этого вида наблюдается изменчивость по числу хромосом, при постоянном основном числе  $x=9$ . То же наблюдается у *Mentha canadensis* ( $2n=4x=36$ ;  $2n=8x=72$ ), у *Anemone nemorosa* ( $2n=2x=14$ ;  $2n=4x=28$ ), у *Acetosella vulgaris* ( $2n=2x=14$ ;  $2n=4x=28$ ), у *Calla palustris* ( $2n=4x=36$  - на территории РДВ и  $2n=8x=72$  - у европейских популяций вида), у *Sedum litorale* ( $2n=4x=32$ ;  $2n=8x=64$ ), у *Potamogeton perfoliatus* ( $2n=2x=26$ ;  $2n=6x=ca. 40, 78$ ).

Наиболее высокополиплоидными видами ВПФ являются: *Alopecurus brachystachyus* ( $2n=ca. 120$ ), *Triglochin maritimum* ( $2n=>80$ ), *Bidens taquetii* ( $2n=ca.80$ ), *Stachys aspera* ( $2n=ca.80$ ), *Calamagrostis neglecta* ( $2n=70$ ), а также виды pp. *Carex* и *Juncus*.

Полиморфизм по уровням плоидности встречается в следующих родах: *Calla* (4х, 8х), *Lobelia* (2х, 4х), *Atriplex* (2х, 4х).

Единственное основное или базовое ХЧ характерно для небольшого количества родов, среди них: *Sium* ( $x=6$ ), *Myriophyllum* ( $x=7$ ), *Sagittaria* ( $x=11$ ), *Cicuta* ( $x=11$ ), *Lycopus* ( $x=11$ ), *Sparganium* и *Typha* ( $x=15$ ). Варьирование основного ХЧ в пределах рода (иногда и вида) наблюдается у *Anthriscus aemula* ( $x=6, 8$ ), *Acorus calamus* ( $x=9, 12$ ), *Myosotis caespitosa* ( $x=6, 7, 8, 9, 11, 13$ ); в родах *Artemisia* ( $x=8$  и  $9$ ), *Ranunculus* ( $x=7, 8$ ), *Iris* ( $x=6, 8$ ), *Impatiens* ( $x=9, 10$ ) и др. [3].

Более половины изученных видов (194) - полиплоиды. Высоким содержанием полиплоидных видов характеризуются крупные семейства ВПФ, представители которых являются в основном многолетниками и размножаются не только семенным путем, но и вегетативно: *Poaceae*, *Ranunculaceae*, *Asteraceae*, *Cyperaceae*, *Scrophulariaceae*, *Brassicaceae*.

Нами так же установлено, что изучаемая группа растений представлена мало различающимся числом двудольных и однодольных видов, произрастающих на территории бассейна Японского моря в пределах Приморского края.

Среди однодольных полиплоиды (77 видов) явно преобладают над диплоидами (45), в группе же двудольных вклад диплоидов и полиплоидов примерно одинаков (соответственно 83 и 79). Этот факт доказывает, что в составе водно-прибрежной флоры бассейна Японского моря есть древние, реликтовые и эндемичные виды.

Количество полиплоидных видов (4х и выше) в составе ВПФ относительно невелико (32%), это подтверждает, что водно-прибрежная флора субрегиона - древняя и содержит в своем составе реликтовые и эндемичные элементы.

Мы также предприняли попытку проследить связь между уровнями плоидности и эколого-фитоценоотическими позициями видов ВПФ, что было ранее предложено Н.С.Пробатовой и В.П.Селедцом [2]. Для этого мы рассмотрели взаимосвязи уровня плоидности с: а) типами местообитаний видов и их экологическими группами; б) географическим распространением видов; в) с антропогенностью видов.

Берега водоемов с наибольшим видовым разнообразием ВПФ (виды *pp. Zizania, Hippuris, Truellum, Actinostemma*) заселены преимущественно диплоидными и тетраплоидными видами. Низкие, периодически затопляемые берега водоемов и их мелководья также представлены видами с 2х, в меньшей степени встречаются виды с 4х (виды *p. Eleocharis, Persicaria lapathifolia*), также представлены видами с 2х, в меньшей степени встречаются виды с 4х.

На песчаных галечниковых берегах поселяются виды с преобладанием 2х и 4х: *Artemisia littorcola, Chylocalyx perfoliatus* и др.. В группе отмельных (приречных - *Phyllanthus ussuriensis, Centipeda minima* и приморских - *Sagina spp.*) растений преобладают виды с 2х. Растения, поселяющиеся по берегам лесных ручьев *Anthriscus aemula, spp. Cardamine, Anthriscus, Pilea* - это виды с 2х и 4х. Виды группы сплавин характеризуются невысокими УП, с преобладанием - 4х: *Calamagrostis angustifolia, Glyceria spiculosa* и др.

У видов ВПФ, обитающих в пресноводных водоемах (погруженные и плавающие растения), выявлен полиплоидный ряд, от 2х до 8х. Этот тип местообитания характеризуется наличием видов с максимальным разнообразием адаптивных стратегий к выживанию в специфических условиях водной среды. Однако преобладающее число видов представлено здесь диплоидами.

Виды, обитающие в морской и слабосоленой воде (*Zostera, Ruppia, Zannichellia, Phyllospadix*) имеют ди- и тетраплоидный уровни - 2х, 4х.

Нами предпринята попытка проследить взаимосвязь между хромосомными числами, уровнями пloidности и географическим распространением водно-прибрежных растений изучаемого субрегиона. На основании полученных данных установлено, что виды ВПР с высокими уровнями пloidности (6х и выше) приурочены, в основном, к голарктической области (34 вида), тогда как диплоиды и тетраплоиды имеют ареалы в азиатской (21), - и, особенно – в дальневосточной (46) частях континента.

Анализ данных по числам хромосом и уровням пloidности может служить источником информации о степени антропогенной толерантности видов, как широко распространенных, так и редких, уникальных. На основе анализа антропофитного компонента ВПФ мы попытались проследить зависимость между уровнями пloidности и степенью антропогенной толерантности видов.

Явные антропофилы, способные заметно увеличивать свое участие в растительном покрове при довольно интенсивных антропогенных воздействиях, являются в основном полиплоидами (*Bidens taquetii, Stachys aspera, Epilobium maximoviczii, Monochoria korsakowii* и др. Полиплоидия указывает на высокий генетический потенциал и большие адаптивные возможности некоторых растений.

Наши наблюдения подтверждают, что при антропогенных воздействиях преимущество часто получают полиплоиды, обладающие высокой степенью антропогенной толерантности. Это относится и к инвазивному элементу ВПФ. Ярким примером служит североамериканский полиплоидный (с  $2n=48$ ) вид череды *Bidens frondosa*, стремительно расселяющийся в Приморском крае на широком спектре местообитаний.

Напротив, антропофобы (виды, отрицательно относящиеся к антропогенным воздействиям) характеризуются низкими уровнями пloidности, как, например, диплоиды *Nelumbo komarovii, Dimeria neglecta*.

Кариологический метод позволяет прогнозировать расселение и агрессивность антропофилов, а также поведение видов редких, угрожаемых и находящихся на границах своего распространения в изменяющихся условиях.

Флора, состоящая из относительно низкопloidных видов (2х, 4х), должна стать объектом охраны. Именно судьба стенофитных диплоидных видов *Nelumbo komarovii* ( $2n=16$ ), *Dimeria neglecta* ( $2n=14$ ) вызывает наибольшую тревогу.

В исследуемом субрегионе 45 видов находятся на северной границе своего распространения. Анализируя хромосомные числа и уровни пloidности у 25 видов из этой категории, мы выяснили, что большая часть - 15 видов являются диплоидами (*Sagittaria aginashi, Heteropappus saxomarinus, Argusia sibirica, Sparganium japonicum* и др.), 4 вида - тетраплоиды (*Senecio litvinovii, Chenopodium vacheli, Puccinellia niponica, Zoysia japonica*), 1 вид - гексаплоиды (*Scirpus triqueter*), а 3 вида (*Brasenia schreberi, Scirpus lineolatus, Ranunculus natans*) являются видами с более высокими уровнями пloidности. Проведенные исследования подтверждают, что низкопloidные виды нуждаются в природоохранных мероприятиях разного уровня.

Изучение чисел хромосом и уровней пloidности у видов этой группы, возможно, позволит подойти с новой стороны к оценке биологического потенциала этих видов и к вопросу приоритетности охраны.

#### Литература

1. Дмитриева С.А. Кариология флоры как основа цитогенетического мониторинга (на примере Березинского биосферного заповедника) / С.А. Дмитриева, В.И. Парфенов. - Минск, Наука і тэхніка, 1991. - 231 с.
2. Пробатова Н.С. Кариологический аспект мониторинга флоры водных и прибрежно-водных сообществ Российского Дальнего Востока / Н.С. Пробатова, В.П. Селедец // Тез. Республ. конф. "Региональное природопользование и экологический мониторинг". - Барнаул: Изд-во Алтайск. гос. ун-та, 1996. - С. 276-277.
3. Пробатова Н.С. Числа хромосом видов растений из бассейна реки Раздольная (Суйфун) в Приморском крае / Н.С. Пробатова, А.П. Соколовская, Э.Г. Рудыка, С.А. Шаталова // Ботан. журн. - 2000. - Т. 85. № 12. - С. 102-107.
4. Пробатова Н.С. Числа хромосом сосудистых растений с Дальнего Востока России / Н.С. Пробатова, З. В. Кожевникова, Э. Г. Рудыка, А. Е. Кожевников, В.А. Нечаев // Ботанический журнал. - 2010. - Т. 95. № 7. - С. 1008-1020.
5. Распопов И.М. Высшая водная растительность больших озер Северо-Запада СССР / И.М. Распопов. - Л.: Наука, 1985. - 200 с.

6. Сосудистые растения советского Дальнего Востока. (Отв. ред. С.С. Харкевич). Л.: Наука, 1985. Т. 1, 398 е.; 1987. Т. 2, 446 е.; 1988. Т. 3, 421 е.; 1989. Т. 4, 380 е.; 1991. Т. 5, 390 е.; СПб.: Наука, 1992. Т. 6, 428 е.; 1995. Т. 7, 395 е.; 1996. Т. 8, 383 е.
7. Шаталова С.А. К проблеме изучения и сохранения биоразнообразия водной и прибрежной флоры Японского моря / С.А. Шаталова // Поиск молодых: сб. науч. ст. аспирантов. - Уссурийск: Изд-во УГПИ, 1998а. - С. 142-148.
8. Majovsky J., A. Murin, et al. Kariotaxonomicky prehlad flory Slovenska. Bratislava, 1987. 436 p.

#### References

1. Dmitrieva S.A. Kariologiya flory kak osnova tsitogeneticheskogo monitoringa (na primere Berezinskogo biosfernogo zapovednika) / S.A. Dmitrieva, V.I. Parfenov. - Minsk, Navuka i tekhnika, 1991. - 231 s.
2. Probatova N.S. Kariologicheskiy aspekt monitoringa flory vodnykh i pribrezhnovodnykh soobshchestv Rossiyskogo Dal'nego Vostoka / N.S. Probatova, V.P. Seledets // Tez. Respubl. konf. "Regional'noe prirodopol'zovanie i ekologicheskiy monitoring". - Barnaul: Izd-vo Altaysk. gos.un-ta, 1996. - S. 276-277.
3. Probatova N.S. Chisla khromosom vidov rasteniy iz basseyna reki Razdol'naya (Suifun) v Primorskom krae / N.S. Probatova, A.P. Sokolovskaya, E.G. Rudyka, S.A. Shatalova // Botan. zhurn. - 2000. - T. 85. № 12. - S. 102-107.
4. Probatova N.S. Chisla khromosom sosudistyykh rasteniy s Dal'nego Vostoka Rossii / N.S. Probatova, Z. V. Kozhevnikova, E. G. Rudyka, A. E. Kozhevnikov, V.A. Nechaev // Botanicheskiy zhurnal. - 2010. - T. 95. № 7. - S. 1008-1020.
5. Raspopov I.M. Vysshaya vodnaya rastitel'nost' bol'shikh ozer Severo-Zapada SSSR / I.M. Raspopov. - L.: Nauka, 1985. - 200 s.
6. Sosudistye rasteniya sovetskogo Dal'nego Vostoka. (Otv. red. S.S. Kharkevich). L.: Nauka, 1985. Т. 1, 398 е.; 1987. Т. 2, 446 е.; 1988. Т. 3, 421 е.; 1989. Т. 4, 380 е.; 1991. Т. 5, 390 е.; СПб.: Наука, 1992. Т. 6, 428 е.; 1995. Т. 7, 395 е.; 1996. Т. 8, 383 е.
7. Shatalova S.A. K probleme izucheniya i sokhraneniya bioraznoobraziya vodnoy i pribrezhnoy flory Yaponomorskogo basseyna / S.A. Shatalova // Poisk molodykh: sb. nauch. st. aspirantov. - Ussuriysk: Izd-vo UGPI, 1998а. - S. 142-148.
8. Majovsky J., A. Murin, et al. Kariotaxonomicky prehlad flory Slovenska. Bratislava, 1987. 436 p.



ПРИМЕР DOI:  
10.18454/IRJ.2015.0001



Начиная с ноябрьского выпуска 2015 года /10 (41) Ноябрь 2015/, каждой статье, опубликованной в Международном научно-исследовательском журнале, редакция издания будет присваивать идентификатор цифрового объекта DOI:

- DOI облегчает процедуры цитирования, поиска и локализации научной публикации;
- DOI повышает авторитет журнала, а также свидетельствует о технологическом качестве издания;
- DOI является неотъемлемым атрибутом системы научной коммуникации за счет эффективного обеспечения процессов обмена научной информацией.

**(Digital Object Identifier)** — идентификатор цифрового объекта, стандарт обозначения представленной в сети информации.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.017

Козлов В.М.<sup>1</sup>, Овечкина Н.Н.<sup>2</sup><sup>1</sup>Доктор биологических наук, профессор,<sup>2</sup>аспирант,

Вятская Государственная Сельскохозяйственная академия

**ОСОБЕННОСТИ КОРМЛЕНИЯ КОПЫТЫХ (CERVUS ELAPHUS L., DAMA DAMA L., SUS SCROFA L.) В УСЛОВИЯХ ВОЛЬЕРНОГО СОДЕРЖАНИЯ****Аннотация.**

Рацион оленей и ланей в вольере включает в себя: естественный веточный и травянистый корм, растения на сеяных пастбищах, сеяные зерновые культуры (овес, горох, озимая рожь), сено, силос, смесь зерновых кормов, минеральная подкормка. Из естественных зимних кормов марал и европейская лань предпочитают (в порядке убывания) иву, рябину, черемуху, марал, дополнительно к этому, поедает ветви березы. Ольху звери не поедали. На 1 особь необходимо сеять около 1 га кормовых полей. Оптимальный состав травосмеси: 30% - райграс пастбищный, 20% - тимофеевка луговая, 20% - овсяница луговая, 10% - клевер луговой (красный), 10% - клевер гибридный (розовый), 10% - мятлик луговой. Такая смесь устойчива к вытаптыванию и хорошо отрастает. Установлено, что сено в расчете по 1 кг на особь в сутки лучше давать в рулонах или раскидывать его по снегу. Это необходимо для его увлажнения. Сухое сено приводит к болезни и гибели животных. Суточная норма зернового корма составила зимой 1,6 кг, летом – 1,2 кг на голову. В зерносмеси должны преобладать овес или кукуруза, но не пшеница. Олени лучше используют соль в виде глыб, а не в виде брикетов. Кабанам в вольере не хватает корма даже летом. Им нужна круглогодичная подкормка зерном из расчета 2,2 кг на голову. Для экономии кормов зерно следует дробить или плющить. При этих условиях кормления животные в вольере не болеют и хорошо размножаются.

**Цель исследования** – изучить опыт кормления и содержания марала, европейской лани и кабана для выработки рекомендаций по этим вопросам.

**Ключевые слова:** кормление марала, лани, вольерное разведение.

Kozlov V.M.<sup>1</sup>, Ovechkina N.N.<sup>2</sup><sup>1</sup>PhD in Biology, Professor, <sup>2</sup>postgraduate,

Vyatka State Agrikultural Akademi

**PECULIARITIES OF FEEDING OF ANIMALS FEEDING OF ANIMALS IN ERCLOSUSES****Abstract**

The diet of deer and fallow deer in the enclosures includes: natural twig and herbaceous forage plants on seeded pastures seeded crops (oats, peas, winter rye), hay, silage, grain feed mixture, mineral feeding. Because of the natural winter feed red deer and European fallow deer prefer (in descending order) willow, rowan, bird cherry, red deer, in addition to this, eats birch branches. On 1 specimen is necessary to sow about 1 ha of fodder fields. Optimum composition grass mixture 30% - perennial ryegrass 20% - timothy, 20% - meadow fescue, 10% - red clover (red), 10% - Hybrid clover (pink), 10% - Kentucky bluegrass. It is found that the hay per 1 kg per animal per day is better to give rolls or spread it over the snow. This is necessary for its moisture. Dry hay leading to disease and death of the animals. Daily amount of feed grain was 1.6 kg in winter, in the summer - 1.2 kg per head. The grain mixture should prevail oats or corn, but wheat. Deer better use salt in the form of lumps and not in the form of briquettes. Boars in volre do not have enough food even in the summer. They need a year-round feeding of grain at the rate of 2.2 kg per head. Under these conditions, feeding the animals in the cage do not get sick and breed well.

**Keywords:** feeding deer, fallow deer, wild boar, captive breeding.

**К**ормление животных в вольере имеет важное значение для окупаемости затрат на их содержание. От того, как животные питаются, в каком виде и с какой периодичностью подаются корма, зависит их здоровье. От количества и качества корма в основном зависит и продуктивность животных, содержащихся в вольере [1]. В настоящее время практика кормления диких животных в вольере недостаточно изучена, пока нельзя ставить зоотехнические опыты, применяемые для сельскохозяйственных животных. Поэтому для совершенствования кормления вольерных животных необходимо изучать существующий опыт хозяйств, анализировать его и устранять выявленные недостатки.

**Материал и методика.** Особенности кормления животных изучались в вольерном комплексе хозяйства «Легион», которое находится в Тверской области Оленинского района. Место расположения вольера выбрано в соответствии с особенностями биологии и экологии разводимых животных. Она включает как лесной участок, так и открытые станции. На сегодняшний день в вольере площадью 298 га обитают вместе марал (*Cervus elaphus* L.) и европейская лань (*Dama dama* L.), всего 120 животных. Из них маралов 80 особей, ланей - 40. В отдельном вольере площадью 12 га содержатся 45 особей кабана (*Sus scrofa* L.). Карантинный вольер имеет площадь 10 га.

Учёт кормовой базы маралов проводился на второй год содержания животных, в апреле, когда заканчивается период питания древесно-веточными кормами. Были заложены пробные площадки размером 25х25 метров, на которых выполнялся подсчет древесных растений по видам, степень их повреждения, число поедов, скусов [6]. Всего было заложено 4 площадки. Изучение питания лани европейской проводилось так же на пробных площадках после первого года содержания. Кроме того, применялся метод прямого наблюдения за кормежкой зверей, фиксировались особенности поедания различных кормов.

**Обсуждение результатов.** Маралы были завезены из Республики Алтай, кормовая база там несомненно отличалась от местной. Оленей привезли зимой, кормили в основном зерносмесью (овес, пшеница), сеном, силосом. Летом посеяли кормовые поля из овса, гороха, травосмеси, но маралы предпочтение отдавали зерну. К местным естественным кормам они приспособились не так быстро, как лань европейская, завезенная из Литвы. На площадках в вольере отмечено произрастание 5 видов древесных растений, из которых преобладали рябина (*Sorbus aucuparia* L.),

береза (*Betula*) и ольха серая (*Alnus incana*) в соотношении 35,5%, 20,2 % и 44,3% соответственно, в подлеске была ива (*Salix*). Наибольшее количество повреждений деревьев приходилось на рябину и иву (35,8% и 44% соответственно). Наименьшее число повреждений приходилось на черемуху (*Prunus padus*) и березу (8,2% и 12% от общего числа поврежденных деревьев). Таким образом, маралы избирательно поедали иву и рябину, совершенно не используя ольху. Предпочтение отдавалось иве, которой в вольере было немного.

Учёты естественной кормовой базы ланей при содержании в карантинном вольере площадью 12 га, показали, что из 8 древесно-кустарниковых пород преобладали: ива (80%), рябина (7%), черёмуха (2%), ольха (10%) и берёза (12%). Предпочтение лань отдавала иве (60,7% поедаемости), рябине (28,3%) и черемухе (11%). Также были отмечены погрызы ели. Ольха совсем не использовалась.

Из достоинств естественных древесно-веточных кормов необходимо отметить их высокую влажность (40-50%), но они бедны белком и не обладают достаточной калорийностью. При поедании 3-5 кг побегов в сутки каждым зверем естественная кормовая база в вольере быстро истощается. В целях обеспечения долголетия естественной кормовой базы для маралов и ланей и повышения ее продуктивности необходимы следующие мероприятия:

- омолаживание подроста и подлеска, разреживание затравленных ивняков;
- мониторинг запаса естественных кормов с целью поддержания стабильной кормовой емкости оленьих пастбищ и дальнейшего применения мероприятий по сохранению и улучшению имеющейся кормовой базы.

На сегодняшний день рацион оленей и ланей в хозяйстве включает в себя:

1. Естественный веточный корм: рябина (*Sorbus aucuparia*), осина (*Populus tremula*), ива (*Salix*), черемуха (*Prunus padus*), береза (*Betula*).
2. Естественные травянистые растения: пырей ползучий (*Elytrigia repens*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), майник (*Maianthemum bifolium*), иван-чай (*Chamaenerion angustifolium*) и др.
3. Пастбищные травянистые растения на сеяных пастбищах: клевер розовый (*Trifolium hybridum*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*), райграс пастбищный (*Lolium perenne*), тимopheевка луговая (*Phleum pratense*), мятлик луговой (*Poa pratensis*).
4. Однолетние кормовые культуры (овес).
5. Зерносмесь (пшеница, овес, кукуруза).
6. Минерально – солевая подкормка (соль лизунец).
7. Сено, сенаж, силос (заготовленные на сеяных сенокосах и кормовых полях).

В 2014 году пастбища засеяли травяными смесями из многолетних трав и овса. Площадь пастбищ составила 75 га, из них ежегодно пересеивается 25 га смесью овса и гороха с подсевом травосмеси из многолетних трав. Таким образом, создан конвейер пастбищ: травосмесь первого года занимает 25 га, травосмесь второго года – 25 га, третьего года – 25 га. Следовательно, на одного марала приходится почти 1 га сеяных пастбищ. Такая нагрузка не приводит к чрезмерному истощению пастбищ. В мараловодческих хозяйствах рекомендуется плотность населения 1 олень на 1 га общей площади.

Наши наблюдения показывают, что при высокой плотности населения копытные оказывают сильное влияние на состояние растений. Растения могут сильно вытаптываться, образуя прогалы на полях. При создании кормовых агроценозов в их состав необходимо включать такие виды и группы видов, которые способны обеспечить на протяжении всего периода вегетации высокопитательным кормом все поголовье животных. Поэтому, в случае многолетнего сенокосно-пастбищного использования создаваемых полей необходимо учитывать некоторые свойства кормовых растений: продолжительность жизни, скорость сезонного развития, способность отрастания после скашивания, выносливость к вытаптыванию. С этой задачей справляются тимopheевка луговая, мятлик луговой и клевер (розовый) гибридный. Райграс пастбищный тоже вынослив к вытаптыванию, но в условиях Тверской области он плохо отрастает.

Сенокосы для заготовки сена (площадь составила 75 га) засеваются смесью семян многолетних злаковых трав. Состав травосмеси: 30% - райграс пастбищный, 20% - тимopheевка луговая, 20% - овсяница луговая, 10% - клевер луговой (красный), 10% - клевер гибридный (розовый), 10% - мятлик луговой. Эти виды растений показали хорошую устойчивость к вытаптыванию и хорошую возобновляемость. Опыт посадки топинамбура оказался неудачным. Как только он взошел, олени съели стебли, растения не восстановились.

Поля для заготовки сенажа и силоса (площадь составила 60 га) засеваются травяными смесями из многолетних злаков и розового клевера. Всего заготавливают 50 рулонов сена, т.е. 25 тонн на 210 дней, более 1 кг на оленя в день. Оно подвозится животным по мере поедания, обычно один раз в неделю. Сено в хозяйстве предлагается животным круглогодично, но является основным кормом только в зимний период, когда температура снижается до минус 10° С. Опыт хозяйства «Легион» показал, что широко распространенные в хозяйствах кормушки ясельного типа с крышей копытным не нужны. Сено в них плохо поедается, оно слишком сухое. Исследования А.А. Данилкина [2,4] показали, что поедание сухого сена приводит к воспалению желудочно-кишечного тракта и даже гибели животных. Гораздо лучше подавать сено в тюках, животные съедают его полностью. Первыми подходят самцы, разбрасывают его рогами, на снегу сено увлажняется. Потом приходят самки и молодняк, поедая увлажненное сено. В случае подачи сена в этот период под навес, оно поедалось плохо, потому что животные на нём спят, загрязняют его пометом, после чего перестают есть. Поэтому через несколько дней сено приходится убирать.

Сенаж и силос относятся к сочным кормам, которые необходимы для копытных, но легко замерзают. Силосование – незаменимый способ заготовки кормов. В сене, даже при хороших условиях его заготовки, теряется 40-45% питательных веществ, содержащихся в зеленой массе, а при правильном силосовании потери не превышают 10%. Сенаж занимает промежуточное положение между сеном и силосом. Технология заготовки сенажа такая же, как и силоса, но влажность закладываемой массы должна составлять в среднем 45-50% [5]. Поэтому их следует предлагать животным при температуре не ниже -10° С. Силос выкладывается под навес животным на специальную площадку. В



сутки олени съедают по 0,4 кг силоса. Наши наблюдения показали, что большая часть силоса съедается самцами, самки подходят к силосу разбрасывают его, но не едят.

Зерно в кормушки подается россыпью каждый день утром. При этом разные виды зерна перемешивают. Количество зерносмеси для 120 особей и ее состав показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Количество зерносмеси в зимний и летний периоды, кг

Зима (210 дней)			Лето (155 дней)		
Зерно	Расход зерна в день, кг	Зерносмеси на 1 голову в день, кг	Зерно	Расход зерна в день, кг	Зерносмеси на 1 голову в день, кг
Овес	96	0,8	Овес	72	0,6
Кукуруза	60	0,5	Кукуруза	30	0,25
Пшеница	30	0,25	Пшеница	12	0,1
<b>Итого</b>	<b>186</b>	<b>1,55</b>	<b>Итого:</b>	<b>114</b>	<b>0,95</b>

Из таблицы видно, что в день олени и лани в среднем съедают по 1,55 кг зерна зимой и 0,95 кг летом. Продолжительность зимнего режима кормления принята 210 дней, летнего – 155 дней. В сумме зерно дает 1,75 кормовых единиц или 17,74 МДж обменной энергии зимой и 1,27 кормовых единиц или 12,10 МДж в летний период. За зиму расходуется 39 тонн зерна, за лето – 17,67 тонн.

Опыт кормления оленей зерном показал, что использование в зерносмесях большого количества пшеницы приводит к вздутию животов. Этого не происходит, если в смеси преобладает овес или кукуруза. Кукурузу животные съедают в первую очередь. Оптимальным оказалось соотношение: 60 – 65% овса, 5-10% пшеницы, 25-30% кукурузы. Необходимо учитывать, что зерно нужно давать либо дробленое, либо плющенное, т.к. оно лучше усваивается и меньше его расходовать.

Древесные, преимущественно веточные корма, более регулярно в больших количествах олени начинают поедать осенью, с октября-ноября. Зимой доля древесного корма увеличивается и становится максимальной в марте [5]. В среднем, маралы съедают 9,0 кг веточного корма в день.

Обязательно животным надо выкладывать соль-лизунец. Наш опыт показал, что соль в виде солеблока, которая выпилена из глыб природной каменной соли, животными поедается лучше, чем соль KNZ (сё животные практически не трогают), которая в настоящее время широко распространена на рынках.

Кабан – всеядный зверь, что во многом обеспечивает выживание вида даже в экстремальных условиях. Он отдает предпочтение влажному, концентрированному, богатому протеином корму [3]. Площадь вольера для кабанов составляет 10 га. Кормление кабана в хозяйстве «Легион» не вызывает никаких трудностей. Его естественный корм в весенне-летний период – зеленые проростки, трава, молодые корневища. Но в вольере этих кормов недостаточно. Нужны овсяные поля, посадки топинамбура. Всего засевалось одно поле топинамбура – 0,5 га и одно поле овса – 6,0 га. На одну особь кабана приходится 0,13 га овсяного поля. Но топинамбур пока кабаном не поедается, что связано с тем, что кабан еще не привык к нему. Кабану необходимы и концентрированные корма (табл. 2).

Таблица 2 – Подкормка кабана в зимний и летний периоды, кг.

Зима (210 дней)			Лето (155 дней)		
Зерно	Расход зерна в день, кг	Зерносмеси на 1 голову в день, кг	Зерно	Расход зерна в день, кг	Зерносмеси на 1 голову в день, кг
Овёс	67,5	1,5	Овёс	67,5	1,5
Кукуруза	13,5	0,7	Кукуруза	13,5	0,7
<b>Итого:</b>	<b>81</b>	<b>2,2</b>	<b>Итого:</b>	<b>81</b>	<b>2,2</b>

Как видно из данных таблицы 2, кабана в данном вольере в зимний и летний период дают одинаковое количество зерносмеси, в среднем на одну голову приходится 2,2 кг в сутки. Это дает 2,28 кормовых единиц или 25,74 МДж обменной энергии. Но кабан очень сильно раскидывает корм из кормушек и втаптывает его в землю, тем самым увеличивая затраты на его содержание. Поэтому хозяйство приобрело автоматическую кормушку, которая в определенное время разбрасывает дозированное количество корма.

Опыт подкормки кабана в естественных условиях показывает, что летом можно уменьшать норму подкормки в 3 раза, так как много естественных кормов. Но в условиях вольера при высокой плотности животных естественных кормов может не хватать и летом. Поэтому обильное кормление кабанов в летний период оправдано. Всего на кормление 45 кабанов в течение года расходуется около 800 кг зерна. Дробление зерна позволит уменьшить его количество примерно в 1,5 раза при той же питательности.

Описанные условия кормления и содержания животных в вольере обеспечивают хорошее здоровье и успешное размножение данных видов.

### Выводы

1. Из естественных зимних кормов марал и лань отдают предпочтение иве (44% и 60,7% соответственно). На втором месте рябина (35,8% и 28% соответственно), оба вида используют также черемуху (8 и 11%). Марал поедает наравне с черемухой и березу, но лань ее не ест.

2. Если на одного марала приходится около 1 га сеяных пастбищ, то такая нагрузка не приводит к чрезмерному истощению пастбищ. Хорошую устойчивость к вытаптыванию и хорошую возобновляемость показал следующий

состав травосмеси: 30% - райграс пастбищный, 20% - тимopheевка луговая, 20% - овсяница луговая, 10% - клевер луговой (красный), 10% - клевер гибридный (розовый), 10% - мятлик луговой.

3. Сено в количестве около 1 кг на особь лучше давать в рулонах или раскидывать по снегу для его увлажнения, чем использовать кормушки ясельного типа.

4. В составе зерносмеси оптимальным оказалось соотношение: 60 – 65% овса, 25-30% кукурузы, 5-10% пшеницы. Преобладание пшеницы приводило к вздутию живота. Суточная норма этого корма составила зимой 1,6 кг, летом – 1,2 кг на голову.

5. Для кабана в вольере необходима круглогодичная подкормка концентрированным кормом (овсом или кукурузой) в количестве 2,2 кг на голову в день, что дает 25,74 МДж обменной энергии.

#### Литература

1. Аликсеров А. Звери в вольерах. Вольер – долгосрочный проект // «Охота – национальный охотничий журнал» - № 7/ 2012. С 24-26.
2. Данилкин А.А. Фермерское охотничье хозяйство. М.: изд-во «Товарищество научных изданий КМК», 2011, 132 с.
3. Данилкин А.А. Дикие копытные в охотничьем хозяйстве (основы управления ресурсами). М.: издательство «ГЕОС», 2006. 366 с.
4. Данилкин А.А. Олени (Cervide) / А.А. Данилкин. – М.: ГЕОС, 1999. – 552 с.
5. Луницын В.Г. Современные подходы и методы в кормлении маралов / РАСХН, ВНИИПО. – Барнаул: АЗБУКА, 2013. – 226 с.
6. Новиков Г.А. Полевые исследования по экологии наземных позвоночных животных, - Л.:Изд-во «Советская наука», 1949. – 352 с.

#### References

1. Alekserov A. the Animals in the cages. The aviary – long term project // "the Hunting – national hunting magazine. - № 7/ 2012.
2. Danilkin A. A. Farm hunting farm. M.: publishing house "Association of scientific publications KMK", 2011, 132 p.
3. Danilkin A. A. Wild ungulates in the hunting economy (foundations of resource management). M.: publishing house "GEOS", 2006. 366 p.
4. Danilkin A. A. Deer (Cervide) / A. A. Danilkin. – M.: GEOS, 1999. – 552 p.
5. Lunitsin V. G. Modern approaches and methods in feeding deer / RAAS, VNIPO. – Barnaul: AZBUKA, 2013. – 226 p.
6. Novikov G. A. Field studies on ecology of terrestrial vertebrates, - L.:Publishing house "Soviet science", 1949. – 352 p.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.209

Никольская В.А.<sup>1</sup>, Черетаев И.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-1642-2884, Кандидат биологических наук,

<sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-1852-4323, Кандидат биологических наук,

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского

#### ВЛИЯНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА *IN VITRO* НА ПОКАЗАТЕЛИ СЫВОРОТКИ КРОВИ И ЭРИТРОЦИТОВ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ *AMPHIBIA*, *AVES* И *MAMMALIA*

#### Аннотация

Статья посвящена изучению влияния окислительного стресса, инициированного средой Фентона, на биохимические показатели сыворотки крови и эритроцитов *Rana ridibunda*, *Gallus gallus domesticus* и *Sus scrofa domesticus*. По сравнению с исходным состоянием при окислительном стрессе наблюдается увеличение суммарного содержания молекул средней массы в сыворотке крови всех трёх представителей, а также увеличение молекул средней массы и значительный расход АТФ в гемолизате эритроцитов *Gallus gallus domesticus* и *Sus scrofa domesticus*.

**Ключевые слова:** сыворотка крови, эритроциты, *Amphibia*, *Aves*, *Mammalia*.

Nikolskaya V.A.<sup>1</sup>, Cheretaev I.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-1642-2884, PhD in Biology,

<sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-1852-4323, PhD in Biology,

Crimean Federal Vernadsky University

#### THE INFLUENCE OF OXIDATIVE STRESS ON *IN VITRO* PARAMETERS OF BLOOD SERUM AND ERYTHROCYTES OF REPRESENTATIVES OF THE *AMPHIBIA*, *AVES* AND *MAMMALIA*

#### Abstract

The article is devoted study the influence of oxidative stress, initiated by the Fenton medium, on biochemical parameters of blood serum and erythrocytes of *Rana ridibunda*, *Gallus Gallus domesticus* and *Sus scrofa domesticus*. In comparison with the initial state under oxidative stress, there is an increase of the total content of average weight molecules in blood serum of all three members, and the increase in the average molecular weight and the considerable expense of ATP in the erythrocytes hemolysate of *Gallus Gallus domesticus* and *Sus scrofa domesticus*.

**Keywords:** blood serum, erythrocytes, *Amphibia*, *Aves*, *Mammalia*.

Структурно-функциональные изменения в организме, возникшие в процессе эволюции, отражаются как на клеточном, так на субклеточном уровне, а конечный этап адаптационных изменений приводит к усилению полученных модификаций [1]. Можно предположить, что и реакция на окислительный стресс представителей разных

классов существенным образом отличается. Поэтому, несомненный интерес с точки зрения эволюции представляет анализ изменений биохимических показателей представителей разных таксонов в условиях окислительного стресса, инициированного средой Фентона.

Актуальность данного исследования основывается на данных [2], позволяющих считать уровень молекул средней массы не только показателем интенсивности процессов свободнорадикального окисления, но и в целом функционального состояния организма в стрессорных условиях. Это, наряду с данными об АТФ как показателе энергетических затрат в важнейших клеточных метаболических процессах [3], предоставляет возможность использовать данные показатели для выявления биохимических и физиологических особенностей реакции организма различных животных на окислительный стресс.

Таким образом, целью исследования явилось изучение воздействия модели окислительного стресса (среды Фентона) на уровень молекул средней массы и АТФ в сыворотке крови и эритроцитах представителей *Amphibia*, *Aves* и *Mammalia*.

#### Материалы и методы

В качестве материала для исследований использовали сыворотку и гемолизат эритроцитов крови лягушки озёрной (*Rana ridibunda*), курицы (*Gallus gallus domesticus*) и свиньи (*Sus scrofa domesticus*). Эти виды животных выбраны для изучения, так как являются типичными представителями классов земноводных (*Amphibia*), птиц (*Aves*) и млекопитающих (*Mammalia*), соответственно.

Забор крови у животных проводили в 9.00 утра из сонной артерии.

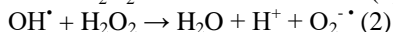
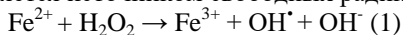
Сыворотку крови получали центрифугированием крови при 3000 об/мин. в течение 15 минут, отделяя полученный супернатант.

Гемолизат эритроцитов крови получали по методу Д. Драбкина [4].

Сыворотку и гемолизат эритроцитов крови указанных представителей земноводных, птиц и млекопитающих анализировали на содержание молекул средней массы (МСМ) до (в исходном состоянии) и после 15 минутной инкубации в среде Фентона, содержащей 10 мМ FeSO<sub>4</sub> и 0,3 мМ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Уровень МСМ определяли при длинах волн 254, 272 и 280 нм на спектрофотометре по методу Н.И. Габриэлян и др. [5] и рассчитывали их суммарное содержание при трёх длинах волн регистрации. Аденозинтрифосфат в гемолизате эритроцитов определяли путём гидролиза в кислой среде по Т.А. Алейникову и Г.В. Рубцовой [6].

Условия окислительного стресса моделировали, используя среду Фентона, содержащую раствор 10 мМ сернокислого железа и 0,3 мМ перекиси водорода [7]. Инкубацию осуществляли в течение 15 минут. Среда Фентона является источником свободных радикалов кислорода по реакции:



#### Результаты исследования и их обсуждение

Представляло несомненный интерес оценить уровень МСМ в сыворотке крови, подвергнутой воздействию окислительного стресса, инициированного средой Фентона, у представителей разных классов. Результаты исследования представлены в таб. 1.

Таблица 1 – Суммарное содержание молекул средней массы при трёх длинах волн регистрации (254, 272 и 280 нм) в сыворотке крови лягушки озёрной, курицы и свиньи до и после инкубации в среде Фентона, ед. опт. Плотности (M ± m)

Сыворотка крови	До инкубации в среде Фентона	После инкубации в среде Фентона
Лягушки озёрная (n=18)	0,387±0,002	0,397±0,002 **
Курица домашняя (n=18)	1,257±0,005	2,617±0,003 **
Свинья домашняя (n=18)	1,152±0,003	1,324±0,004 **

Примечание: \*\* – достоверные изменения показателя после воздействия среды Фентона по сравнению с исходным состоянием (p≤0,01).

До инкубации в среде Фентона наименьшее суммарное содержание МСМ отмечено в сыворотке крови *Rana ridibunda*, а наибольшее – в сыворотке крови *Gallus gallus domesticus*. Это может быть обусловлено низкой скоростью обмена веществ, и, следовательно, регуляторных процессов в организме холоднокровных животных. В работах [8, 9] приведены аргументы, указывающие на регуляторные функции молекул средней массы. При этом состав МСМ включает в себя целый ряд классов химических веществ. Так же необходимо отметить, что при посредстве отдельных фракций МСМ происходит ингибирование таких метаболических путей как гликолиз, глюконеогенез, пентозный цикл, а также нарушение ряда важнейших для животных физиологических и биохимических процессов (синтез гемоглобина и нуклеиновых кислот, тканевое дыхание и мембранный транспорт, эритропоэз, фагоцитоз, микроциркуляцию) [8, 9]. На основании указанного, можно сделать предположение о том, что представления об усилении роли МСМ как в антиоксидантной защите организма, так и в регуляции вышеуказанных метаболических путей с ростом уровня организации может являться основой для объяснения изначальных различий уровня их содержания среди указанных видов животных.



После инкубации в среде Фентона суммарное содержание МСМ при всех длинах волн регистрации в сыворотке крови изучаемых представителей позвоночных достоверно повышалось ( $p \leq 0,01$ ) по сравнению с исходным состоянием (до инкубации).

Таким образом, можно вести речь о выраженном ответе организма на окислительный стресс, что выражается в повышении содержания/концентрации МСМ в целом ряде случаев. Это касается роли исследуемых соединений как в качестве маркеров, свидетельствующих о состоянии широкого спектра метаболических процессов [11, 12], так и в качестве самостоятельных регуляторных соединений. Несомненно, что в качестве возможных регуляторных соединений МСМ могут оказывать влияние на интенсивность и направленность окислительных процессов, что, тем не менее, не уменьшает их значимости в качестве индикаторов разнонаправленных изменений физиолого-биохимических процессов в организме, в том числе – патологических [9, 13]. По мнению ряда авторов [14, 15], будучи продуктами белкового распада, ряд МСМ вызывают разбалансировку физиологических процессов, действуя как вторичные эндотоксины в случае превышения уровня, соответствующего физиологической норме. Например, накопление веществ, относимых ко вторичным эндотоксинам наблюдается при активации процессов свободнорадикального окисления, которые активируются при подавляющем большинстве стрессовых состояний. Так, по мнению Карякина Е.В. и Белова С.В. среднемолекулярные олигопептиды могут служить надёжным маркером, отражающим на биохимическом уровне состояние патологического белкового обмена. С другой стороны, в работе [2] для среднемолекулярных пептидов показана антиоксидантная функция.

Вызывают интерес результаты, полученные при изучении уровня молекул средней массы в гемолизате эритроцитов представителей разных классов (таб. 2).

Таблица 2 – Суммарное содержание молекул средней массы при трёх длинах волн регистрации (254, 272 и 280 нм) в гемолизате эритроцитов лягушки озёрной, курицы и свиньи до и после инкубации в среде Фентона, ед. опт. плотности ( $M \pm m$ )

Гемолизат эритроцитов	До инкубации в среде Фентона	После инкубации в среде Фентона
Лягушка озёрная (n=18)	1,970±0,002	1,870±0,002 **
Курица домашняя (n=18)	1,618±0,004	1,905±0,002 **
Свинья домашняя (n=18)	0,853±0,002	0,998±0,002 **

Примечание: \*\* - достоверные изменения показателя после воздействия среды Фентона по сравнению с исходным состоянием ( $p < 0,01$ ).

Так, выявлено, что суммарное содержание МСМ в гемолизате эритроцитов *Rana ridibunda* и *Gallus gallus domesticus* в исходном состоянии превышает данный показатель *Sus scrofa* практически в 2 раза. Возможно, это связано с тем, что у представителей *Amphibia* и *Aves* сохраняется ядро с полностью или частично функционирующим синтетическим аппаратом в эритроцитах, в то время как у представителя класса *Mammalia* зрелые эритроциты представляют собой постклеточные структуры.

После инкубации наблюдается достоверное ( $p < 0,01$ ) повышение суммарного содержания МСМ в гемолизате эритроцитов *Gallus gallus domesticus* и *Sus scrofa domesticus* и снижение – у *Rana ridibunda*. Можно предположить, что такого рода изменения изученных показателей связаны с тем, что в организме с более высоким уровнем организации увеличивается специализация клеточных структур, в том числе и эритроцитов крови, снижается диапазон их возможной адаптации и уменьшается их устойчивость к стрессорным воздействиям [17, 18].

Переход к иному уровню организации, сопровождающийся повышением метаболических показателей, с высокой вероятностью будет сопровождаться ростом значимости выявленных изменений, поскольку увеличение количества веществ, обладающих регуляторной активностью, влечёт за собой рост гибкости и общего потенциала регуляторной системы, в том числе при изменениях стрессорного характера.

В исходном состоянии (до инкубации в среде Фентона) наименьшее суммарное содержание АТФ отмечено в гемолизате эритроцитов крови *Rana ridibunda*, а наибольшее – у *Gallus gallus domesticus* (таб. 3). По-видимому, изначально высокий уровень АТФ в гемолизате эритроцитов *Gallus gallus domesticus* обусловлен высокой потребностью в запасании энергии, необходимой для нормального протекания быстрых метаболических процессов у птиц в покое и, особенно, в условиях полёта, при котором происходит интенсификация химических реакций, связанных с дыханием, в частности процессов окислительного фосфорилирования. Более высокое содержание АТФ в гемолизате эритроцитов *Sus scrofa domesticus* по сравнению с *Rana ridibunda* также можно объяснить высокой потребностью в накоплении энергии у теплокровных животных в связи с ускоренными процессами метаболизма.

Таблица 3 – Содержание АТФ в гемолизате эритроцитов (мг%) лягушки озёрной, курицы и свиньи до и после инкубации в среде Фентона, ед. опт. пл. (M±m)

Гемолизат эритроцитов	Лягушка озёрная, n=18	Курица домашняя, n=18	Свинья домашняя, n=18
до инкубации	0,61±0,02	1,01±0,05	0,74±0,04
после инкубации	0,66±0,04	0,79±0,07**	0,61±0,07**

Примечание: \*\* – достоверные изменения содержания АТФ в гемолизате эритроцитов при воздействии среды Фентона по сравнению с исходным состоянием ( $p \leq 0,01$ ).

После инкубации в среде Фентона в гемолизате эритроцитов *Gallus gallus domesticus* и *Sus scrofa domesticus* наблюдается достоверное снижение ( $p \leq 0,01$ ) содержания АТФ, а в гемолизате эритроцитов *Rana ridibunda* отмечена тенденция к увеличению данного показателя. Возможно, что у *Rana ridibunda* в условиях окислительного стресса при воздействии АФК происходит компенсаторное вовлечение макроэргических соединений, в частности АТФ, в поддержание резервных возможностей мембраны эритроцитов лягушки [19], однако, расходуемый АТФ может восстанавливаться за счёт существующих механизмов синтеза этого метаболита до исходного уровня. Следовательно, мембрана эритроцитов лягушки в большей степени подвергается воздействию АФК, поскольку подвижность липидной фазы представляет собой совокупность характеристик, одной из которых согласно [20] является включение ненасыщенных жирных кислот – биомембранной для АФК. В частности, полиненасыщенные жирные кислоты мембран, богатая кислородом окружающая среда, а также гемоглобин делают эритроциты восприимчивыми к перекисному повреждению АФК, например, супероксидным анион-радикалом, который может генерироваться клетками как эндогенно, так и из экзогенных источников. Также АФК способны непосредственно взаимодействовать с мембраной эритроцитов и вызывать нарушения как липидного бислоя, так и в структуре мембранных белков. Однако синтез АТФ в ядерной мембране эритроцитов *Rana ridibunda* компенсирует его затраты на сохранение резервных возможностей клеточной мембраны эритроцитов в условиях окислительного стресса.

Сходные процессы по поддержанию резервных возможностей мембраны за счёт энергии АТФ могут происходить и в эритроцитах *Gallus gallus domesticus* и *Sus scrofa domesticus*, поскольку данные о снижении осмотической стойкости эритроцитов в ряду земноводные – птицы – человек свидетельствуют об увеличении необходимости таких затрат [17]. В эритроцитах *Sus scrofa domesticus* отсутствие митохондрий делает невозможным дополнительный синтез АТФ. Поэтому высокая скорость протекания метаболических процессов в мембране эритроцитов теплокровных *Gallus gallus domesticus* и *Sus scrofa domesticus* не позволяет полностью восполнить затраты АТФ на сохранение её резервных возможностей в условиях окислительного стресса несмотря на то, что в молодых эритроцитах птиц присутствуют митохондрии и активно протекают процессы окислительного фосфорилирования [21].

### Выводы

1. До инкубации в среде Фентона в сыворотке крови *Gallus gallus domesticus* и *Sus scrofa domesticus* отмечено повышенное по сравнению с *Rana ridibunda* (в 3 раза) суммарное содержание молекул средней массы. После инкубации в среде Фентона суммарное содержание МСМ при всех длинах волн регистрации в сыворотке крови *Rana ridibunda*, *Gallus gallus domesticus* и *Sus scrofa domesticus* достоверно увеличилось ( $p \leq 0,01$ ) по сравнению с исходным состоянием (до инкубации). Это служит свидетельством протекания неспецифических интоксикационных процессов в сыворотке крови изученных животных в ответ на стрессорное воздействие.

2. Обнаружено, что суммарное содержание МСМ в гемолизате эритроцитов *Rana ridibunda* и *Gallus gallus domesticus* в исходном состоянии превысило данный показатель *Sus scrofa domesticus* практически в 2 раза. После инкубации наблюдалось достоверное ( $p \leq 0,01$ ) повышение суммарного содержания МСМ в гемолизате эритроцитов *Gallus gallus domesticus* (на 17,74 %) и *Sus scrofa domesticus* (на 17 %) и снижение – у *Rana ridibunda* (на 5,08 %), по сравнению с исходным состоянием. Это показывает, что повышение специализации эритроцитов в процессе эволюции делает их менее устойчивыми к стрессорным воздействиям, что проявляется в росте МСМ в гемолизате эритроцитов у *Gallus gallus domesticus* и *Sus scrofa domesticus* – индикатора изменений функционального состояния в условиях стресса.

3. В исходном состоянии (до инкубации в среде Фентона) в гемолизате крови *Gallus gallus domesticus* и *Sus scrofa domesticus* отмечено повышенное по сравнению с *Rana ridibunda* содержание АТФ на 65,57 % и 21,31 % соответственно. После инкубации в среде Фентона в гемолизате эритроцитов *Gallus gallus domesticus* и *Sus scrofa domesticus* наблюдалось достоверное снижение ( $p \leq 0,01$ ) содержания АТФ на 21,78 и 17,57 % соответственно, а в гемолизате эритроцитов *Rana ridibunda* отмечена тенденция к увеличению данного показателя, по сравнению с исходным состоянием. Это свидетельствует о значительном расходе АТФ эритроцитов *Gallus gallus domesticus* и *Sus scrofa domesticus* при окислительном стрессе.

### Литература

- Житенева Л.Д., Макаров Э.В., Рудницкая О.А. Эволюция крови. Ростов-на-Дону, 2001. 104 с.
- Юдакова О.В., Григорьев Е.В. Интенсивность ПОЛ и АОА, уровень молекул средней массы как показателя эндогенной интоксикации при распространённом перитоните // Клин. лаб. диагн. 2004. № 10. С. 20-22.
- Черетаев И.В., Коренюк И.И., Хусаинов Д.Р., Гамма Т.В., Колотилова О.И., Ноздрачёв А.Д. АТФ-зависимые и кальциевые механизмы влияния салицилатов на электрические потенциалы нейронов моллюска *Helix albescens* // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2015. Т. 101, № 3. С. 326-336.
- Drabkin D. A simplified technique for large crystallisation of haemoglobin in the enistalline // Fnn N. S. Acad. Sci. 1964. V. 121. P. 404-407.

5. Габриэлян Н.И., Левицкий Э.Р., Дмитриев А.А. Скрининговый метод определения средних молекул в биологических жидкостях: метод. рекоменд. М., 1985. 18 с.
- Туйчибоева М.Н. Оценка современных методов лабораторных исследований токсичных компонентов крови в диагностике степени интоксикации больных эндотоксикозами // Научно-практ. журн. ТИПМК. 2011. № 2. С. 63-66.
6. Алейников Т.А., Рубцова Г.В. Руководство к практическим занятиям по биохимии. М.: Высшая школа, 1988. 239 с.
7. Дубинина Е.Е., Бурмистров С.О., Ходов Д.А., Поротов И.Г. Окислительная модификация белков сыворотки крови человека, метод ее определения // Вопросы медицинской химии. 1995. Т. 41, № 1. С. 24-26.
8. Бондаренко Т.И., Калмыкова Ю.А., Шустанова Т.А., Михалева И.И. Фармакологическая активность дельта-сон индуцирующего пептида при экспериментальном остром панкреатите // Экспер. клин. фармакол. 2002. Т. 65, № 2. С. 44-48.
9. Никольская В.А., Данильченко Ю.В., Меметова З.Н. Биохимический аспект рассмотрения молекул средней массы в организме // Учёные записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». 2013. Т. 26 (65). С. 139-145.
10. Ковалевский А.Н., Нифантьев О.Н. Замечания по скрининговому методу определения молекул средней массы // Лабораторное дело. 1989. № 10. С. 35-39.
11. Абакумова Ю.В., Ардаматский Н.А. Свободнорадикальное окисление при атеросклерозе как патогенный фактор // Медико-биологический вестник им. Я.Д. Витебского. 1996. Т. 21, № 2. С. 15-21.
12. Ермаков В.А. Диагностические возможности использования метода определения уровня среднемoleкулярных соединений в практической медицине // Проблемы экспертизы в медицине. 2005. Т. 5, № 17 (1). С. 27-29.
13. Шитов А.Ю. Молекулы средней массы как показатель «гипербарической интоксикации» у водолазов // Альманах клинической медицины. 2013. № 28. С. 48-52.
14. Владыка А.С., Левицкий Э.Р., Поддубная Л.П., Габриэлян Н.И. Средние молекулы и проблема эндогенной интоксикации при критических состояниях различной этиологии // Анестезиол. и реаниматол. 1987. № 2. С. 17-19.
15. Матвеев С.Б., Спиридонова Т.Г., Клычникова Е.В., Николаева Н.Ю., Смирнов С.В., Голиков П.П. Критерии оценки эндогенной интоксикации при ожоговой травме // Клин. лаб. диаг. 2003. № 10. С. 3-6.
16. Карякина Е.В., Белова С.В. Молекулы средней массы как интегральный показатель метаболических нарушений // Клин. лаб. диаг. 2004. № 3. С. 4-8.
17. Липунова Е.А., Скоркина М.Ю. Физиология крови. Белгород: Изд-во БелГУ, 2007. 324 с.
18. Игнатъев В.В., Кидалов В.Н., Хадарцев А.А., Сясин Н.И. Изменение некоторых физиологических функций в эритроцитах человека и млекопитающих по сравнению с эритроцитами других видов животных // Вестник новых медицинских технологий. 2007. Т. 10, № 1. Режим доступа к статье: [vnmt.ru/Bulletin/E2007-1/E071.htm](http://vnmt.ru/Bulletin/E2007-1/E071.htm)
19. Скоркина М.Ю., Липунова Е.А., Зеленцова А.С. Структурная лабильность эритроцитарных мембран лягушек и регуляторные процессы при адреналиновой нагрузке *in vitro* // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. 2007. Т. 5, № 5. С. 68-70.
20. Борисова А.Г., Ильина Т.Н., Калинина С.Н., Баишшикова И.В., Узенбаева Л.Б., Илюха В.А. О некоторых факторах, влияющих на внутри- и межвидовую гемолитическую устойчивость эритроцитов у млекопитающих // Труды Карельского научного центра РАН. 2009. № 3. С. 20-29.
21. Болотников И.А., Соловьёв Ю.В. Гематология птиц. Л.: Наука, 1980. 116 с.

#### References

1. Zhiteneva L.D., Makarov E.V., Rudnickaya O.A. Evolyuciya krovi. Rostov-na-Donu, 2001. 104 s.
2. Yudakova O.V., Grigor'ev E.V. Intensivnost' POL i AOA, uroven' molekul srednej massy kak pokazatelya endogennoj intoksikacii pri rasprostranyennom peritonite // Klin. lab. diagn. 2004. № 10. S. 20-22.
3. Cheretaev I.V., Korenyuk I.I., Husainov D.R., Gamma T.V., Kolotilova O.I., Nozdrachyov A.D. ATF-zavisimye i kal'cievye mekhanizmy vliyaniya salicilatov na elektricheskie potentsialy nejronov mollyuska *Helix albescentis* // Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova. 2015. T. 101, № 3. S. 326-336.
4. Drabkin D. Asimplified technique for large crystallisation of haemoglobin in the enistalline // Fnn N. S. Acad. Sci. 1964. V. 121. P. 404-407.
5. Gabrielyan N.I., Levickij E.R., Dmitriev A.A. Skringingovyj metod opredeleniya srednih molekul v biologicheskikh zhidkostyah: metod. rekomend. M., 1985. 18 s.
6. Alejnikov T.A., Rubcova G.V. Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po biohimii. M.: Vysshaya shkola, 1988. 239 s.
7. Dubinina E.E., Burmistrov S.O., Hodov D.A., Porotov I.G. Okislitel'naya modifikaciya belkov syvorotki krovi cheloveka, metod ee opredeleniya // Voprosy medicinskoj himii. 1995. T. 41, № 1. S. 24-26.
8. Abakumova Yu.V., Ardamskij N.A. Svobodnoradikal'noe okislenie pri ateroskleroze kak patogenyj faktor // Mediko-biologicheskij vestnik im. YA.D. Vitebskogo. 1996. T. 21, № 2. S. 15-21.
9. Ermakov V.A. Diagnosticheskie vozmozhnosti ispol'zovaniya metoda opredeleniya urovnya srednemolekulyarnyh soedinenij v prakticheskoj medicine // Problemy ekspertizy v medicine. 2005. T. 5, № 17 (1). S. 27-29.
10. Nikol'skaya V.A., Danil'chenko Yu.V., Memetova Z.N. Biohimicheskij aspekt rassmotreniya molekul srednej massy v organizme // Uchyonye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Seriya «Biologiya, himiya». 2013. T. 26 (65). S. 139-145.
11. Shitov A.Yu. Molekuly srednej massy kak pokazatel' «giperbaricheskoy intoksikacii» u vodolazov // Al'manah klinicheskoy mediciny. 2013. № 28. S. 48-52.
12. Vladyka A.S., Levickij E.R., Poddubnaya L.P., Gabrielyan N.I. Srednie molekuly i problema endogennoj intoksikacii pri kriticheskikh sostoyaniyah razlichnoj etiologii // Anesteziol. i reanimatol. 1987. № 2. S. 17-19.
13. Matveev S.B., Spiridonova T.G., Klychnikova E.V., Nikolaeva N.Yu., Smirnov S.V., Golikov P.P. Kriterii ocenki endogennoj intoksikacii pri ozhogovoj travme // Klin. lab. diag. 2003. № 10. S. 3-6.
14. Bondarenko T.I., Kalmykova Yu.A., SHustanova T.A., Mihaleva I.I. Farmakologicheskaya aktivnost' del'ta-son induciruyushchego peptida pri eksperimental'nom ostrom pankreatite // Eksper. klin. farmakol. 2002. T. 65, № 2. S. 44-48.

15. Kovalevskij A.N., Nifant'ev O.N. Zamechaniya po skriningovomu metodu opredeleniya molekul srednej massy // Laboratornoe delo. 1989. № 10. S. 35-39.
16. Karyakina E.V., Belova S.V. Molekuly srednej massy kak integral'nyj pokazatel' metabolicheskikh narushenij // Klin. lab. diag. 2004. № 3. S. 4-8.
17. Lipunova E.A., Skorkina M.Yu. Fiziologiya krovi. Belgorod: Izd-vo BelGU, 2007. 324 s.
18. Ignat'ev V.V., Kidalov V.N., Hadarcev A.A., Syasin N.I. Izmenenie nekotorykh fiziologicheskikh funkciy v eritrocitah cheloveka i mlekopitayushchih po sravneniyu s eritrocitami drugih vidov zhivotnykh // Vestnik novykh medicinskih tekhnologij. 2007. T. 10, № 1. Rezhim dostupa k stat'e: vnmt.ru/Bulletin/E2007-1/E071.htm
19. Skorkina M.Yu., Lipunova E.A., Zelencova A.S. Strukturnaya labil'nost' eritrocitarnykh membran lyagushek i regulatorynye processy pri adrenalinovoj nagruzke in vitro // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Estestvennye nauki. 2007. T. 5, № 5. S. 68-70.
20. Borisova A.G., Il'ina T.N., Kalinina S.N., Baishnikova I.V., Uzenbaeva L.B., Ilyuha V.A. O nekotorykh faktorah, vliyayushchih na vnutri- i mezhhvidovuyu gemoliticheskuyu ustojchivost' eritrocitov u mlekopitayushchih // Trudy Karel'skogo nauchnogo centra RAN. 2009. № 3. S. 20-29.
21. Bolotnikov I.A., Solov'yov Yu.V. Gematologiya ptic. L.: Nauka, 1980. 116 s.

## **ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ / VETERINARY SCIENCE**

**DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.203**

**Дашинимаев Б.Ц.<sup>1</sup>, Боярова Л.И.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ORCID 0000-0002-7833-3206, Кандидат ветеринарных наук, <sup>2</sup>ORCID 0000-0002-6474-0863,

ФГБНУ Научно-исследовательский институт ветеринарии Восточной Сибири

### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АНТЕЛМИНТИКОВ ПРИ СМЕШАННЫХ ИНВАЗИЯХ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА ЛОШАДЕЙ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ**

**Аннотация**

*Проведено сравнительное изучение эффективности различных антгельминтиков и методов применения в борьбе со смешанными инвазиями пищеварительного тракта лошадей в Забайкальском крае. В процессе работы испытывали эффективность действия аверсект-2, ивермек, универм, альвет, авертин-порошок, авертин-инъекционный.*

*Результаты исследований показали 100% экстенсивность аверсект-2, ивермек и универм. Авертин введенный в организм лошади разными способами обладает меньшей антгельминтной эффективностью. При подкожном введении – 88,9%, а при введении внутрь – 83,4%.*

**Ключевые слова:** лошади, инвазии, антгельминтики, эффективность.

**Dashinimaev B.Ts.<sup>1</sup>, Boyarova L.I.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-7833-3206, PhD in Veterinary Medicine and Science, <sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-6474-0863,

FSBSI RIVS ES, Chita

### **COMPARATIVE EFFICACY OF ANTHELMINTICS AGAINST MIXED INVASIONS OF THE DIGESTIVE TRACT OF HORSES IN ZABAYKALSKY KRAI**

**Abstract**

*We carried out comparative study of efficacy of the different anthelmintics and methods of their use against mixed invasions of the digestive tract of horses in Zabaykalsky krai. During investigation we have been testing effectiveness of drugs such as aversekt-2, ivermек, univerm, alvet, avertin in the form of powder, and injection. Our results showed that 100% efficacy of aversekt-2, ivermек and univerm. Avertin were injected in horse by different ways and showed less anthelmintic activity. The subcutaneous administration of this drug showed – 88, 9% efficacy and by oral administration – 83, 4%.*

**Keywords:** horses, invasions, anthelmintics, efficiency.

**К**оневодство – древнейшая отрасль животноводства Забайкалья, которая в последние годы получает дальнейшее развитие. Одним из тормозящих факторов развития этой отрасли являются болезни инвазионной этиологии, в частности гельминтозы пищеварительного тракта и желудочные овода паразитирующие одновременно. Такие смешанные инвазии желудочно-кишечного тракта встречаются повсеместно в коневодческих хозяйствах [1;2;5]

Неблагополучная обстановка по смешанным инвазиям пищеварительного тракта лошадей объясняется недостаточностью проведенных лечебно-профилактических мероприятий. Необходимо отметить, что в большинстве зон Забайкалья лошадей содержат в табунах, а это требует использования препаратов, которые задаются с кормом. По нашим предложениям действие антгельминтиков на смешанные инвазии желудочно-кишечного тракта зависит от метода применения их, т.е. применение препаратов внутрь более эффективно, чем применение их другими способами (подкожно, внутримышечно), что требует экспериментальной проверки. При этом надо учитывать и то, что лошади очень чувствительны к запаху препаратов, что осложняет применения их с кормом. В отличие от других видов сельскохозяйственных животных для лошадей имеется довольно узкий спектр антгельминтных препаратов. Все чаще для дегельминтизации используют препараты на основе бензимидазолов [1;3;4].

**Материалы и методы.** Определение эффективности антгельминтиков проводили в племязаводе им. «Калинина» Агинского района Забайкальского края. Испытывали антгельминтики аверсект-2, универм, ивермек и альвет в сравнительном аспекте в дозах согласно наставлениям. В каждом опыте при испытании антгельминтиков, были подобраны опытные и контрольные группы животных, спонтанно инвазированные различными видами желудочно-

кишечных паразитов, от 5 до 10 животных в каждой группе. Лошади от контрольных групп обработкам не подвергались. Эффективность препаратов учитывали по результатам количественных копроовоскопических исследований счетной камеры ВИГИС для учета количества яиц нематод в 1 г. фекалий до и через 10 дней после их введения, а так же в крестах по Nathan B., Hale S. (1977).

- + - слабая степень инвазии, когда в поле зрения микроскопа находятся 1 - 3 яйца гельминтов;
- ++ - средняя степень инвазии, когда в поле зрения микроскопа находятся 4 – 5 яиц гельминтов;
- +++ - сильная степень инвазии, когда в поле зрения микроскопа находятся 6 – 10 яиц гельминтов.

Кроме того проводили убой лошадей по одному животному из каждой группы для полного гельминтологического вскрытия (ПГВ) желудочно-кишечного тракта и определения интенсивности инвазии (ИИ) гельминтов и личинок желудочных оводов. Опыт по изучению эффективности антгельминтиков вводимых разными методами проводили в АКФ им. «Ленина» Могойтуйского района Забайкальского края. Для этого были подобраны антгельминтики: авертин-порошок, авертин инъекционный, аверсект-2 и универм, действующим началом которого является аверсект, а также альвет. Подобрать другие антгельминтики, вводимые различными методами и провести забой животных для определения интенсивности препаратов на желудочные овода не удалось.

Для изучения персистенции действия ивермека и универма на паразитозы желудочно-кишечного тракта лошадей, гельминтоовоскопические исследования проводили через 30-60-70 дней после дегельминтизации животных.

**Результаты исследований.** Данные по эффективности антгельминтиков представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Эффективность антгельминтиков при смешанных инвазиях

Наименование препаратов	Кол-во животных в групп-пе	Количество яиц в 1 г фекалий (в крестах)					ЭЭ%	ИЭ
		до дегельминтизации		после дегельминтизации				
		S	P	S	P	G		
Аверсект-2	5	112,0±9,20	56,5±12,1	-	-	-	100,0	-
Универм	5	123,0±11,2	26,5±5,40	-	-	-	100,0	-
Ивермек	10	+++	++	-	-	-	100,0	-
Альвет	10	56,8±23,60	18,6±12,1	8,0	-	139	90,0	86,0±7,4
Контроль	10	127,0±11,8	12,0±1,41	100,0	9,0	207	-	-

S- яйца стронгилят;

P – яйца параскарид;

G – личинки желудочных оводов

Из таблицы видно, что аверсект-2, ивермек и универм в указанных дозах обладают 100% эффективностью против смешанных паразитов пищеварительного тракта лошадей. Альвет обладает 100% действием на параскариды, что согласуется с результатами, полученными В.А. Сидоркиным [5], 86,0% - на стронгилиды и не действует на личинок желудочных оводов.

Таблица 2 – Эффективность антгельминтиков при разных методах введения

Наименование антгельминтика	Метод введения	Кол-во животных в группе (гол.)	Кол-во инвазированных животных		ЭЭ%
			до обработки	после обработки	
Авертин-порошок	внутрь	6	6	1	83,4
Авертин-инъекционный	внутримышечно	9	9	1	88,9
Универм	внутрь	5	5	-	100
Аверсект-2	подкожно	5	5	-	100
Альвет	внутрь	7	7	1	85,7
Контроль	-	5	5	5	-

Результаты проведения опыта по изучению эффективности антгельминтиков вводимых разными методами представлены в таблице 2. Из таблицы видно, что универм и аверсект-2 обладают 100% антгельминтной эффективностью при основных гельминтозах пищеварительного тракта, что совпадает с данными исследований Г.Т. Хохолова [6]. Авертин, введенный в организм лошадей разными способами, обладает несколько меньшей антгельминтной эффективностью. Так, при подкожном введении ЭЭ составила 88,9%, а при введении внутрь – 83,4%, т.е. была несколько ниже, чем при подкожном введении. Это на наш взгляд, объясняется только тем, что авертин

порошок обладает специфическим запахом, из-за чего отмечается плохая поедаемость препарата и снижение эффективности его.

Полученные результаты изучения персистентности ивермека и универма при смешанных инвазиях пищеварительного тракта лошадей показали разные сроки антигельминтного действия.

До опыта в опытных и контрольных группах в грамме фекалий лошадей количество яиц желудочно-кишечных гельминтов было  $94.0 \pm 12.2$  экз.

Через 30 дней в первой опытной группе, обработанных ивермеком, и во второй опытной группе, обработанных универмом, яиц гельминтов не обнаружили. Тогда, как у лошадей контрольной группы количество яиц в грамме фекалий увеличилось и составило  $98.2 \pm 14.1$  экз.

Через 60 дней после обработки у лошадей первой группы при гельминтооовоскопическом исследовании, в фекальных массах яйца гельминтов пищеварительного тракта не обнаружены, а у животных второй группы, обработанных универмом у двух голов обнаружены яйца гельминтов пищеварительного тракта. А у лошадей контрольной группы количество яиц в грамме фекалий существенно не изменилось. Через 70 дней среди лошадей первой группы у одного животного были обнаружены единичные яйца стронгилят пищеварительного тракта.

Таким образом, персистентность действия ивермека против гельминтов желудочно-кишечного тракта составила 60 дней, что совпадает с данными, полученными В.И. Михайловым [4].

**Заключение.** Исследования антгельминтиков аверсекта-2, ивермека и универма при смешанных инвазиях пищеварительного тракта лошадей показали 100%-ную эффективность.

Исследования, проведенные по изучению эффективности антгельминтиков, вводимых различными методами (внутрь, подкожно), не подтвердили наши предположения о более высокой эффективности препаратов, вводимых через желудочно-кишечный тракт лошадей. По-видимому, эффективность антгельминтиков зависит от качества самого препарата, а не от метода введения его.

Персистентность антгельминтного действия ивермека при смешанных инвазиях пищеварительного тракта лошадей составила 60 дней.

### Литература

1. Бундина Л.А., Арисова Г.Б. Эффективность альбена при нематодозах лошадей // Ветеринария. – 2004. – №9. – С.9.
2. Дашинимаев Б.Ц. Ассоциативные инвазии лошадей в Забайкалье / Б.Ц. Дашинимаев, И.М. Мигунов, П.В. Тимофеев, Л.И. Боярова. Состояние и перспективы обеспечения ветеринарного благополучия Восточной Сибири. – Чита, 2008. – С.315-322.
3. Дашинимаев Б.Ц. Изыскание средств лечения при ассоциативных инвазиях лошадей в Читинской области. / Б.Ц. Дашинимаев. Роль аграрной науки в развитии сельскохозяйственного производства Якутии. // Сборник материалов научн. практ. конф. посвященный 50 – летию Якут. НИИСХ СО РАСХН. (Якутск, 25 июля 2006г.) – Новосибирск, 2007. – 548 с. (С.124–126).
4. Михайлов В.И. Усовершенствование мер борьбы со стронгилятозами лошадей в Алтайском крае: автореф. дис. канд. вет. наук: - Михайлов Владимир Иванович. – Тюмень, 2004. – 19 с.
5. Сидоркин В.А. Эффективность ивермека при гельминтозах лошадей // Ветеринария. – 2002. – №8. – С.27 -28.
6. Хохолова Г.Т. Желудочно-кишечные оводы (Gasterophilidae) лошадей в Юго-Западной зоне республики Саха (Якутия) (фауна, экология, фенология и меры борьбы): автореф. дис... канд. биол. наук: - Тюмень, 2008. – 22 с.

### References

1. Bundina L.A., Arisova G. B. Effectivnost of Albin at the nematodozakh of horses // Veterinary science. – 2004. – No. 9. – Page 9.
2. Dashinimayev B. Ts. Associative invasions of horses in Transbaikalia / B. Ts. Dashinimayev, I. M. Migunov, P. V. Timofeev, L.I. Boyarova. State and prospects of ensuring veterinary wellbeing of Eastern Siberia. – Chita, 2008. – Page 315-322.
3. Dashinimayev B. Ts. Research of remedies at associative invasions of horses in the Chita oblasti. / B. Ts. Dashinimayev. A role of agrarian science in development of agricultural production of Yakutiy. // the Collection of materials научн. практ. конф. devoted 50 – to the anniversary the Yakut. NIISH FROM Russian Academy of Agrarian Sciences. (Yakutsk, on July 25, 2006) – Novosibirsk, 2007. – 548 pages (Page 124-126).
4. Mikhaylov V. I. Improvement of measures of fight against strongilyatoza of horses in Altai Krai: автореф. дис. канд. вет. наук: - Mikhaylov Vladimir Ivanovich. – Tyumen, 2004. – 19 pages.
5. Sidorkin V.A. Efficiency of an ivermek at helminthoses of horses // Veterinary science. – 2002. – No. 8. – Page 27 - 28.
6. Hokholova G. T. Gastrointestinal gadflies (Gasterophilidae) of horses in the Southwest zone of the Republic of Sakha (Yakutia) (fauna, ecology, phenology and measures of fight): автореф. yew... Cand. Biol. Sci.: - Tyumen, 2008. – 22 pages.

**ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOGRAPHY**

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.023

**Ващалова Т.В.**

Кандидат географических наук, доцент,

Московский государственный университет им. Ломоносова

**ГЕОГРАФИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ АВАРИЙНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ТЕХНОСФЕРНЫХ ПОЖАРОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ)****Аннотация**

*Представлено новое направление исследований, лежащих в русле географических проблем устойчивого развития - география техносферной аварийности. Среди техносферных аварий пожары – ведущий тип по частоте и распространенности для большинства индустриальных обществ. Дана характеристика пространственной динамики частоты, причин и объектов пожаров в РФ, которая определяется широким спектром природных, социально-экономических и культурных причин и условий.*

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, риск, техносфера, пожары, пространственная динамика.

**Vashchalova T.V.**

PhD in Geography, associate Professor,

Moscow State University. Lomonosov

**GEOGRAPHY OF TECHNOSPHERE ACCIDENTS (ON THE EXAMPLE OF TECHNOSPHERE FIRES IN RUSSIAN FEDERATION)****Abstract**

*Presents a new research direction, which is the part of the sustainable development geography. This is the technospheric accidents geography. Among technospheric accidents fires are the leading type on the incidence and prevalence for most industrial societies. The peculiarities of fires spatial dynamics (incidence, causes, objects) in Russia are characterized. They are determined by a wide range of natural, socio-economic and cultural causes and conditions.*

**Keywords:** sustainable development, risk, technosphere, fires, spatial dynamics.

**Локализация проблемы.**

География техносферной аварийности в иерархической системе научного знания - это часть теорий устойчивого развития и географии риска. Первая определена В.П. Максаковским как общенаучная теория [1, 101-103], вторая – как теория общегеографическая [1, 114-115].

В рамках теории устойчивого развития техносферная аварийность фиксирует один из способов функционирования техносферы, неотъемлемо присущий последней. Техносфера - одна из трех подсистем первого уровня, образующих социоприродную систему (СПС), в отношении которой единственно и может быть продуктивным анализ и прогноз устойчивости развития, его граничных условий и оптимального «коридора». В настоящее время техносфера как целостная глобальная оболочка планеты, обладающая огромным потенциалом влияния на всю социоприродную систему и способная к саморазвитию, изучается лишь философами [например, 2, 3].

Несмотря на широкое использование термина «техносфера» в различных отраслях науки и практики, отсутствует его единообразное определение. Обобщение определений техносферы, предложенных различными словарями, позволяет автору понимать ее как часть биосферы, продолжительно преобразуемую человечеством с помощью технических средств и включающую в себя как искусственные объекты, так и неотъемлемые процессы, определяющие их функционирование и саморазвитие.

Ключевым объектом внимания географии риска являются неблагоприятные и опасные процессы и явления, протекающие в указанных выше подсистемах СПС – природной среде (вмещающем ландшафте), техносфере, обществе (социосфере). Они определяют устойчивость развития этих подсистем в краткосрочной или долгосрочной перспективах. Важно отметить, что анализ риска возможен для СПС разного пространственного охвата (масштаба) – от локального до национального. Определяющим моментом при выделении СПС того или иного масштаба будет наличие единого управляющего центра.

С позиций теории риска устойчивое развитие – это неопределенно долгое сохранение СПС своей жизнеспособности на уровне, обеспечивающем ее функционирование в том качестве, которым она обладала на момент начала анализа устойчивости (например, как преимущественно производственная, учебно-научная, селитебная или рекреационная и др.). Утрата данного качества не всегда означает физическое уничтожение живого и неживого вещественного наполнения системы, но приобретение ею иного качества.

**География риска: современное состояние. Цель исследования.**

География риска в настоящее время находится в стадии накопления и первичного обобщения фактического материала, несмотря на то, что ряд ее базовых теоретических положений уже сформулирован и признан научным сообществом (о чем свидетельствует, в частности, оценка [1]). В наилучшем положении находится география природного риска [4,5]. Опасным природным процессам и явлениям давно уделяют внимание отраслевые географические дисциплины.

Общество, как источник рисков устойчивому развитию СПС не имеет традиции изучения в географии. В гуманитарных науках в последние 10-15 лет «рискологическая» проблематика получила импульс развития, но там внимание концентрируется на обществе не как на источнике, а как на объекте рискованных воздействий. При этом преимущественным вниманием пользуется изучение восприятия и отклика на внешний риск субъектом или социальной группой (например, [6, 7]).



Анализ техносферных рисков долгое время был сосредоточен в научных подразделениях МЧС РФ, где географический подход к предмету исследования применялся лишь для визуализации статистики.

География риска в методическом плане подразделяет все риски на истощающие и разрушительные. Применительно к рискам, исходящим от техносферы, к первым следует относить ее штатные воздействия на окружающую среду и здоровье населения, а ко вторым - аварийные ситуации разного масштаба. Факт самого существования техносферы как источника рисков нежелательной трансформации общественного сознания пока обсуждается лишь на уровне философских концепций.

Упомянувшееся выше многолетнее внимание географов к вопросам антропогенных и техногенных нагрузок на природную среду и здоровье населения и достигнутые на этом пути успехи, в том числе, в вопросах количественной оценки и ранжирования рисков, позволяют автору сосредоточиться на второй группе рисков, исходящих от техносферы. К ним относятся нештатные ситуации, возникающие на техносферных объектах разных типов и видов по любым причинам - природным, социальным и собственно техногенным.

На данном этапе развития географии риска автор видит свою задачу в выполнении первичного пространственно-временного анализа возможно большего числа опасных техносферных процессов и явлений разрушительного характера, определении всего спектра причин и условий, их вызывающих и оценке возможности снижения их значимости или полного устранения.

Рабочая классификация техносферных аварий, инцидентов, нештатных ситуаций включает 6 типов и 18 видов подобных событий. Типы аварийных ситуаций представлены: 1) происшествиями в зданиях и сооружениях; 2) транспортными происшествиями; 3) авариями на системах жизнеобеспечения; 4) авариями на напорных сооружениях; 5) происшествиями со взрывчатыми веществами; 6) авариями «высоких технологий».

В первом типе – происшествиях в зданиях - выделяются 4 вида: пожары, обрушения, взрывы бытового газа; разливы и распыления опасных химических веществ. Транспортные аварии подразделяются в соответствии с видом транспорта на автомобильные, авиационные, железнодорожные, водные и трубопроводные. Возможно выделение подвидов по характеру опасного процесса, например столкновение, падение с высоты или пожар в транспортном средстве.

Виды аварий систем жизнеобеспечения подразделяются на аварии электро-, водо- и теплоснабжения (с подвидами по сетям и подстанциям). Аварии напорных сооружений включают три вида по назначению сооружения: плотины на реках и озерах, защитные дамбы на берегах водоемов, плотины шламонакопителей и отстойников. Происшествия с взрывчатыми веществами – это обнаружение и взрывы боеприпасов вне мест, для них предназначенных, а также несанкционированные взрывы в местах их хранения или при транспортировке. К авариям «высоких технологий» пока относятся все опасные инциденты, возникшие по причине сбоя в работе компьютерного (в том числе – программного) обеспечения функционирования технических систем.

Среди названных типов и видов опасных процессов в техносфере внимание, прежде всего, привлекают пожары как наиболее часто возникающая и повсеместно распространенная опасность. Ставшая доступной в последнее десятилетие разноплановая пожарная статистика позволяет рассмотреть ее с разных, традиционных для географического исследования ракурсов - в связи с климато-ландшафтными, социально-экономическими, демографическими характеристиками СПС, чему способствует мелкомасштабный формат представления фактического материала (т.е. для субъекта РФ).

Под техносферными понимаются все пожары, возникшие на объектах, созданных в процессе хозяйственной деятельности человека или общества вне зависимости от конкретной причины, вызвавшей возгорание. Основные характеристики пожарной опасности - частота возникновения пожаров, социальный ущерб (погибшие и травмированные), материальные потери. Их изменения в пространстве и времени не всегда синхронны, наиболее значимые причины и условия не идентичны. Ниже анализируется частота пожаров. Основными информационными источниками послужили публикации статистики Государственной противопожарной службы (ГПС) в сборниках «Пожары и пожарная безопасность» и статистических приложениях к журналу «Пожарная безопасность» за ряд лет, а также материалы Госкомстата РФ.

#### **Общая характеристика ситуации с техносферными пожарами в СССР-РФ.**

Количество пожаров в РФ с 1993 г. к 2013 г. уменьшилось вдвое – с 330 тыс. до 150 тыс. случаев или с 224 до 124 случаев на 100 тыс. человек. Направленность процесса и была несколько нарушена в 2002 - 2004 гг. Для заключительных десятилетий советского периода истории известно, что в 1970-е – начале 80-х гг. частота пожаров в среднем по стране находилась на уровне 50 случаев на 100 тыс. человек, а к началу 90-х выросла до 200[8]. Синхронность нарастания негативных тенденций во многих сферах жизнедеятельности СПС в периоды их глубоких системных перестроек отмечена в медико-демографической литературе и впоследствии подтверждена другими исследованиями [9;10].

Распределение техносферных пожаров по генезису в последние десятилетия в нашей стране выглядит следующим образом: природные – менее 0,5%; техногенные – 2%, неустановленные и «прочие» - 4%. Более 90% пожаров имеют социальное происхождение. По оценкам специалистов ГПС долевой вклад социальных пожаров в разных субъектах РФ - 50-90%. Среди конкретных причин социального блока без малого 90% приходится на следующие четыре (цифры в скобках – для села и города): 1) неосторожное обращение с огнем (36-46%); 2) нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования (25-20%); 3) нарушение правил устройства и эксплуатации печей (18 – 9%); 4) поджог (8,5 – 10%).

Среди объектов пожаров на здания и сооружения жилого назначения приходится более двух третей их общего количества (68- 73% в 2005 – 2013 гг.). В эту категорию включены как жилые помещения постоянного (квартиры, индивидуальные дома), так и места сезонного или временного проживания (дачи, гостиницы, общежития, вагончики и т.п.) а также объекты хозяйственного назначения, функционально дополняющие как первые, так и вторые (гаражи, бани, сараи и т.п.).



Обозначенные выше лидирующие позиции пожаров в жилом секторе и пожаров по неосторожности характерны для подавляющего большинства стран мира, располагающих пожарной статистикой, что однозначно свидетельствует о неслучайной и «устойчивой» их связи с социумом, а не природой и техносферой как генераторами опасности этого типа.

### **Причины и условия пространственно-временной динамики частоты техносферных пожаров.**

Обзор сведений об основных причинах, объектах и сезонном распределении пожаров позволили предположить, что численность населения и длительность холодного периода будут ведущими причинами изменчивости частоты техносферных пожаров по субъектам РФ в годовом цикле.

Картографический анализ соответствующих распределений показал,

- что природно-климатическое положение региона (длительность холодного периода), в пространстве страны не является определяющим фактором для частоты возникновения пожаров. Этот факт согласуется с результатами статистического анализа, выполненного сотрудниками ВНИИПО МЧС на большом объеме фактического материала с локальными привязками данных. Согласно их данным, для РФ в целом климатический фактор (в основном - температуры воздуха и длительность залегания снежного покрова) объясняют до 50% дисперсии частоты пожаров [11].

- природно-климатическое положение региона в обзорном масштабе исследования проявляется в пространственном распределении субъектов РФ с одним или двумя сезонами возрастания частоты пожаров. Бимодальное распределение в большинстве своем характерно для регионов с умеренным или умеренно-континентальным климатом. Унимодальность тяготеет к регионам с континентальным и резко континентальным климатом. Незначительность внутригодовой амплитуды изменения частоты пожаров по сезонам (5-6%% в подавляющем большинстве регионов) является дополнительным свидетельством слабости влияния природных причин на распределение частоты пожаров по регионам страны.

- изменения в распределении частоты пожаров по сезонам (кварталам) года между городом и селом фиксируют значимое влияние на нее сезонных миграций населения.

Статистический анализ связи частоты пожаров с общей численностью населения показал, что, как для городского, так и для сельского населения количество регионов со значимым коэффициентом парной корреляции ( $r > 0,5$ ) – менее половины (47% для городов и 48% для сел). При этом для обеих выборок отмечаются как значимые положительные, так и значимые отрицательные связи.

Дальнейший анализ связи частоты пожаров с численностью некоторых категорий населения позволил утверждать, что к таковым относятся: а) криминалитет ( $r=0,89$ ) б) алкоголики ( $r=0,85$ ); в) контингент обитателей интернатов для престарелых и инвалидов ( $r=0,75$ ); г) население, проживающее в коммунальных квартирах ( $r = 0,81$ ) и общежитиях ( $r=0,71$ ). Из экономических характеристик для последних десяти лет на частоту пожаров значимо влияет уровень фактического конечного потребления домохозяйств ( $r=0,8$ ). Указанные категории населения значимо связаны с частотой пожаров на протяжении всего постсоветского времени.

Вместе с тем, ряд показателей, имевших высокий уровень значимости в эпоху радикальной ломки прежней социально-экономической системы и глубоких изменений в привычном образе жизни, к середине первого десятилетия 21 в. его утратили и перешли в разряд средне- или малозначимых. К ним относятся: а) численность безработных (в абсолютных цифрах и в %% от экономически активного населения); б) уровень душевых доходов (абсолютный и относительно прожиточного минимума); в) итог миграций.

Анализ влияния экономического благосостояния регионов (по уровню душевого валового продукта) на частоту пожаров, выполненный во второй половине 90-х годов сотрудниками ВНИИПО МЧС [12] выявил наличие прямолинейной положительной связи между ними лишь для группы регионов с минимальным душевым ВРП (до 100-120 тыс. руб./чел.). Но, как для них, так и для регионов с ВРП 120-450 тыс. руб./чел. частота пожаров между отдельными регионами может различаться двукратно.

Картограмма распределения среднегодового количества пожаров по субъектам РФ отражает сложное сочетание их населенности, экономического благосостояния и климатических условий (рис. 1).

Наличная статистическая информация позволяет говорить о существовании особенностей повседневного поведения населения, существенных для частоты пожаров (т.е. о социокультурных причинах и условиях возникновения последних). Эти различия фиксируются при сопоставлении городской и сельской местности ряда регионов, а также в некоторых национальных административно-территориальных образованиях.

Так, например, обратную связь численности населения и частоты пожаров в сельской местности Краснодарского края, Республики Карачаево-Черкесия и Чеченской Республики представляется правомочным связывать с



Рис. 1 – Среднегодовая частота пожаров (шт.) и продолжительность отопительного сезона (изолинии)

высокой сохранностью традиционных норм общественного поведения и социального контроля, являющихся факторами снижения риска возникновения пожаров. Это же объяснение допустимо и для городского населения южнорусских (Ставропольский край, Астраханская область) регионов с развитым «сельскохозяйственным» образом жизни а также некоторых национальных республик (Дагестан, Татарстан). Для страны в целом, сельская местность по сравнению с городской выделяется пониженным процентом пожаров по неосторожности и поджогов.

#### **Заклучение.**

Техносферные пожары – неотъемлемый процесс функционирования техносферы, негативно влияющий на функционирование всей социоприродной системы. Ведущей группой причин, определяющей частоту их возникновения, являются социогенные. Среди них особая роль принадлежит причинам поведенческого характера, в том числе – культурно обусловленным, что требует специального внимания к анализу его региональных и национальных различий. Это направление представляется в ближайшей перспективе наиболее актуальным для развития географии техносферного риска.

Техносферные пожары как фактор риска для устойчивого развития региона актуальны прежде всего своим социальным ущербом, оценка величины которого и пространственно-временных вариаций представляются второй актуальной исследовательской задачей ближайшего времени.

#### **Литература**

1. Максаковский В.П. Географическая культура. М.:ВЛАДОС. – 1998. – 406с.
2. Попкова Н.В. Философия техносферы. М.:Изд-во ЛКИ, 2008. - 344с.
3. Дергачева Е.А. Тенденции и перспективы социотехноприродной глобализации. М.:Либроком, 2009. – 232 с.
4. Мягков С.М. География природного риска. М.:Изд-во МГУ. – 1995. – 224с.
5. Курбатова А.С., Мягков С.М., Шныпарков А.Л. Природный риск для городов России. М.:НИИПИ экологии города, 1997.- 240 с.
6. Зубков В.И. Социологическая теория риска. М.:Изд-во РУДН, 2003.– 230 с.
7. С.А. Кравченко, С.А. Красиков Социология риска: полипарадигмальный подход. М.:Анкил, 2004. – 385 с.
8. Пожары в России и в мире. Статистика, анализ, прогноз; [под ред. Н.Н. Брушлинского]. М., Калан, 2002. - 158 с.
9. Гундаров И.А. Демографическая катастрофа в России: причины, механизмы, пути преодоления. М., Эдиториал УРСС. 2001. - 208 с.
10. Мягков С.М. Социальная экология. Этнокультурные основы устойчивого развития. М. - НИИПИ экологии города. 2001. - С. 167-171
11. Мешалкин Е.А., Фирсов А.Г. Порошин А.А. Геофизические факторы и обстановка с пожарами в регионах России. //Обеспечение организационно-управленческой деятельности Государственной противопожарной службы. - М.: ВНИИПО. - 2000. - С.22-33.
12. Климкин В.И., Матюшин А.В., Порошин А.А. Анализ влияния последствий пожаров на устойчивость социально-экономического развития регионов Российской Федерации. // Пожарная безопасность.- 2012. - №1.- С.74-84.

#### **References**

1. Maksakovskij V.P. Geograficheskaja kul'tura. M.: VLADOS. – 1998. – 406s.
2. Popkova N.V. Filosofija tehnosfery. M.: Izd-vo LKI, 2008. - 344s.

3. Dergacheva E.A. Tendencii i perspektivy sociotekhnoprirodnoj globalizacii. M.: «Librokom», 2009. – 232 s.
4. Mjagkov S.M. Geografija prirodnogo riska. M.: Izd-vo MGU. – 1995. – 224s.
5. Kurbatova A.S., Mjagkov S.M., Shnyarkov A.L. Prirodnyj risk dlja gorodov Rossii. M.: NIPI jekologii goroda, 1997.- 240 s.
6. Zubkov V.I. Sociologicheskaja teorija riska. M.: Izd-vo RUDN, 2003. – 230 s.
7. S.A. Kravchenko, S.A. Krasikov Sociologija riska: poliparadigmal'nyj podhod. M.: «Ankil», 2004. – 385 s.
8. Pozhary v Rossii i v mire. Statistika, analiz, prognoz; [pod red. Brushlinskogo N.N.]. M., Kalan, 2002. - 158 s.
9. Gundarov I.A. Demograficheskaja katastrofa v Rossii: prichiny, mehanizmy, puti preodolenija. M., Jeditorial URSS. 2001. 208 s.
10. Mjagkov S.M. Social'naja jekologija. Jetnokul'turnye osnovy ustojchivogo razvitija. M. - NIPI jekologii goroda. 2001. S. 167-171
11. Meshalkin E.A., Firsov A.G. Poroshin A.A. Geofizicheskie faktory i obstanovka s pozharemi v regionah Rossii. //Obespechenie organizacionno-upravlencheskoj dejatel'nosti Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby. - M.:VNIPO.- 2000. - S.22-33.
12. Klimkin V.I., Matjushin A.V., Poroshin A.A. Analiz vlijanija posledstvij pozharov na ustojchivost' social'no-jekonomicheskogo razvitija regionov Rossijskoj Federacii. // Pozharnaja bezopasnost'.- 2012. - №1.- S.74-84.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.117

Комарова Н.А.

Доцент, кандидат географических наук, Северо-Осетинский  
государственный университет им. К.Л. Хетагурова**ЭКОТУРИСТСКАЯ МАРКЕТИНГОВАЯ СТРАТЕГИЯ СЕВЕРО-ОСЕТИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА****Abstract**

*В статье рассматривается маркетинг в туризме как экономическая категория – в чём нуждаются туристы, что им предлагается и пр. Показаны особенности маркетинга в туризме в СОГПЗ как поэтапный процесс, где первые шаги (изучение, инвентаризация объектов осмотра) сделаны задолго до изменений в законе об ООПТ – в 80-е и 90-е годы XX столетия. По оценке спроса на экотуристские программы, где предпочтение отдано посещению карстовых пещер, предложены проект Программы приключенческой экскурсии в Шуби-Ныхасскую пещеру (на 7 часов, с переходом по 3 заповедным участкам – лес, скальный участок, пещера) и примерная калькуляция стоимости этой услуги.*

**Ключевые слова:** маркетинг в туризме, экотехнологии, заповедник, респонденты, ценообразование.

Komarova N.A.

Associate professor, PhD in Geography,  
North Ossetian State University of K.L. Khetagurov, Russia**ECOTOURISTIC MARKETING STRATEGY OF NORTH OSSETIAN NATURE RESERVE****Abstract**

*The paper deals with marketing in tourism as economic category – demand from tourists and what is being supplied. Peculiarities of tourism marketing are shown in North Ossetian Nature Reserve as step-by-step process, where first steps (study, making inventory of the objects) have been done long before changes in law on designated conservation areas, in 1980s-90s. According to evaluation of demand for eco-touristic programs, where preference was given to visiting karst caves, a project of Program of adventurous excursion to Shubi-Nykhas Cave is suggested (for 7 hours, with hiking along territory of the nature reserve – forest, cliff area, cave) with approximate calculation of this service.*

**Keywords:** marketing in tourism, eco-technologies, nature reserve, respondents, pricing.

Согласно «Рекреационной географии» А.Д. Николаенко (2001), активный туризм ориентирован на районы, подлежащие освоению в силу определенных обстоятельств и предпосылок, что в большей степени связано именно с освоением территорий, а не с отдыхом (рекреацией) вообще. Предпосылкой изменения географии рекреационной деятельности в России явились (наряду со сменой общественно-экономической формации в конце XX столетия) изменения и дополнения (последние – от 13.07.15 г.) в Федеральном законе (ФЗ) «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995 г. №33-ФЗ, касающиеся развития туризма на особо охраняемых природных территориях (ООПТ). В настоящее время на территории заповедника ФЗ разрешается: развитие познавательного туризма (статья 9, пункт 2 е), взимание платы с физических лиц за посещение (статья 9, пункт 5), размещение объектов капитального строительства и связанных с ним объектов инфраструктуры – биосферные заповедники (статья 10, пункт 4). В связи с этим возникли новые стандарты и представления о том, как и где следует отдыхать. Сформировались и продолжают формироваться новые туристские потоки.

В этих условиях сохраняет свою актуальность маркетинг в туризме как экономическая категория. Маркетинговая информация дает ответы на вопросы товарного (услуг) и информационного обмена между производителем и потребителем, позволяет сделать вывод о том, в чем нуждаются туристы и что им предлагается. Развитие туризма на ООПТ требует особенно тщательно продуманных маркетинговых шагов – от инвентаризации достопримечательностей и определения категорий посетителей, оценки спроса на экотуристские программы методами опроса и наблюдения, до анализа конкуренции, разработки и продвижения турпродукта, рассчитанного на прием малого числа туристов на специализированных турах (Дурович, 2003; Ледовских и др., 2002; ФЗ, 2015).

Базой развития экологического туризма на 29,5 га заповедных земель Северо-Осетинского государственного природного заповедника (СОГПЗ) является богатство и разнообразие природных объектов в пределах его территории на северном макросклоне Центрального Кавказа.

Научным отделом СОГПЗ первые маркетинговые шаги сделаны задолго до изменений в законе об ООПТ. Изучены растения (Амирханов, 1978; Попов 1986, 1991; Комжа, 1993, 1999; Комжа и др., 1993 а) и животные (Комаров, 1995; Комаров и др., 2000; Вейнберг и др., 2000), исследована Шуби-Ныхаская карстовая пещера (Деревщикова-Комарова и др., 1984). Проведена инвентаризация природных и историко-культурных объектов (Попов, 1994, 2006, 2008). Осуществлен эколого-географический анализ рекреационно-освоенных природных территорий в охранной зоне СОГПЗ с расчетом допустимых нагрузок на разные типы горного леса и луга методом моделирования и др. (Комарова, 2000). В первой половине 2016 г. среди студентов Северо-Осетинского государственного университета им. К.Л. Хетагурова (СОГУ) и других групп населения РСО-А проведен опрос (прямое интервьюирование). Респондентам предлагалось ответить на вопрос – какой (ие) из наиболее значимых природных объектов СОГПЗ (ледники, водопады, сталактитовые пещеры, лесные массивы, озера, гроты, минеральные источники, болота и др. – всего около 99 объектов) в большей степени привлекает (ют) их для посещения и осмотра. 60,8% от общего числа опрошенных (460 чел.) отдали предпочтение карстовым пещерам, 19,5% – ледникам, 15,2% – водопадам, менее 1% – остальным объектам, т. е. интерес направлен больше в сторону экстремального приключенческого туризма. Опрошено больше молодых (от 18 до 22 лет возрастом) людей (65%), поскольку экологический туризм на ООПТ – это перемещение по тропам пересеченной горной местности, что под силу чаще молодым и физически подготовленным людям. Экотропы к водопадам реки Шагацикомдон и Цейскому леднику в СОГПЗ уже открыты для посещения, соответственно в 2012 и 2014 гг. По оценке спроса на наиболее значимые природные объекты разработана Программа природно-познавательной приключенческой экскурсии «Таинственный мир чудес» – по залам и коридорам «Шуби-Ныхаской карстовой полости в урочище «Шуби» Северо-Осетинского заповедника. Программа рассчитана на семь часов.

#### «Таинственный мир чудес»

(целевая категория: россияне, неспециалисты, любители природы)

Увлекательное путешествие в заповедный уголок северо-западной природы Скалистого хребта – через широколиственный лес к урочищу Кройгом и Шуби-Ныхаской пещере. Загадочна природа нижней трети Скалистого хребта в Алагирском ущелье – грабово-буковый лес с примесью липы, ясеня, ильма, одиночными соснами и иногда тисом ягодным на выходах скал, мир певчих птиц, ярких бабочек и таких знакомых и добрых по детским сказкам зверей, как медведь, кабан, косуля, куница. Однако в природе эти звери живут по своим суровым законам и человеку необходимо это помнить.

Вы посетите три разных по своей природе уголков – сначала буковый и молодой ольховый лес по правому борту ущелья (протяженность 1,5 км). После перехода ручья в урочище Кройгом, попадете на скальный участок (протяженностью 0,25 км), над которым выделяются вертикально поставленные пласты известняков – тектонический памятник «Каменная книга», а впереди уже будет просматриваться вход-щель в сталактитовую двухъярусную пещеру (общей длиной более 1 км). Карстовая полость – удивительный природный мир с широкими залами и проходами, сильно наклоненными стенами, обилием сталактито-сталагмитовых образований и «краснокнижными», причудливого вида, летучими мышами (остроухими ночницами, малым и большим подковоносами, серым ушаном и др.).

Знакомство с заповедной природой под руководством сотрудников заповедника, наслаждение горными пейзажами, их фото- и видеосъемка. Благодаря неукоснительному соблюдению экотехнологий («не шуметь» и пр.), Вы можете рассчитывать и на удачный кадр объекта животного мира (Вейнберг и др., 2000; Попов, 2008; Деревщикова-Комарова и др., 1984; Комаров, 1988).

Общая протяженность маршрута 2,75 км.

Оптимальный сезон: вторая половина апреля – начало октября (красивейшие краски осени, перелет птиц).

Уровень сложности. Программа предусматривает несложный пеший переход по первому лесному (1,5 км по ольхово-буковому лесу) отрезку маршрута. Для второго (0,25 км по скальному участку) и особенно третьего (более 1 км по залам и коридорам Шуби-Ныхаской пещеры) участков маршрута нужна незначительная физическая подготовка.

Состав группы: не более 5 человек.

Сообщение (от Центральной усадьбы до моста – 10 км):

- до Центральной усадьбы заповедника (г. Алагир) проезд рейсовым (или личным) автотранспортом.
- от Центральной усадьбы до моста – трансфер (или личный транспорт).

Разное:

- сопровождение группы обеспечивают 2 человека от заповедника, с касками, веревкой, фонарями, свечами, аптечкой, проигрывающим устройством для прослушивания классической музыки;
- каждому экскурсанту выдается каска, фонарь, 2 свечи;
- рюкзаки, продукты, термосы с чаем для обеда и ужина каждый берет себе самостоятельно;
- одежда спортивная, не сковывающая движения, рюкзаки компактные.

В Республике у экопрограмм заповедника конкурентом является только национальный парк «Алания». Здесь также есть ледники, водопады, гроты, но эти объекты не находятся «в шаговой доступности» по оборудованным экотропам, как в заповеднике, и здесь нет подземных полостей. Шуби-Ныхаская двухъярусная пещера – одна из

крупнейших и красивейших из ныне известных в РСО-А. Программа рассчитана и на сторонних гостей Республики, которые привлекаются через рекламу в интернете и публикации.

Стоимость экскурсии рассчитана по логике расчета ценообразования, приведенного у Е.Ю. Ледовских и др. (2002) в условных единицах (у.е.): число часов работы в день умножалось на число дней пребывания на ООПТ (например: 5 час. x 1 дн. = 5 у.е.) с последующим умножением результата на число экскурсантов (например: 5 у.е. x 5 экс. = 25 у.е.) по каждой из позиций таблицы. Плата с каждого участника экскурсии в СОГПЗ составила в итоге 1663 руб. (Табл.). Материальное обеспечение экскурсии (каска, фонари, свечи, веревка, бензин и пр.) осуществляется заповедником и укладывается в сумму 31770 руб. для группы из 7 человек, из которых 2 человека – гиды.

Таким образом:

- Маркетинговый процесс – это оценка спроса на услуги, разработка продукта и его продвижение;
- На ООПТ маркетинг в туризме нашел свое развитие в большей степени после внесения изменений и дополнений в ФЗ «Об ООПТ» от 14.03.1995 г. №33-ФЗ;
- Маркетинговая стратегия на ООПТ процесс пошаговый – от инвентаризации природных и историко-культурных достопримечательностей, оценки спроса целевых категорий посетителей до анализа конкуренции и разработки турпродукта;
- Научным отделом СОГПЗ первые маркетинговые шаги по изучению и инвентаризации объектов осмотра сделаны задолго до изменений в законе об ООПТ – в 80-е – 90-е гг. XX столетия;
- Оценка спроса на экотуристские программы среди разных категорий респондентов показала, что из природных объектов для осмотра предпочтение отдается карстовым пещерам (60,8% – пещеры, 19,5% – ледники, 15,2% – водопады, менее 1% – другие объекты);
- Экскурсия рассчитана на 7 часов с переходом по трем заповедным участкам – буковый лес, скальный участок, залы и коридоры карстовой пещеры.

Таблица – Расчет стоимости природно-познавательной приключенческой экскурсии (у.е.),  
(по Ледовских, Дроздову, Моралевой, 2002)

Название экскурсии – «Таинственный мир чудес»	Гидов				2
Продолжительность: 1 день			Количество клиентов		5
			Клиентов + гидов		7
	В день/час	Дней	Стоимость с участника	Стоимость с группы	Расчет в руб. по курсу дол. на 25.04.16 г. (1 дол. 63 руб)
Аренда автотранспорта из п. 1 в п. 2	2	1	2	14	882
Экскурсия по музею заповедника	1	1	1	5	315
Взнос за посещение заповедника	5	1	5	25	1575
Оплата работы 2-х гидов заповедника	12	1	12	60	3780
Оплата работы организатора экскурсии	2	1	2	10	630
Подитог			<b>22</b>	<b>114</b>	<b>7182</b>
Валовый доход заповеднику (20%)			4,4	22	1386
Цена			<b>26,4 ( у.е.)</b>		1663 руб. (с 1 чел.)

### Литература

1. Амирханов А.М. Растительность Северо-Осетинского государственного заповедника: Автореф. дис. ...канд. биол. Наук. М., 1978. – 19 с.
2. Вейнберг П.И., Комаров Ю.Е., Курятников Н.Н., Липкович А.Д., Алексеев С.К. Класс млекопитающие или Звери // Животный мир Республики Северная Осетия-Алания. – Владикавказ, 2000. – С. 199 –265.
3. Деревщикова-Комарова Н.А., Комаров Ю.Е., Кучиев И.Т., Попов К.П. Шуби-Ныхаская пещера// Пещеры: Типы и методы исследований. 1984. Вып. 19 С. 30–36.
4. Дурович А.П. Маркетинг в туризме: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – Минск: Новое знание, 2003. – 496 с.
5. Комарова Н.А. Эколого-географический анализ состояния рекреационно-освоенных горных территорий (на примере Северной Осетии-Алании): Автореф. дис... канд. геогр. Наук. – М., 2000. – 23 с.
6. Комаров Ю.Е. Эколого-географический анализ авиафауны Республики Северная Осетия-Алания: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1995. – 22 с.
7. Комаров Ю.Е., Липкович А.Д. Класс Птицы // Животный мир Республики Северная Осетия-Алания. – Владикавказ, 2000. – С. 62–198.
8. Комаров Ю.Е. Редкие рукокрылые в Осетии // Ресурсы редких животных РСФСР, их охрана и воспроизводство. – М., 1988. – С. 137 –139.
9. Комжа А.Л. Сосудистые растения Северо-Осетинского заповедника и сопредельных территорий, включенные в Красную книгу РСФСР. Сообщение 1 // Растения Красных книг в заповедниках России. М., 1993. – С. 98–114.

10. Комжа А.Л., Амирханов А.М. Сосудистые растения Северо-Осетинского заповедника и сопредельных территорий, включенные в Красную книгу РСФСР. Сообщение 2. // Растения Красных книг в заповедниках России. – М., 1993 а. – С. 115–122.

11. Комжа А.Л., Попов К.П., Николаев И.А., Каупуш Р.Д., Георгиев А.В. Растения // Красная книга Республики Северная Осетия-Алания: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и животных. – Владикавказ, 1999. – С. 14–138.

12. Ледовских Е.Ю., Дроздов А.В., Моралева Н.В. Маркетинг. Разработка турпродукта, ценообразование, продвижение на туристском рынке // Экотуризм на пути в Россию. Принципы, рекомендации, российский и зарубежный опыт. – Тула: Гриф и К., 2002. – С. 112–134.

13. Николаенко Д.В. Рекреационная география: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Гуманит. изд. Центр ВЛАДОС, 2001. – 288 с.

14. Попов К.П. По тропам родного края. 2-е, доп. изд. – Орджоникидзе: Ир, 1986. – 199 с.

15. Попов К.П. Мир растений Северной Осетии. Владикавказ: Ир, 1991. – 21 с.

16. Попов К.П. Памятники природы Северной Осетии. Владикавказ: Ир, 1994. – 120 с.

17. Попов К.П. Историко-культурное наследие // Тр./ Сев.-Осет. гос. прир. запов. – 2006. – Вып. 1. – С. 101–105.

18. Попов К.П. Алагирское ущелье: Природное и историко-культурное наследие. – Владикавказ: Ир, 2008. – 415 с.

19. Федеральный закон от 14 марта 1995 года № 33–ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» (с изменениями и дополнениями от 30.12.2001 г.; 22.08.2001 г.; 29.12.2004 г.; 09.05.2005 г.; 04.12.2006 г.; 23.03.2006 г.; 10.05.2007 г.; 14 и 23.07.2008 г.; 3 и 30.12.2008 г.; 27.12.2009 г.; 18.07.2011 г.; 21 и 30.11.2011 г.; 25.06.2012 г.; 28.12.2013 г.; 12.03.2014 г.; 23.06.2014 г.; 14.10.2014 г.; 24.11.2014 г.; 31.12.2014 г.; 13.07.2015 г.).

### References

1. Amirhanov A.M. Rastitel'nost' Severo-Osetinskogo gosudarstvennogo zapovednika: Avtoref. dis. ...kand. biol. Nauk. M., 1978. – 19 s.

2. Vejnberg P.I., Komarov Ju.E., Kurjatnikov N.N., Lipkovich A.D., Alekseev S.K. Klass mlekopitajushhie ili Zveri // Zhivotnyj mir Respubliki Severnaja Osetija-Alanija. – Vladikavkaz, 2000. – S. 199–265.

3. Derevshhikova-Komarova N.A., Komarov Ju.E., Kuchiev I.T., Popov K.P. Shubi-Nyhaskaja peshhera// Peshhery: Tipy i metody issledovanij. 1984. Vyp. 19 S. 30–36.

4. Durovich A.P. Marketing v turizme: Ucheb. posobie dlja stud. vyssh. ucheb. zavedenij. – Minsk: Novoe znanie, 2003. – 496 s.

5. Komarova N.A. Jekologo-geograficheskij analiz sostojanija rekreacionno-osvoennyh gornyh territorij (na primere Severnoj Osetii-Alanii): Avtoref. dis... kand. geogr. Nauk. – M., 2000. – 23 s.

6. Komarov Ju.E. Jekologo-geograficheskij analiz aviafauny Respubliki Severnaja Osetija-Alanija: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – M., 1995. – 22 s.

7. Komarov Ju.E., Lipkovich A.D. Klass Pticy // Zhivotnyj mir Respubliki Severnaja Osetija-Alanija. – Vladikavkaz, 2000. – S. 62–198.

8. Komarov Ju.E. Redkie rukokrylye v Osetii // Resursy redkih zhivotnyh RSFSR, ih ohrana i vosproizvodstvo. – M., 1988. – S. 137–139.

9. Komzha A.L. Sosudistye rastenija Severo-Osetinskogo zapovednika i sopredel'nyh territorij, vkljuchennye v Krasnuju knigu RSFSR. Soobshhenie 1 // Rastenija Krasnyh knig v zapovednikah Rossii. M., 1993. – S. 98–114.

10. Komzha A.L., Amirhanov A.M. Sosudistye rastenija Severo-Osetinskogo zapovednika i sopredel'nyh territorij, vkljuchennye v Krasnuju knigu RSFSR. Soobshhenie 2. // Rastenija Krasnyh knig v zapovednikah Rossii. – M., 1993 а. – С. 115–122.

11. Komzha A.L., Popov K.P., Nikolaev I.A., Kaupush R.D., Georgiev A.V. Rastenija // Krasnaja kniga Respubliki Severnaja Osetija-Alanija: Redkie i nahodjashiesja pod ugrozoi ischeznoenija vidy rastenij i zhivotnyh. – Vladikavkaz, 1999. – С. 14–138.

12. Ledovskih E.Ju., Drozdov A.V., Moraleva N.V. Marketing. Razrabotka turprodukta, cenoobrazovanie, prodvizhenie na turistskom rynke // Jekoturizm na puti v Rossiju. Principy, rekomendacii, rossijskij i zarubezhnyj opyt. – Tula: Grif i K., 2002. – С. 112–134.

13. Nikolaenko D.V. Rekreacionnaja geografija: Ucheb. posobie dlja stud.vyssh. ucheb. zavedenij. – M.: Gumanit. izd. Centr VLADOS, 2001. – 288 s.

14. Popov K.P. Po tropam rodnogo kraja. 2-е, dop. izd. – Ordzhonikidze: Ир, 1986. – 199 s.

15. Popov K.P. Mir rastenij Severnoj Osetii. Vladikavkaz: Ир, 1991. – 21 s.

16. Popov K.P. Pamjatniki prirody Severnoj Osetii. Vladikavkaz: Ир, 1994. – 120 s.

17. Popov K.P. Istoriko-kul'turnoe nasledie// Тр./ Сев.-Осет. гос. прир. запов. – 2006. – Вып. 1. – С. 101–105.

18. Popov K.P. Alagirskoe ushel'e: Prirodnoe i istoriko-kul'turnoe nasledie. – Vladikavkaz: Ир, 2008. – 415 s.

19. Federal'nyj zakon ot 14 marta 1995 goda № 33–FZ «Ob osobo ohranjaemyh prirodnyh territorijah» (s izmenenijami i dopolnenijami ot 30.12.2001 g.; 22.08.2001 g.; 29.12.2004 g.; 09.05.2005 g.; 04.12.2006 g.; 23.03.2006 g.; 10.05.2007 g.; 14 i 23.07.2008 g.; 3 i 30.12.2008 g.; 27.12.2009 g.; 18.07.2011 g.; 21 i 30.11.2011 g.; 25.06.2012 g.; 28.12.2013 g.; 12.03.2014 g.; 23.06.2014 g.; 14.10.2014 g.; 24.11.2014 g.; 31.12.2014 g.; 13.07.2015 g.).

**МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ / MEDICINE**

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.216

**Артюхов С.В.**

ORCID: 0000-0001-8249-3790, кандидат медицинских наук

Городская Александровская больница, Санкт-Петербург

**ВОСПАЛИТЕЛЬНЫЕ ОСЛОЖНЕНИЯ ПРИ ОБТУРАЦИОННОЙ КИШЕЧНОЙ НЕПРОХОДИМОСТИ ОБУСЛОВЛЕННОЙ РАКОМ ЛЕВЫХ ОТДЕЛОВ ТОЛСТОЙ КИШКИ***Аннотация*

*На основании ретроспективного и проспективного анализа 2200 случаев острой обтурационной кишечной непроходимости при раке левых отделов ободочной кишки, показаны сочетанные осложнения инфекционно - воспалительного характера, частота их встречаемости и причины, приводящие к возникновению.*

**Ключевые слова:** рак ободочной кишки, непроходимость, осложнения, сепсис.

**Artyukhov S.V.**

ORCID: 0000-0001-8249-3790, MD,

Aleksandrovsky hospital, St. Petersburg

**INFLAMMATORY COMPLICATIONS OF OBSTRUCTIVE ILEUS DUE TO CANCER OF THE LEFT DEPARTMENTS OF THE COLON***Abstract*

*On the basis of the retrospective and prospective analysis of 2200 cases of an acute intestinal obstruction at a cancer of the left departments of a colonic intestine, the combined complications infectious - inflammatory character, the frequency of their occurrence and the reason leading to emergence are shown.*

**Keywords:** cancer of a colonic intestine, obstruction, complications, sepsis.

**Введение.**

В России заболеваемость колоректальным раком неизменно растет [13, 14]. Санкт-Петербург относится к городам, в которых сохраняется один из высоких уровней онкологической заболеваемости в Российской Федерации, что связано в основном со значительным удельным весом лиц пожилого и старческого возраста. Так среди больных раком ободочной кишки 65-75% старше 60 лет [1, 2, 13, 14].

Остается высоким количество впервые диагностированного рака ободочной кишки III-IV стадии, который составляет 81 - 90% всех наблюдений рака толстой кишки, причем на долю III стадии приходится не более 30% [3, 4]. Наиболее частыми сочетанными осложнениями при раках ободочной кишки являются интраабдоминальные абсцессы, перфорации опухоли с развитием перитонита, некроз и перфорация, а так же, диастатические разрывы приводящих отделов ободочной кишки, кровотечение из опухоли [5, 6]. Причиной развития данных осложнений онкологического процесса в ободочной кишке считают несоответствие ангиогенеза скорости роста опухоли, в следствие чего развивается ишемия, некроз и перфорация стенки, как приводящих отделов. Огромную роль играет степень запущенности толстокишечной непроходимости и состоятельность баугиниевой заслонки, когда за короткий промежуток времени происходит быстрое повышение внутрипросветного давления, способствующее нарушению микроциркуляции в кишечной стенке [9, 12].

Согласно данным ВОЗ, частота развития сепсиса достигает 200-275 на 100 тыс. населения в год, а летальность достигает 80% [8]. В его основе лежит генерализованная воспалительная реакция макроорганизма, обусловленная выбросом различных биологически активных веществ в ответ на действие микроорганизмов [9, 10]. Понятие «абдоминальный» сепсис объединяет группу больных, в основе развития сепсиса у которых лежит перитонит. Сам термин «абдоминальный сепсис» является условным, собирательным, подчеркивающим локализацию первичного гнойно-воспалительного процесса в животе. [11]. Кишечник рассматривается как потенциальный источник инфекции или, по крайней мере, как источник, из которого в кровь попадают различные продукты жизнедеятельности бактерий [9, 11]. На сегодняшний день в большинстве крупных многопрофильных центров частота грамположительного и грамотрицательного сепсиса оказалась примерно равной [7, 8, 11].

Сочетание осложненного обтурационной непроходимостью рака ободочной кишки и инфекционно – воспалительных процессов, включая сепсис, представляет собой самостоятельную проблему, которая требует изучения.

**Целью** нашей работы является изучение инфекционно – воспалительных процессов в структуре осложнений острой кишечной непроходимости при раке левых отделов толстой кишки, с целью понимания путей профилактики.

**Материал и методы.**

Проведен анализ лечения 2200 больных раком левой половины толстой кишки, находившихся на лечении в ГБУЗ «Александровская больница» Санкт-Петербурга за период 2003 - 2012 годов. Исследование проводилось по результатам ретроспективного и проспективного анализа. Полученные данные заносились в электронную таблицу, которая в последующем была подвергнута статистическому анализу с использованием программ Statistika for Windows v. 5.11 и Excel 2007.

**Результаты и их обсуждение.**

Всего за указанный период в больницу обратились 2200 больных раком левой половины толстой кишки, осложненной острой кишечной непроходимостью, в возрасте от 26 лет до 91 года. Мужчин было 44,2 %, женщин – 55,8%. До 12 часов с момента развития непроходимости госпитализировано 1,1%, еще 1,9% – от 12 до 24 часов.

По сравнению с 2003 годом, число госпитализированных в стационар больных с диагнозом острой обтурационной кишечной непроходимостью при раке левой половины толстой кишки, выросло к 2012 году на 22%. Это обусловлено

не только абсолютным ростом числа заболевших, но и сокращением коечного фонда хирургических отделений города, а так же снижением числа больных, госпитализируемых по программе ОМС, в федеральные медицинские учреждения города.

По локализации онкологического процесса больные распределились так - у 4,6% больных злокачественная опухоль была в левой трети поперечной ободочной кишки, у 9,8% - в области селезеночного изгиба, у 17,4% - в нисходящей кишке, у 39,5% - в сигмовидной кишке, у 22,7% - в ректосигмоидном отделе и у 6% - в прямой кишке.

Среди заболевших, мужчин было 973 (44,2%), женщин 1127 (55,8%). Пациентов в возрасте до 40 лет было 2,3%, 41 - 60 лет - 22,4%, 61 - 70 лет - 35,2% и старше 70 лет - 40,1%. Всего пациентов старше 60 лет было 75,3%.

Важным фактором результата лечения больных является догоспитальный этап, и в частности, его продолжительность. Особенное значение это имеет у больных пожилого возраста, когда имеется сочетание ряда заболеваний, взаимноотягощающих друг друга. Длительный догоспитальный период влечет за собой усугубление водно-электролитных расстройств, интоксикации, запуск цитокинового каскада [1,9,10]. До 12 часов с момента развития клиники острой кишечной непроходимости были доставлены только 1,1% больных. В период от 12 до 24 часов в стационар доставлены менее 2% пациентов, в течение 24 - 48 часов - 17,6 % больных. Большинство пациентов (70,4%) обратились в течение 48 - 72 часов от момента заболевания, после 72 часов - 9% больных. Таким образом, удельный вес пациентов, поступивших после 48 часов от момента развития острой кишечной непроходимости, в разные годы составлял от 70% до 80%.

Тяжесть состояния только у 21,3% больных была оценена ниже 15 баллов, операционно-анестезиологический риск соответствовало III степени. У 88,7% больных операционно-анестезиологический риск соответствовал IV -V степени. При этом 6% (124 пациента) находились в крайне тяжелом состоянии и они сразу направлялись в блок критических состояний. Тяжесть состояния была обусловлена как запущенностью онкологического процесса, так и степенью тяжести острой кишечной непроходимости.

Чаще всего наблюдалась перфорация опухоли (у 41,9% больных). У каждого третьего больного (30,3%) диагностирован околоопухолевый абсцесс. С примерно одинаковой частотой (12,9-11,6%) наблюдались некроз приводящих отделов, распространенный перитонит без перфорации кишки. Тяжелый сепсис диагностирован у 8,8% больных, в том числе у 1,7% - септический шок. Послеоперационные осложнения после наблюдались у 237 (23,3%) пациентов (всего 318 осложнений). Инфекционно-воспалительные осложнения одиночно или в сочетаниях встречались в 170 случаях. Пневмония выявлена у 49 человек (4,8%), тромбозы в 2,7% случаев (27 пациентов), нагноение послеоперационной раны отмечено у больных (6,8%), эмпиема плевры диагностирована у 4 больных (0,4%). Абсцессы брюшной полости у 21 больного (2,1%) и некроз колостомы у 7 пациентов (0,7%).

Таким образом, различные инфекционно – воспалительные осложнения изолированно или в сочетании встречаются в среднем у каждого пятого больного. Это обусловлено разными причинами – возрастом, сроками поступления, сопутствующими заболеваниями. Наличие факторов риска следует учитывать при составлении плана лечения таких пациентов.

#### ВЫВОДЫ

1. При поступлении больных с острой кишечной непроходимостью следует учитывать возраст, сроки доставки для понимания возможных патогенетических процессов с целью профилактики инфекционно – воспалительных осложнений.

2. Учитывая сочетанность различных осложнений, следует как можно раньше начинать эмпирическую антибактериальную профилактику с переходом в антибактериальную терапию.

3. Пациенты с острой кишечной непроходимостью с сочетанием ряда осложнений и наличием сопутствующих заболеваний, требуют мультидисциплинарного подхода.

#### Литература

1. Абдулаев М.А. Выбор хирургической тактики при острых осложнениях рака ободочной кишки: дис. д-ра мед. наук. СПб, 2007.-250 с.
2. Васильев С.В. Первичное восстановление кишечной непрерывности при осложненных формах рака ободочной и прямой кишки: автореф. дис. д-ра мед. Наук. СПб., 1993. - 34 с.
3. Александров В.Б. Каковы перспективы лапароскопических технологий в лечении рака толстой кишки (опыт 531 операции) // Тез. докл. III Всерос. съезда по эндоскопической хирургии (Москва, 24-25 февраля 2000 г.). С.3.
4. Алиев М.Я. Тактика хирургической детоксикации при лечении больных с острой непроходимостью кишечника опухолевого генеза // Актуальные проблемы современной хирургии: материалы международного хирургического конгресса. М., 2003. - С. 130.
5. Михайлов А.П., Данилов А.М., Игнатенко В.А., Сигуа Б.В., Петров А.С. Острая кишечная непроходимость при колоректальном раке у больных пожилого и старческого возраста // Вестник Российской Военно-медицинской академии.-2008.- №4.
6. Уханов А.П., Игнатьев А.И., Мергенов М.М., Карпеченко М.В. Оперативные вмешательства при обтурационной толстокишечной непроходимости опухолевого происхождения // Вестник Российской Военно-медицинской академии.-2008.- №4.
7. Белобородов В.Б.Сепсис.:М,2000,13 С.
8. Соринсон С.Н. Сепсис (этиология, патогенез, клиника, диагностика, терапия): Краткое справочное руководство.- Нижний Новгород : Изд-во Нижегородской государственной медицинской академии, 2000.-64 с.
9. Сепсис: Клинико-патологические аспекты интенсивной терапии: Рук. для врачей / В.В. мороз, В.Н. Лукач, Е.М. Шифман др. – Петрозавдоск: ИнтелТек, 2004.-291 с.
10. Марусанов В.Е. Интенсивная терапия сепсиса и септического шока на догоспитальном этапе и в стационаре: учебное пособие; изд. 2-е, доп./В.Е. Марусанов, Н.В. Петрова.- СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2013. -36 с.
11. Хирургический сепсис: М.В. Гринев, М.И. Громов, В.Е. Комраков – СПб.-М.:2001.-315 с.



12. Неотложная хирургия рака ободочной кишки. /Пахомова Г.В., Подловченко Т.Г., Утешев Н.С., Селина И.Е., Скворцова А.В.// М.: Миклош, 2009.-96 с.
13. Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой Состояние онкологической помощи населению России в 2014 году. филиал ФГБУ «НМИРЦ» Минздрава– М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – илл. - 236 с. ISBN 978-5-85502-210-0–России, 2015.
14. Орлов Г.М., Мовчан К.Н., Старцев В.Ю., Долгов В.П., Хижа В.В., Иванов Г.Н., Алексеев П.С., Ботян А.Ю., Сеньков Р.Э., Некрасова А.В. Основные медико-статистические показатели оказания онкологической помощи жителям Санкт-Петербурга в 2009-2013 годах. СПб: МИАЦ, 2014. 99 с.

#### References

1. Abdulaev M.A. Vybory hirurgicheskoy taktiki pri ostryykh oslozhneniyyakh raka obodochnoy kishki: dis. d-ra med. nauk. SPb, 2007.-250 s.
2. Vasil'ev S.V. Pervichnoye vosstanovleniye kishhechnoy nepreryvnosti pri oslozhnennykh formakh raka obodochnoy i prjamoj kishki: avtoref. dis. d-ra med. Nauk. SPb., 1993. - 34 s.
3. Aleksandrov V.B. Kakovy perspektivy laparoskopicheskikh tehnologiy v lechenii raka tolstoy kishki (opyt 53 1 operacii) // Tez. dokl. III Vseros. s#ezda po jendoskopicheskoy hirurgii (Moskva, 24-25 fevralja 2000 g.). S.Z.
4. Aliev M.Ja. Taktika hirurgicheskoy detoksikacii pri lechenii bol'nykh s ostroj neprohodimost'ju kishhechnika opuholevogo geneza // Aktual'nye problemy sovremennoj hirurgii: materialy mezhdunarodnogo hirurgicheskogo kongressa. M., 2003. - S. 130.
5. Mihajlov A.P., Danilov A.M., Ignatenko V.A., Sigua B.V., Petrov A.C. Ostraja kishhechnaja neprohodimost' pri kolorektal'nom rake u bol'nykh pozhilogo i starcheskogo vozrasta // Vestnik Rossijskoj Voenno-medicinskoj akademii.-2008.-№4.
6. Uhanov A.P., Ignat'ev A.I., Mergenov M.M., Karpechenko M.V. Operativnye vmeshatel'stva pri obturacii tolstokishhechnoj neprohodimosti opuholevogo proishozhdenija // Vestnik Rossijskoj Voenno-medicinskoj akademii.-2008.-№4.
7. Beloborodov V.B.Sepsis.:M,2000,13 S.
8. Sorinson S.N. Sepsis (jetilogija, patogenez, klinika, diagnostika, terapija): Kratkoe spravocnoe rukovodstvo.- Nizhnij Novgorod : Izd-vo Nizhegorodskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii, 2000.-64 s.
9. Sepsis: Kliniko-patofiziologicheskie aspekty intensivnoj terapii: Ruk. dlja vrachej / V.V. moroz, V.N. Lukach, E.M. Shifman dr. – Petrozavdosk: IntelTek, 2004.-291 s.
10. Marusanov V.E. Intensivnaja terapija sepsisa i septicheskogo shoka na dogospital'nom jetape i v stacionare: uchebnoe posobie; izd. 2-e, dop./V.E. Marusanov, N.V. Petrova.- SPb.: Izd-vo SZGMU im. I.I. Mechnikova, 2013. -36 s.
11. Hirurgicheskij sepsis: M.V. Grinev, M.I. Gromov, V.E. Komrakov – SPb.-M.:2001.-315 s.
12. Neotlozhnaja hirurgija raka obodochnoy kishki. /Pahomova G.V., Podlovchenko T.G., Uteshev N.S., Selina I.E., Skvorcova A.V.// М.: Miklosh, 2009.-96 s.
13. Pod red. A.D. Kaprina, V.V. Starinskogo, G.V. Petrovoj Sostojanie onkologicheskoy pomoshhi naseleniju Rossii v 2014 godu. filial FGBU «NMIRC» Minzdrava– М.: MNIОI im. P.A. Gercena – ill. - 236 s. ISBN 978-5-85502-210-0□Rossii, 2015.
14. Orlov G.M., Movchan K.N., Starcev V.Ju., Dolgov V.P., Hizha V.V., Ivanov G.N., Alekseev P.S., Botjan A.Ju., Sen'kov R.Je., Nekrasova A.V. Osnovnye mediko-statisticheskie pokazateli okazaniya onkologicheskoy pomoshhi zhiteljam Sankt-Peterburga v 2009-2013 godah. SPb: MIAC, 2014. 99 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.210

Иванова Н.В.<sup>1</sup>, Ярошева Н.А.<sup>2</sup>, Ярошева Л.М.<sup>3</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-8321-6111, Доктор медицинских наук,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-1084-5635, Кандидат медицинских наук,

Медицинская академия имени С.И. Георгиевского (структурное подразделение)

ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского» кафедра офтальмологии,

<sup>3</sup>ORCID: 0000-0001-7416-9229, врач-офтальмолог,

ГБУЗ РК «РКБ имени Н.А. Семашко»

**ПАТОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ АНТИЦИТОКИНОВОЙ ТЕРАПИИ ПРИ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ РЕТИНОПАТИИ****Аннотация**

У пациентов с ДР выявленное нарастание синтеза моноклеарными лейкоцитами провоспалительных цитокинов IL-1 $\beta$  и TNF- $\alpha$  по мере нарастания степени тяжести ангиопатии может быть расценено как важная патогенетическая "составляющая" прогрессирования ангиопатии. Существенным механизмом прогрессирования ДР является гипергликемия- и инсулинзависимый лейкоцито(лимфоцито)-опосредованный механизм формирования цитокинового дисбаланса. Установлено, что при ДР существует статистически достоверное влияние флавоноида (кверцетина) на функциональную активность моноклеарных клеток, что позволяет рекомендовать его для лечения ДР.

**Ключевые слова:** диабетическая ретинопатия, флавоноид (кверцетин), цитокины.

Ivanova N.V.<sup>1</sup>, Yarosheva N.A.<sup>2</sup>, Yarosheva L.M.<sup>3</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-8321-6111, MD, <sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-1084-5635, MD,

Medical Academy named after S. I. Georgievsky (structural unit)

Federal state Autonomous educational institution of higher education "CFU named after V. I. Vernadsky", Department of ophthalmology, <sup>3</sup>ORCID: 0000-0001-7416-9229, SBIH RC "RCH named after N. A. Semashko"**PATHOGENETIC SUBSTANTIATION OF ANTI-CYTOKINE THERAPY IN DIABETIC RETINOPATHY****Abstract**

In patients with DR revealed increased synthesis of mononuclear leukocytes of proinflammatory cytokines IL-1 $\beta$  and TNF- $\alpha$  with increasing severity of angiopathy can be regarded as an important pathogenetic element in the progression of angiopathy. A significant mechanism of progression of DR is hyperglycemia and insulin-dependent leukocyte(limfozita)-mediated mechanism of formation of the cytokine imbalance. It is established that at the PD there is statistically significant influence of a flavonoid (quercetin) on functional activity of mononuclear cells that can be recommended for the treatment of PD.

**Keywords:** diabetic retinopathy, a flavonoid (quercetin), cytokines.

Сахарный диабет (СД) и глазные осложнения являются главными медико-социальными проблемами во всем мире, за счет слепоты и инвалидности трудоспособного населения. Снижение качества жизни больных СД, их ранняя инвалидизация и смертность напрямую зависят от развития специфических диабетических макро- и микрососудистых осложнений. В современном учении о микрососудистых осложнениях СД важная роль отводится метаболическим сдвигам и изменениям межклеточных взаимодействий. За регулирование межклеточных взаимодействий отвечает комплекс цитокинов. При первичной иммунной реакции цитокины определяются в небольших количествах. Повышение их уровня в кровяном русле говорит об развивающемся патологическом процессе [1, 2].

Патогенез диабетической ретинопатии (ДР) весьма сложен, однако имеются веские основания полагать, что многие проявления этого заболевания являются следствием нарушения продукции факторов роста.

С начала 1980гг, лазеркоагуляция сетчатки является эффективным и основным методом лечения диабетической ретинопатии, что подтверждается многочисленным количеством исследований за последние 30 лет. Лазеркоагуляция сетчатки направлена на исключение ишемических зон, угнетение и облитерацию новообразованных сосудов, на формирование хориоретинальных сращений, снижающих риск тракционных отслоек. Несмотря на высокую эффективность лазеркоагуляции сетчатки, улучшение зрения наблюдается редко, могут быть и осложнения, приводящие к снижению зрения.

Значимыми клиническими исследованиями была установлена эффективность нормализации артериального давления и компенсации СД, как метода предупреждения возникновения и прогрессирования ДР.

На сегодняшний день не существует установленных рекомендаций по медикаментозной терапии ДР.

В научной литературе прослеживается мнение, что терапия ДР в настоящее время должна помогать лазерному лечению или тормозить изменения, которые связаны с риском снижения зрения.

Обнаружено огромное количество исследований базированных на изучении эффективности различных препаратов у пациентов с ДР, но несмотря на это, проблема лечения ДР остаётся актуальной и требует дальнейшего изучения.

Это наиболее важно у лиц трудоспособного возраста, так как позволит продлить работоспособное время и улучшить качество жизни.

Флавоноиды (кверцетин), принадлежит к полифенольным соединениям которые разрывают свободнорадикальные реакции, модифицируют энергичность ферментов; преобразовывают цитокиновый потенциал. Доказано положительное действие флавоноида на кровоснабжение в сетчатке [5, 8, 12].

Кверцетин защищает ганглиозные клетки и клетки сетчатки от отрицательного действия активных форм

кислорода [7, 9]. Липофлавон – водорастворимая форма кверцетина, включенная в липосому [6].

**Цель** обосновать применение флавоноида (кверцетина) при диабетической ретинопатии.

**Материал и методы исследования.**

Материалом исследования служила сыворотка крови (исследования *in vitro*). Нами обследовано 119 пациентов с ДР, все пациенты были разделены на следующие группы: 1-я группа - 14 пациентов с непролиферативной ДР (НДР), 2-я группа – 39 пациентов с препролиферативной ДР (ППДР), 3-я группа – 42 пациента с пролиферативной ДР (ПДР). Контроль - 24 здоровых донора.

Концентрацию цитокинов определяли иммуноферментным методом. Проводилась серия экспериментов в которых определяли уровень цитокинов без и при добавлении глюкозы, инсулина, липополисахарида (LPS) [10, 13].

**Результаты.** Уровень цитокинов в культуре мононуклеаров пациентов НДР, ППДР, ПДР.

В культуре мононуклеаров пациентов с НДР уровень IL-1 $\beta$  значительно снижен, чем у здоровых. При добавлении глюкозы, IL-1 $\beta$  увеличивается на 34% ( $p < 0,001$ ), а при введении флавоноида – уменьшается на 14% ( $p < 0,01$ ).

IL-1 $\beta$  увеличивается у пациентов ППДР и ПДР, при сравнении с НДР на 96% ( $p < 0,001$ ) и 148% ( $p < 0,001$ ), а при добавлении глюкозы остается неизменным. При длительном СД наблюдается максимальная реализация глюкозостимулированной активности мононуклеаров (*in vivo*), что выражается в отсутствии синтеза IL-1 $\beta$  (*in vitro*). При ППДР и ПДР при добавлении флавоноида, IL-1 $\beta$  уменьшается на 17% ( $p < 0,01$ ) и 9% ( $p < 0,05$ ) – наблюдается снижение синтеза цитокина.

В культуре мононуклеаров ППДР и ПДР IL-4 в 1,6 раз больше ( $p < 0,001$ ), чем при НДР и при добавлении глюкозы и флавоноида не изменяется. При НДР изменения IL-4, с добавлением глюкозы не обнаружено, а флавоноида показатель уменьшается на 9% ( $p < 0,02$ ).

Выявлено, повышение TNF- $\alpha$  на 19-40% ( $p < 0,001$ ) при ППДР и ПДР, в сравнении с НДР. С добавлением глюкозы, увеличение TNF- $\alpha$  выявлено при ППДР на 11% ( $p < 0,05$ ) и ПДР на 14% ( $p < 0,01$ ). При добавлении флавоноида, TNF- $\alpha$  уменьшается на 19% ( $p < 0,001$ ) при НДР, в сравнении с добавлением глюкозы, при ППДР на 23% ( $p < 0,001$ ) и ПДР – 22% ( $p < 0,001$ ).

Следовательно, у пациентов с ДР, под влиянием высокого уровня глюкозы, увеличиваются провоспалительные цитокины (*in loco morbi*), на уровне тканей глаза. Свидетельством этого служит то, что лейкоциты в кровяном русле не выполняют никаких назначений (в крови присутствует до 2%) [3].

При СД, при введении инсулина, увеличивается продукция клетками эндотелия ET-1, vWf, угнетается фибринолитическая активность, что приводит к изменению эндотелия большим образованием фибрина и тромбина, и возникновению условий для агрегации тромбоцитов [4].

При остром воспалении выявлено – цитокины уменьшают активность рецепторов к инсулину и "захват" глюкозы клетками. Установленный механизм находится в основании инсулинорезистентности у пациентов с СД [11].

Полученные данные, являются обоснованием проведения исследований инсулин-зависимой активности мононуклеаров и использования флавоноида для исправления установленных нарушений.

В культуре мононуклеаров при НДР IL-1 $\beta$  с добавлением инсулина и флавоноида кардинально не меняется. При ППДР и ПДР IL-1 $\beta$  увеличивается с добавлением инсулина на 13–15% ( $p < 0,01$ ). При длительном течении СД создается инсулинзависимый механизм формирования цитокинового (IL-1 $\beta$ ) нарушения. При ППДР и ПДР, с введением флавоноида, установлена отмена увеличения IL-1 $\beta$  (на 22–27%,  $p < 0,001$ ).

Изменение IL-4, в культуре мононуклеаров, при добавлении инсулина и флавоноида, не обнаружено.

Изменение TNF- $\alpha$  с добавлением инсулина, не выявлено. При НДР с добавлением флавоноида TNF- $\alpha$  снижается в сравнении с глюкозой на 10%, при ППДР на 12% ( $p < 0,05$ ) и при ПДР на 15% ( $p < 0,01$ ). Инсулинзависимого увеличения TNF- $\alpha$  не обнаружено.

С добавлением инсулина при ППДР и ПДР увеличивается лейкоцито (лимфоцито) – зависимый уровень IL-1 $\beta$ , что расценивается нами как научное подтверждение использования флавоноида для изменения глюкозо-опосредованного и инсулинзависимого дисбаланса цитокинов при ППДР и ПДР.

**Выводы:** Увеличение выработки мононуклеарами IL-1 $\beta$  и TNF- $\alpha$ , при увеличении тяжести ДР, оценивается как значимая "составляющая" ДР.

Гипергликемия – и инсулинзависимый механизм развития дисбаланса цитокинов представляет собой важный механизм развития ДР.

Нами выявлено, что при ДР наблюдается подлинное влияние флавоноида на мононуклеары: при культивировании клеток с добавлением флавоноида IL-1 $\beta$  и TNF- $\alpha$  снижается, что позволяет рекомендовать его для лечения ДР.

#### Литература

1. Акмаев И.Г. Нейроиммунноэндокринные взаимодействия: экспериментальные и клинические аспекты // Сахарный диабет. – 2002. – Вып.1. – С.2-10.
2. Иванова Н.В., Ярошева Н.А. Роль дисбаланса цитокинового гомеостаза в патогенезе диабетической ретинопатии // Офтальмологический журнал. – 2008. - №2. – С.11 – 14.
3. Лебедев К.А., Понякина И.Д. Иммунограмма в клинической практике. – М.: Наука, 1990. – 224 с.
4. Baumgartner-Parzer S.M., Waldhausl W.K. The endothelium as a metabolic and endocrine organ: its relation with insulin resistance // Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes. - 2001. - Vol.109, Suppl 2. - P. 166-179.
5. Bioflavonoids quercetin scavenges superoxide and increases nitric oxide concentration in ischemic-reperfusion injury: an experimental study / I.Huk, V.Brovkovich, I.Nanobashvili et al. // Br. J. Surg. – 1998. – Vol.85, №8. – P. 1080-1085.
6. Complexation of quercetin with three kinds of cyclodextrins: An antioxidant study / C.Janlian, L.Moyano, C.Yanez, C.Olea-Azar // Spectrochim. Acta. A.Mol. Biomol. Spectrosc. - 2006. - Vol. 8. – P.1214-1218.
7. Divergent effects of quercetin conjugates on angiogenesis / S.Donnini, F.Finetti, L.Lusini et al. // Br. J. Nutr. - 2006. - Vol. 95, №5. – P.1016-1023.

8. Effect of ascovertin on morphological changes in rat retina exposed to high-intensity light / S.V.Logvinov, M.B Plotnikov, E.Y.Varakuta, et al. // Bull. Exp. Biol. Med. - 2005. - Vol. 140, № 5. - P.578-581.
9. Kumaraguru U., Davis I., Rouse B.T. Chemokines and ocular pathology caused by corneal infection with herpes simplex virus // J. Neurovirol. - 1999. - Vol. 5. - P.42-47.
10. Moller G., Yammarstrom L., Moller E., Persson U., Smith E. Lymphocyte activation by Concanavalin A // Proceedings of the Fourth European Immunology Meeting. - Budapest, 1978. - P. 178-189.
11. Preadipocytes mediate lipopolysaccharide-induced inflammation and insulin resistance in primary cultures of newly differentiated human adipocytes / S.Chung, K.Lapoint, K.Martinez, et al. // Endocrinology. - 2006. - Vol.147, N.11. - P.5340-51.
12. Quercetin, a flavonoid, inhibits proliferation and increases osteogenic differentiation in human adipose stromal cells / Y.J.Kim, Y.C.Bae, K.T.Suh et al. // Biochem. Pharmacol. - 2006. - Vol. 15, №72(10). - P.1268-1278.
13. Westphal O. Bacterial endotoxins: chemical and clinical aspects / Weinheim. - 1984. - P. 1-10.

#### References

1. Akmaev I. G. Neuroimmunoendocrine interaction: experimental and clinical aspects // diabetes care. - 2002. - Vol.1. - C. 2-10.
2. Ivanova N. In., Yarosheva N. And. Role of imbalance of cytokine homeostasis in the pathogenesis of diabetic retinopathy // Ophthalmology journal. - 2008. - No. 2. - S. 11 - 14.
3. Lebedev K. A., Ponyakina I. D. Immunogram in clinical practice. - M.: Science, 1990. - 224 p.
4. Baumgartner-Parzer S.M., Waldhausl W.K. The endothelium as a metabolic and endocrine organ: its relation with insulin resistance // Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes. - 2001. - Vol.109, Suppl 2. - P. 166-179.
5. Bioflavonoids quercetin scavenges superoxide and increases nitric oxide concentration in ischemic-reperfusion injury: an experimental study / I.Huk, V.Brovkovich, I.Nanobashvili et al. // Br. J. Surg. - 1998. - Vol.85, №8. - P. 1080-1085.
6. Complexation of quercetin with three kinds of cyclodextrins: An antioxidant study / C.Janlian, L.Moyano, C.Yanez, C.Olea-Azar // Spectrochim. Acta. A.Mol. Biomol. Spectrosc. - 2006. - Vol. 8. - P.1214-1218.
7. Divergent effects of quercetin conjugates on angiogenesis / S.Donnini, F.Finetti, L.Lusini et al. // Br. J. Nutr. - 2006. - Vol. 95, №5. - P.1016-1023.
8. Effect of ascovertin on morphological changes in rat retina exposed to high-intensity light / S.V.Logvinov, M.B Plotnikov, E.Y.Varakuta, et al. // Bull. Exp. Biol. Med. - 2005. - Vol. 140, № 5. - P.578-581.
9. Kumaraguru U., Davis I., Rouse B.T. Chemokines and ocular pathology caused by corneal infection with herpes simplex virus // J. Neurovirol. - 1999. - Vol. 5. - P.42-47.
10. Moller G., Yammarstrom L., Moller E., Persson U., Smith E. Lymphocyte activation by Concanavalin A // Proceedings of the Fourth European Immunology Meeting. - Budapest, 1978. - P. 178-189.
11. Preadipocytes mediate lipopolysaccharide-induced inflammation and insulin resistance in primary cultures of newly differentiated human adipocytes / S.Chung, K.Lapoint, K.Martinez, et al. // Endocrinology. - 2006. - Vol.147, N.11. - P.5340-51.
12. Quercetin, a flavonoid, inhibits proliferation and increases osteogenic differentiation in human adipose stromal cells / Y.J.Kim, Y.C.Bae, K.T.Suh et al. // Biochem. Pharmacol. - 2006. - Vol. 15, №72 (10). - P.1268-1278.
13. Westphal O. Bacterial endotoxins: chemical and clinical aspects / Weinheim. - 1984. - P. 1-10.



*Все статьи, опубликованные в «Международном научно-исследовательском журнале», загружаются в РИНЦ.*

**Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)** — библиографическая база данных научных публикаций российских учёных. Для получения необходимых пользователю данных о публикациях и цитируемости статей на основе базы данных РИНЦ разработан аналитический инструмент ScienceIndex.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.002

Крылов Н.Н.

Кафедра хирургии МПФ Первого МГМУ имени И.М.Сеченова

**ХЕМОПРЕВЕНЦИЯ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ****Аннотация**

Хемопрвенция рака молочной железы находится в стадии становления. Однако целый ряд специальных исследований продемонстрировали эффективность предупреждения инвазивной опухоли в группе женщин высокого риска при использовании тамоксифена, ралоксифена и экзаместана. Следует соотносить профилактические достоинства этих препаратов и очевидные риски побочных эффектов. Назначение тамоксифена целесообразно больным, которые уже перенесли операцию удаления матки и яичников. Ралоксифен в дозе 60 мг в день (в течение 5 лет) не провоцирует развитие опухоли матки, хотя его прием сопряжен с риском развития тромбоза и эмболии. Экзаместан в дозе 25 мг в день эффективен в группе высокого риска при постменопаузе, но его назначение сопровождается увеличением частоты приливов и артрита.

**Ключевые слова:** рак молочной железы, хемопрвенция, побочные эффекты.

Krylov N.N.

The Department of Surgery of the Faculty of Medical Prevention  
of the First Moscow State Medical University n. a. I. M. Sechenov**THE HEMOPREVENTION OF BREAST CANCER****Abstract**

Chemoprevention of breast cancer is in the beginning of the way. For women with high-risk degree of the breast cancer tamoxifen, raloxifene and examestan, are highly effective in reducing the risk of subsequent invasive breast cancer. Although there are issues with the current breast cancer chemoprevention agents, such as side effects, costs, and the identification of proper candidates for use, these are not insurmountable barriers, and efforts are under way to address them. The purpose of tamoxifen is advisable to patients who have undergone surgery of removal of uterus and ovaries. Raloxifene at a dose of 60 mg per day (for 5 years) provokes the development of tumors of the uterus, although the technique is associated with risk of thrombosis and embolism. Ackzemestan at a dose of 25 mg per day is effective in high-risk postmenopausal women, but its purpose is accompanied by an increase in the frequency of tides and artiritis.

**Keywords:** breast cancer, chemoprevention, side effects.

**Р**иск развития рака молочной железы (РМЖ) составляет в России 1:8 – 1:12. Резкий скачок роста заболеваемости наблюдают в пременопаузе и, особенно, постменопаузе. Одни факторы риска развития опухоли в этой группе больных можно нивелировать изменением образа жизни (похудание, исключение приема жирных продуктов, отказ от курения и приема алкоголя, дозированная физическая активность), другие (пол, возраст, наследственность) изменить нельзя. Поэтому женщины, относящиеся к группе высокого риска по РМЖ (например, при мутации BRCA1, BRCA2, TP53 или PTEN), могут прямо или косвенно повлиять на частоту его возникновения через процедуры скрининга, путем осуществления приема медикаментозных препаратов или с помощью профилактических хирургических операций. И если в настоящее время накоплен достаточный опыт проведения скрининга и хирургического лечения, то хемопрвенция РМЖ находится в периоде становления. В то же время сама история медицины демонстрирует максимальные достижения именно в профилактике, нежели в лечении уже существующих заболеваний. В качестве примера могут служить достижения кардиологии, они же могут быть использованы и качестве перспективной модели.

W.Hong и M.Sporn (1997) определили хемопрвенцию как использование фармакологических или природных веществ, которые тормозят развитие инвазивного рака, блокируя повреждения ДНК, инициирующие процесс канцерогенеза.

В целях хемопрвенции пытались использовать самые разнообразные лекарственные средства: витамины, каротиноиды, антиоксиданты, аспирин и другие нестероидные противовоспалительные препараты, селективные блокаторы циклооксигеназы -2 и другие.

Однако законченные рандомизированные клинические исследования позволили особо выделить эффективность трех медикаментов, ранее использовавшихся исключительно с целью адъювантной гормонотерапии РМЖ: тамоксифен, ралоксифен и эксеместан. Проведенные испытания позволили установить не только их существенные профилактические свойства, но и установить потенциальную опасность развития побочных эффектов, снижающих прежде всего качество жизни и даже представляющих угрозу для её количества. Следует иметь в виду, что принятие решения о назначении этих препаратов налагает дополнительную ответственность на куратора пациенток, поскольку принимать их должны женщины, как правило, не предъявляющие никаких жалоб, но информированные о вероятном риске развития РМЖ.

Наше внимание привлекли результаты исследований по оценке способности снижать частоту развития РМЖ при профилактическом приеме тамоксифена и ралоксифена (селективные блокаторы рецепторов эстрогена) и эксеместана (ингибитора ароматазы) у больных с относительно высоким риском развития этого заболевания.

**Блокаторы рецепторов эстрогена**

Хотя точные механизмы развития РМЖ полностью не установлены, но известно, что половые гормоны (и, прежде всего, эстроген) играют важную роль канцерогенезе у значительной части больных. Тамоксифен (селективный блокатор рецепторов эстрогена ткани молочной железы) давно используется в качестве «золотого стандарта» адъювантной гормональной терапии у рецептор-позитивных (РЭ+) больных РМЖ, что позволяет добиться снижения частоты развития первичной опухоли противоположной «здоровой» железы, а также улучшить показатели

переживаемости в ближайшие и отдаленные сроки. При приеме препарата в течение 5 лет позитивные эффекты сохраняются в течение 15 лет и, возможно, и более.

Первое исследование протективных свойств тамоксифена было проведено в Северной Америке (NSABP BCPT P-1 начало в 1992 г.) и включало более 13 000 женщин с высоким риском развития РМЖ (возраст более 60 лет или дольковая карцинома *in situ* в анамнезе). Тамоксифен (по 20 мг в день) или плацебо назначали в течение 5 лет. Исследование проводили двойным слепым методом. Из него исключили больных с историей тромбэмболических заболеваний (тромбоз глубоких вен, ТЭЛА), а также получавших гормонотерапию, оральные контрацептивы или андрогены в сроки до 3 месяцев до включения в контрольную группу. Исследование прекращали при развитии инвазивного или неинвазивного РМЖ или другой локализации, при переломе костей на фоне остеопороза или при развитии заболеваний сердца.

Согласно полученным данным NSABP P-1, впервые был продемонстрирован удовлетворительный эффект тамоксифена в качестве средства канцеропревенции: для того, чтобы не допустить один случай РМЖ необходимо, чтобы 47 женщин принимали его в течение 5 лет. Причем эти свойства были напрямую связаны с его способностью влиять на рецепторы эстрогена, поскольку достоверно (на 69%) снизилась частота развития инвазивного рецептор-позитивного (ЭР+) РМЖ и не было выявлено достоверных различий с группой плацебо в частоте развития рецептор-негативного (ЭР-) РМЖ.

Эти свойства тамоксифена сохранялись и относительно небольших по численности группах женщин с мутациями BRCA1 или BRCA 2. Тамоксифен понижал вероятность и первичного (ЭР+) РМЖ, и рака в контрлатеральной «здоровой» железе в среднем на 62%. Установленные протективные свойства тамоксифена обнажили очевидную проблему: как прогнозировать развитие ЭР+ злокачественной опухоли?

Наиболее ярко свойства тамоксифена предупреждать развитие РМЖ были выявлены в наиболее проблемных подгруппах - при наличии гистологически доказанной атипичной гиперплазии и дольковой карциномы *in situ*. У этих женщин частота развития инвазивного РМЖ снизилась соответственно на 86% и 56%, как в пременопаузе, так и в постменопаузе. Кроме того, авторы отметили снижение частоты развития не только инвазивного рака, но и протоковой карциномы *in situ* по сравнению с группой плацебо.

Дизайн схожих по целям итальянского (ITPS) и британского (RMHT) исследований содержал а priori очевидные дефекты: 14% и 41% включенных в них женщин получали гормон-поддерживающую терапию, широкий возрастной диапазон (35-70 лет), наличие женщин с низким риском развития РМЖ, относительно небольшая численность групп наблюдения. По-видимому, этим объясняется тот факт, что в английском исследовании на предварительном этапе (через 8 лет от начала) прозвучало суждение об отсутствии позитивного эффекта приема тамоксифена, которое трансформировали в благоприятное заключение еще через 12 лет наблюдений. Аналогичным образом пришлось продлить и итальянское исследование с 5 до 11 лет; и только после выделения группы риска по РМЖ было установлено профилактическое действие тамоксифена. Кроме того, авторы впервые описали длительное последствие от ранее проведенного приема этого препарата.

NSABP P-1 установило и неблагоприятные эффекты терапии тамоксифеном. Резко увеличивался риск развития рака эндометрия, особенно в постменопаузе после 50 лет; значительно, по сравнению с группой плацебо, возрастал риск ТЭЛА (в три раза) и тромбоза глубоких вен (на 60%), одновременно возрастал риск инсульта и инфаркта миокарда (но статистически недостоверно). Однако в группе женщин, принимавших тамоксифен, на 45% упала частота развития перелома костей на фоне остеопороза.

IBIS I проводили в течение 10 лет в Великобритании, Австралии и Новой Зеландии, оно включало более 7 тысяч женщин и по композиции дизайна напоминало NSABP P-1 (прием тамоксифена по 20 мг и плацебо, двойное слепое, рандомизированное контролируемое исследование). При средних сроках наблюдения 96 мес. авторы получили снижение частоты развития РМЖ на 27%, при доказанном увеличении частоты тромбэмболических осложнений, но статистически недостоверном увеличении риска развития рака эндометрия.

Ралоксифен относится ко второму поколению препаратов селективных блокаторов рецепторов эстрогена. Его применение в качестве неoadъювантного лечения РМЖ показало ограниченную эффективность и было прекращено. В то же время было установлено его позитивное воздействие на метаболизм костной ткани у женщин в постменопаузе, что послужило основанием для специального исследования (MORE). Ралоксифен использовали для предупреждения остеопороза и его последствий в дозе 60 или 120 мг в день в сравнении с плацебо в течение 4 лет. Первичную целью было: оценить его воздействие на частоту остеопоротических переломов и плотность костной ткани. Влияние на частоту развития РМЖ - оказалось вторичной, побочной целью исследования (при этом больных не группировали в зависимости от риска РМЖ).

На фоне приема ралоксифена зарегистрировано достоверное снижение частоты переломов позвоночника (но не других костей скелета), но самое главное - через 4 года на 72% снизилась частота развития РЭ+ инвазивного РМЖ. Этот препарат провоцировал тромбэмболические осложнения как и тамоксифен, но не влиял на частоту развития рака матки. Затем это исследование было трансформировано в двойное слепое на той же группе пациенток (CORE). По прошествии 8 лет авторы констатировали суммарный протективный эффект как редукцию вероятного развития инвазивного РМЖ на 66%. Эти данные позволили рассчитать, что для предупреждения 1 случая инвазивного РМЖ необходимо пролечить в течение 5 лет женщину с остеопорозом в менопаузе. Эти данные свидетельствуют о том, что использование ралоксифена для профилактики РМЖ значительно эффективней, чем применение статинов для профилактики инфаркта миокарда.

Двойное слепое рандомизированное контролируемое исследование NSABP P-2 STAR тестировало сравнительные эффекты тамоксифена (20 мг в день) или ралоксифена (60 мг в день) и включало почти 20 тысяч женщин в постменопаузе. Риск развития РМЖ по данным обследования у них расценивали как 4.03% (при дожитии до 80 лет - 14%). У 7% из них были один или несколько родственников 1-ой степени родства больных РМЖ, у 9% находили при биопсии дольковую карциному *in situ*, у 22% были протоковая и дольковая атипия, доказанная биопсией.

Через 5 лет от начала исследования оказалось, что частота развития инвазивного РМЖ снизилась в среднем на 47%. (составила 4.3 и 4.4 на 1000 соответственно в группе тамоксифена и ралоксифена). Аналогичное заключение получили и для неинвазивного РМЖ (включая протоковый и дольковый рак *in situ*). Частота развития рака эндометрия в группе больных получавших тамоксифен составила 2.0 на 1000 в год, а в группе получавших ралоксифен 1.25 на 1000 в год (разница статистически недостоверна). Не было различий и в частоте развития рака толстой кишки, легких и рака других органов. Не различалась также частота развития инсульта и переломов костей (бедренной, позвоночника, лучевой кости).

В 2010 г. (средние сроки наблюдения составили 81 мес.) выводы остались прежними, причем было установлено не только достоверное снижение частоты рака матки (на 45%) в группе больных получавших ралоксифен, но и отчетливое подавление частоты возникновения гиперплазии эндометрия (на 80%). Этим больным в два раза реже, чем в группе больных получавших тамоксифен, выполняли гистерэктомию и на 50% реже – аднексэктомию. Частота смертельных исходов и причин смерти в обеих группах существенно не различались [14,15]. Новых данных относительно протективных свойств ралоксифена у больных наследственным РМЖ с мутацией BRCA1 или BRCA2 получено не было.

Таким образом, применение ралоксифена, как и применение других препаратов второго поколения (лазофоксифена и арзоксифена) убедило в надежности протективных свойств лекарственных средств этого механизма действия по отношению РЭ+ инвазивного РМЖ. Однако спектр вероятных побочных эффектов у них оказался мало отличим.

Неравнозначный спектр негативных последствий приема тамоксифена и ралоксифена в настоящее время объясняют тем, что эти препараты воздействуют на эстрогеновые рецепторы скорее как селективные модуляторы: при этом они могут выступать и качестве антагонистов, и как агонистов, оказывая ингибирующее или активизирующее воздействие в зависимости от точки приложения. На ткань молочной железы они оба воздействуют как блокаторы рецепторов эстрогена, подавляя процессы пролиферации (фармакологические основы канцеропревенции). В то же время на другие органы они могут оказывать стимулирующие эффекты. Так тамоксифен стимулирует пролиферацию эндометрия, провоцируя появление вагинальных кровотечений, развитие гиперплазии эндометрия, полипов и его рака. Кроме того, тамоксифен вмешивается в функцию «гипоталамо-гипофизарной оси», стимулируя выделение лютеинизирующего и фолликулостимулирующего гормонов, что приводит в конечном итоге к формированию кист яичника. Для ралоксифена не свойственно оказывать влияние на рецепторы матки, влагалища и яичников, что объясняет меньшую частоту побочных эффектов на фоне его приема.

Следовательно, хотя препараты этой группы и показали близкие по эффективности возможности канцеропревенции. В то же время вероятное развитие побочных эффектов после приема тамоксифена ограничивает сферу его применения. С позиций здравого смысла назначение тамоксифена целесообразно больным, которые уже перенесли операцию удаления матки и яичников.

#### Ингибиторы ароматазы

В постменопаузе ароматаза активизирует трансформацию андрогенов в эстрогены в экстрагонадных тканях. Увеличение активности ароматазы в ткани молочной железы сопряжено с увеличением вероятности развития РМЖ. Назначение ингибиторов ароматазы третьего поколения в качестве адъювантной гормонотерапии при рецептор-позитивном РМЖ в менопаузе снижает риск развития злокачественной опухоли в «здоровой» железе на 35-50%. Эти особенности действия блокаторов ароматазы, по-видимому, могут давать преимущество перед тамоксифеном, но уже в качестве препаратов для хемотерапии.

Для изучения этой гипотезы проводили рандомизированное, двойное слепое, плацебо-контролируемое исследование с изучением эффектов анасторозола (1 мг в день) у 6 000 женщин Великобритании (IBIS II) и экзаместана (25 мг в день) у 4 560 женщин в Канаде (MAP-3) в течение 5 лет. В группу наблюдения включили больных старше 60 лет с верифицированным диагнозом атипичической дольковой или протоковой гиперплазии молочной железы или рак *in situ*. При среднем сроке наблюдения за больными 35 месяцев установлено, что назначение блокатора ароматазы привело к снижению частоты развития инвазивного РМЖ почти в три раза (0.19% - по сравнению с группой плацебо 0.55%). Эти исследования позволили рассчитать, что назначение экзаместана в течение 3 лет у 94 женщин позволяет предупредить 1 случай РМЖ. Прием экзаместана, в отличие от приема тамоксифена, не сопровождался увеличением вероятности развития рака другой локализации и сердечно-сосудистых заболеваний (1.9% и 1.7%, а также 4.7% и 4.9% в основной и контрольной группах соответственно). На фоне экзаместана частота развития у больных приливов, общей слабости, бессонницы, диареи, тошноты и артрита достоверно не различалась от соответствующих показателей при приеме плацебо.

#### Закключение

РМЖ – самая распространенная злокачественная опухоль у женщин. Ранняя диагностика и скрининг требуют широкого применения компетентного самообследования и регулярной маммографии. Но эти методы нацелены прежде всего на выявление начальных форм опухоли, но не на диагностику предраковых изменений и, поэтому, не могут быть охарактеризованы как полноценные меры профилактики.

Детальное изучение клинических данных пациенток (срок менархе и менопаузы, количество беременностей, возраст первых родов, анамнез доброкачественных заболеваний молочной железы, прием гормональных препаратов, индекс массы тела, наследственность) позволяют идентифицировать пациенток высокой и малой группы риска по РМЖ с помощью надежных математических моделей. Пациентки, включенные в высокую группу риска, нуждаются в надежном скрининге, канцерохемотерапии или, даже, - профилактической мастэктомии (прежде всего - при наследственной форме РМЖ).

Клинические исследования модуляторов рецепторов эстрогена (тамоксифена, ралоксифена) и ингибиторов ароматазы (экзаместана) убедительно продемонстрировали с позиций доказательной медицины, что эти препараты могут достоверно снизить вероятность развития инвазивного РМЖ в группе женщин высокого риска.

Тамоксифен в дозе 20 мг в день (в течение 5 лет) снижает частоту РЭ+позитивного РМЖ у женщин высокого риска в пре- и постменопаузе, однако провоцирует развитие рака эндометрия и тромбэмболических осложнений. Ралоксифен в дозе 60 мг в день (в течение 5 лет) имеет столь же высокий профилактический эффект, как и тамоксифен, но в отличие от него, не провоцирует развитие опухоли матки, хотя его прием сопряжен с риском развития тромбоза и эмболии. Экзаместан в дозе 25 мг в день эффективен в группе высокого риска при постменопаузе, но его назначение сопровождается увеличением частоты приливов и артрита.

Таким образом, хемоканцеропревенция РМЖ сегодняшнего дня дает реальный результат, превосходящий возможности плацебо, но далека от абсолюта. Профилактика вероятного, но пока не существующего злокачественного заболевания, сопряжена с инициацией опухоли другой локализации и другими опасными осложнениями гормонотерапии. Поэтому прежде, чем приступить к реализации программы канцеропревенции, следует проинформировать больных о достоинствах и возможных негативных последствиях длительного приема лекарственных препаратов, поскольку, как правило, большинство женщин исходно не имеют никаких жалоб.

#### Литература

1. Cuzick J, Forbes JF, Sestak I et al. Long-term results of tamoxifen prophylaxis for breast cancer – 96-month follow-up of the randomized IBIS-I trial. *J. Natl Cancer Inst.* 2007,99, 272–282.
2. Cuzick J, DeCensi A, Arun B et al. Preventive therapy for breast cancer: a consensus statement. *Lancet Oncol.* 2011,12(5), 496–503.
3. Fisher B, Costantino JP, Wickerham DL et al. Tamoxifen for the prevention of breast cancer: report of the National Surgical Adjuvant Breast and Bowel Project P-1 study. *J. Natl Cancer Inst.* 1998,90, 1371–1378.
4. Goss PE, Ingle JN, Alés-Martínez JE et al. Exemestane for breast cancer prevention in postmenopausal women. *N. Engl. J. Med.* 2011, 364, 2381–239
5. Martino S, Cauley JA, Barrett-Connor E et al. Continuing Outcomes Relevant to Evista: breast cancer incidence in postmenopausal osteoporotic women in a randomized trial of raloxifene. *J. Natl Cancer Inst.* 2004,96, 1751–1761.
6. Powles TJ, Ashley S, Tidy A et al. Twenty-year follow-up of the Royal Marsden randomized, double-blinded tamoxifen breast cancer prevention trial. *J. Natl Cancer Inst.* 2007, 99(4), 283–290.
7. Sakorafas GH, Krespis E, Pavlakis G. Risk estimation for breast cancer development; a clinical perspective. *Surg Oncol.* 2002;10:183-192.
8. Veronesi U, Maisonneuve P, Rotmensz N et al. Tamoxifen for the prevention of breast cancer: late results of the Italian Randomized Tamoxifen Prevention trial among women with hysterectomy. *J. Clin. Oncol.* 2011, 29(17), 2327–2333.
9. Vogel VG, Costantino JP, Wickerham DL et al. Effects of tamoxifen vs raloxifene on the risk of developing invasive breast cancer and other disease outcomes: the NSABP Study of Tamoxifen and Raloxifene (STAR) P-2 trial. *JAMA* 2006, 295, 2727–2741.
10. Vogel VG, Costantino JP, Wickerham DL et al. Update of the National Surgical Adjuvant Breast and Bowel Project Study of Tamoxifen and Raloxifene (STAR) P-2 trial: preventing breast cancer. *Cancer Prev. Res.* 2010, 3(6), 696–706.
11. Wickerham DL. Breast cancer chemoprevention: progress and controversy. *Surg. Oncol. Clin. N. Am.* 2010,19(3), 463–473



DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.153

Кувакова А.Р.<sup>1</sup>, Гусарова Е.Э.<sup>2</sup>, Федюнина П.С.<sup>3</sup>, Деннер В.А.<sup>4</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-6153-5138, Аспирант,<sup>2</sup>Студент 5 курса педиатрического факультета,<sup>3</sup>Студент 4 курса педиатрического факультета, <sup>4</sup>Студент 4 курса педиатрического факультета,

Оренбургский государственный Медицинский Университет

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОРЦА ПТИЧЬЕГО В ПРОФИЛАКТИКЕ, ЛЕЧЕНИИ И РЕАБИЛИТАЦИИ РАКА****Аннотация**

В статье представлены результаты исследования низкомолекулярного комплекса антиоксидантов и микроэлементов в корма (трава) горец птичий, выращенного на Южном Урале, в Оренбургской области. Доказано, что указанное сырье характеризуется высоким содержанием питательных микроэлементов, которые рекомендуются для лечения, реабилитации и профилактики онкологических больных.

**Ключевые слова:** горец птичий, растения, антиоксиданты, микроэлементы.

Kuvakova A.R.<sup>1</sup>, Gusarova C.E.<sup>2</sup>, Fedyunina P.S.<sup>3</sup>, Denner V.A.<sup>4</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-6153-5138, postgraduate, <sup>2</sup>Student, 5 year, pediatric faculty, <sup>3</sup>Student, 4th year,Department of Pediatrics, <sup>4</sup>Student 4 course of pediatric faculty, OrGMU**USING KNOTWEED PREVENTION, TREATMENT AND REHABILITATION WITH CANCER****Abstract**

The article presents the results of a study of low-molecular complex of antioxidants and trace elements in the feed (grass) *Polygonum aviculare* L., grown in the Southern Urals, in the Orenburg region. It is proved that said feedstock is characterized by a high content of micronutrients that are recommended for the treatment, rehabilitation and prevention of cancer patients.

**Keywords:** polygonum aviculare, herbs, anti-oxidants, minerals.

**Введение**

В настоящее время важнейшей проблемой в медицине являются онкологические заболевания. В России количество злокачественных новообразований растет с каждым годом, и Оренбургская область не является исключением. С каждым годом прирост онкологических больных в области увеличивается примерно на 1,9%. Лечение, реабилитация и профилактика онкологических заболеваний постоянно совершенствуются, поэтому цель нашего исследования – рассмотреть лекарственные растения пригодные для длительного комплексного лечения, реабилитации и профилактики онкобольных.

**Материалы и методы:**

Спорыш или Горец птичий *Polygonum aviculare* L. (сем. Polygonaceae Juss.) или «травка - муравка» – однолетнее стелющееся травянистое растение высотой 15-50 см, произрастающее в основном в северном полушарии. В России встречается в европейской части, в Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке [6]. В Оренбуржье данный вид растения распространен повсеместно на лугах и полях, вдоль дорог и по выгонам, на приречных песках, отмелях, возле жилищ. Часто образует густые заросли (куртины). Местами обилие его достигает 2-5 баллов, что говорит о высокой степени участия в формировании фитоценозов [5, 11].

Стебли лежачие, ветвистые, узловатые, имеют в основании каждого листа белое перепончатое влагалище, охватывающее нижнюю часть междоузлия – раструб. Листья мелкие, эллиптические или линейно-ланцетные, заостренные или тупые, почти сидячие, очередные. Цветки мелкие беловатые, реже розоватые, в пазухах мелких листочков. Плод – трехгранная семянка. Цветет с мая по октябрь [6].

Известное лекарственное растение, применяется в РФ и за рубежом в официальной и народной медицине [7, 8]. Настой травы применяется в научной медицине в качестве противовоспалительного, способствующего отхождению конкрементов средства, при камнях в почках и мочевом пузыре [9]. В народной медицине применяется в качестве мочегонного, вяжущего, противовоспалительного, кровоостанавливающего средства [8]. Настои используются также как общеукрепляющее и тонизирующее средство [6].

В сырье горца птичьего отмечались флавонолы, силикаты (0,25%), танины (4 %), смолы, воск, слизи, жиры, сахара, соединения кремниевой кислоты. В разные годы в сырье спорыша были обнаружены: флавоноловый гликозид авикулярин (33-L-арабинозид кверцетина), кверцитрин (3-L-рамнозид кверцетина), кверцетин, гиперозид (3-D-галактозид кверцетина), два гликозида кемпферола (3-арабинозид кемпферола), гиперозид, 3-галактозид рамнетина, 7-гликозид апигенина, флавоон лютеолин и С-гликозиды (витексин и изовитексин) [10].

Исследованию подвергались надземные органы растений спорыша (трава), собранные в фазу цветения в Оренбургской области в 2013-2015 гг.

Определение наличия и содержания алкалоидов, флавоноидов, дубильных веществ, сапонинов, кумаринов и иридоидов проводили методами принятыми Всероссийским Институтом Лекарственных Растений (ВИЛР) и Институтом биохимии растений РАН [5]. Определение содержания микроэлементов проводилось на базе межкафедральной лаборатории Оренбургского государственного аграрного университета методом атомной абсорбционной спектроскопии.

**Результаты и обсуждение**

В изучаемых растениях, собранных в окрестностях поселка, было определено содержание микроэлементов, при этом три из них характеризовались повышенным уровнем содержания по сравнению с техногенным участком: кобальт (3,015 мг/кг), железо (6,601 мг/кг) и магний (2,012 мг/кг) (табл. 1).

Исследуемые микроэлементы входят в состав рекомендуемых ортомолекулярных субстанций на этапе противорецидивной реабилитации и восполнения дефицита нутриентов у больных раком. Железо (5-15 мг/сут) – составная часть антиоксидантных ферментов, оптимизирует иммунную защиту. Цинк (50-100 мг/сут) – составная

часть многих антиоксидантных ферментов, оптимизирует иммунную защиту. При дефиците цинка увеличивает риск рака, особенно простаты и пищевода. Марганец (2-5 мг/сут) – составная часть антиоксидантных ферментов, оптимизирует иммунную защиту. Медь (0,5-4 мг/сут) – составная часть антиоксидантных ферментов, оптимизирует иммунную защиту. Магний (400 мг/сут) участвует в формировании иммунной защиты [2, 3].

Литературные данные о роли антиоксидантов в реабилитации онкологических больных, указывают на необходимость использования веществ с антиоксидантной активностью: витаминов А, С, Е, β-каротина, флавоноидов, фенолокислот и других соединений, так как они инактивируют свободные радикалы, и таким образом, защищают от повреждения иммунокомпетентные и гемопоэтические клетки [1, 4].

Образцы спорыша, собранные вблизи промышленного предприятия, характеризовались некоторым увеличением содержания цинка (4,617 мг/кг), меди (0,485 мг/кг) и марганца (0,453 мг/кг) по сравнению с образцами в окрестностях поселка (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание микроэлементов в *Polygonum aviculare* (мг/кг сух. сырья)

мг/кг	Zn	Cu	Mn	Co	Fe	Mg
Окрестности п. Бурлыкский Оренбургской области	3,015	0,476	0,32	0,114	6,601	2,012
Проселочная дорога вблизи промышленного предприятия	4,617	0,485	0,453	0,08	5,427	1,338

В результате фитохимического исследования в траве *Polygonum aviculare*, собранном в Оренбургской области, выявлено значительное количество флавоноидов (табл. 2). В образцах горца, собранных вблизи проселочной дороги и промышленного предприятия, содержание флавоноидов составило  $2,15 \pm 0,07\%$ , в окрестностях поселка Бурлыкский –  $1,94 \pm 0,05$  (табл. 2). Содержание танидов в сырье горца птичьего, собранного рядом с поселком Бурлыкский, составляет  $3,26 \pm 0,10\%$ , что на 0,28% превышает содержание дубильных веществ в исследуемом материале вблизи промышленного предприятия (табл. 2).

Таблица 2 – Содержание низкомолекулярных антиоксидантов в сырье *Polygonum aviculare*

Вещество	Окрестности п. Бурлыкский	Проселочная дорога вблизи промышленного предприятия	Окрестности п. Бурлыкский	Проселочная дорога вблизи промышленного предприятия
	Содержание в свежих листьях		Содержание в сухих листьях	
Аскорбиновая кислота (мг%)	$3,4 \pm 0,1$	$2,9 \pm 0,1$	$9,0 \pm 0,1$	$7,1 \pm 0,1$
Флавоноиды (мг%)	-	-	$1,94 \pm 0,05$	$2,15 \pm 0,07$
Таниды (%)	-	-	$3,26 \pm 0,10$	$2,98 \pm 0,09$

Чай из ЛРС спорыша содержит значительные количества флавоноидов, танидов, которые с адаптогенной целью рекомендуются перед операцией, для повышения устойчивости к химиотерапии и радиотерапии, а также на противорецидивном этапе реабилитации [4, 8].

В противорецидивном этапе заместительной терапии (реабилитации) онкологических больных большое значение придается использованию витаминов с антиоксидантной активностью, инактивирующих свободные радикалы и тем самым защищающие от повреждения иммунокомпетентные и гемопоэтические клетки, гепатоциты, и, кроме того, способствующие нейтрализации некротизированных клеток [2].

Витамин С – антиоксидант, снижающий риск рака желудка, стимулирующий иммунную систему и повышающий иммунную защиту [1]. Содержание аскорбиновой кислоты в лекарственном растительном сырье *Polygonum aviculare*, собранном в окрестностях поселка Бурлыкский составляет в свежих листьях спорыша –  $3,4 \pm 0,1\%$ , в сухих –  $9,0 \pm 0,1\%$ . Вблизи проселочных дорог содержание аскорбиновой кислоты в свежих листьях составляет  $2,9 \pm 0,1\%$ , в сухих –  $7,1 \pm 0,1\%$  (табл. 2).

Таким образом, сырье (травы) *Polygonum aviculare* характеризуется высоким содержанием низкомолекулярных водорастворимых антиоксидантов, что позволяет рекомендовать его для дальнейших фармакологических испытаний с целью усовершенствования имеющихся и разработки новых схем лечения, реабилитации и профилактики онкологических заболеваний. Так как известно, что обнаруженные вещества оказывают противовоспалительный эффект, способствуют улучшению микроциркуляции, рассасыванию микротромбов при образовании инфильтрата вокруг раковых клеток на ранней стадии образования опухоли [3]. Возрастающий риск заболеваний раком в течение жизни обусловлен, главным образом, антиоксидантной недостаточностью и неспособностью иммунной системы элиминировать патологические измененные клетки.

Поскольку КХТ и ЛТ необходимы для лечения онкологических больных, то следует упомянуть, что фитопрепараты оказывают защитное действие для здоровых клеток, снижая риск повреждения химиопрепаратами и рентгеновскими лучами, а также уменьшая риск кровотечения, нагноения, тромбоза, пневмонии, расхождения швов и других осложнений в послеоперационном периоде [7].

При перерывах КХТ и ЛТ, вызванных тяжелыми осложнениями, на фоне лечения активными иммуномодуляторами ряд авторов рекомендует лекарственные растения: тысячелистник, спорыш, зверобой, подорожник, календула, ромашка, душица, донник лекарственный, лопух, герань луговая, медуница, плоды шиповника [6].

Наряду с системными осложнениями, КХТ и ЛТ наиболее часто вызывают повреждение органов выделения (печень, почки, кожа) и накопление химических препаратов. При этом показаны растения и сборы из них, оказывающие гепатопротекторное, нефропротекторное, антиоксидантное и общеукрепляющее действие [5].

#### Литература

1. Nemereshina, O. N., Tinkov, A. A., Gritsenko, V. A., Nikonorov, A. A. Influence of Plantaginaceae species on E. coli K12 growth in vitro: Possible relation to phytochemical properties. // *Pharmaceutical biology*. 2015. – 53(5). – P. 715-724.
2. Tinkov A. A. et al. Alteration of local adipose tissue trace element homeostasis as a possible mechanism of obesity-related insulin resistance. // *Medical hypotheses*. – 2015. – v. 85. – №. 3. – P. 343-347.
3. Tinkov A. A. et al. Plantago maxima leaves extract inhibits adipogenic action of a high-fat diet in female Wistar rats / A.A. Tinkov, , O. N. Nemereshina, E.V. Popova, V.S. Polyakova, V.A.Gritsenko, A.A Nikonorov. // *European journal of nutrition*. – 2014. – v. 53. – №. 3. – P. 831-842.
4. Верниковская Н. А., Темердашев З. А. Идентификация и хроматографическое определение фенольных соединений в тысячелистнике обыкновенном // *Аналитика и контроль*. – 2012. – Т. 16. – №. 2. – С. 188-195.
5. Гусев Н. Ф. Биологические особенности и перспективы использования растений рода Veronica L.(сем.. Scrophulariaceae Juss.) лесостепного и степного Предуралья // *дисс. докт. биол. наук. Оренбург.-2010*.
6. Гусев Н. Ф., Петрова Г. В., Немерешина О. Н. Лекарственные растения Оренбуржья (ресурсы, выращивание и использование) // *Оренбург: Издательский центр ОГАУ*. – 2007. – Т. 332.
7. Мانتатов В. В., Башелханов И. С. Исследование фармакотерапевтической эффективности экстракта горца птичьего при экспериментальном хроническом простатите // *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН*. – 2011. – №. 4-2.
8. Махлаюк В. П. Лекарственные растения // М: Нива России. – 1992.
9. Машковский М. Д. Лекарственные средства, ч. 2, Медиг цина // *Москва*. – 1993. – С. 546.
10. Немерешина О. Н. Биоэкологические особенности растительного покрова степного Предуралья в зоне влияния выбросов газоперерабатывающего предприятия // *Дисс. кан. биол. наук. Оренбург*. – 2001. – 252 с.
11. Хлебников А. В., Олешко Г. И., Гусев Н. Ф. Запасы сырья лекарственных растений в западных и северо-западных районах Оренбургской области // *Растительные ресурсы*. – 1989. – Т. 25. – №. 2. – С. 180-186.

#### References

1. Nemereshina, O. N., Tinkov, A. A., Gritsenko, V. A., Nikonorov, A. A. Influence of Plantaginaceae species on E. coli K12 growth in vitro: Possible relation to phytochemical properties. // *Pharmaceutical biology*. 2015. – 53(5). – P. 715-724.
2. Tinkov A. A. et al. Alteration of local adipose tissue trace element homeostasis as a possible mechanism of obesity-related insulin resistance. // *Medical hypotheses*. – 2015. – v. 85. – №. 3. – P. 343-347.
3. Tinkov A. A. et al. Plantago maxima leaves extract inhibits adipogenic action of a high-fat diet in female Wistar rats / A.A. Tinkov, , O. N. Nemereshina, E.V. Popova, V.S. Polyakova, V.A.Gritsenko, A.A Nikonorov. // *European journal of nutrition*. – 2014. – v. 53. – №. 3. – P. 831-842.
4. Vernikovskaja N. A., Temerdashev Z. A. Identifikacija i hromatograficheskoe opredelenie fenol'nyh soedinenij v tysjachelistnike obyknovenom // *Analitika i kontrol'*. – 2012. – Т. 16. – №. 2. – S. 188-195.
5. Gusev N. F. Biologicheskie osobennosti i perspektivy ispol'zovanija rastenij roda Veronica L.(sem.. Scrophulariaceae Juss.) lesostepnogo i stepnogo Predural'ja // *diss. dokt. biol. nauk. Orenburg.-2010*.
6. Gusev N. F., Petrova G. V., Nemereshina O. N. Lekarstvennye rastenija Orenburzh'ja (resursy, vyrashhivanie i ispol'zovanie) // *Orenburg: Izdatel'skij centr OGAU*. – 2007. – Т. 332.
7. Mantatov V. V., Bashelhanov I. S. Issledovanie farmakoterapevticheskoy jeffektivnosti jekstrakta gorca ptich'ego pri jeksperimental'nom hronicheskom prostatite // *Bjulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo centra SO RAMN*. – 2011. – №. 4-2.
8. Mahlajuk V. P. Lekarstvennye rastenija // М: Niva Rossii. – 1992.
9. Mashkovskij M. D. Lekarstvennye sredstva, ch. 2, Medir cina // *Moskva*. – 1993. – S. 546.
10. Nemereshina O. N. Biojekologicheskie osobennosti rastitel'nogo pokrova stepnogo Predural'ja v zone vlijaniya vybrosov gazopererabatyvajushhego predpriyatija // *Diss. kan. biol. nauk. Orenburg*. – 2001. – 252 s.
11. Hlebnikov A. V., Oleshko G. I., Gusev N. F. Zapasy syr'ja lekarstvennyh rastenij v zapadnyh i severo-zapadnyh rajonah Orenburgskoj oblasti // *Rastitel'nye resursy*. – 1989. – Т. 25. – №. 2. – S. 180-186.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.222

Лопатина А.Б.

Кандидат педагогических наук,

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

### СТАДИИ ПРОЦЕССОВ АДАПТАЦИИ

#### Аннотация

*Работа описывает этапы адаптации и их переходные процессы от срочной адаптации к долговременной. Обеспечение этого перехода осуществляется при участии генетических структур, которые и формируют образование структурного следа адаптации. Запуск адаптационных процессов начинается при действии фактора физической нагрузки. Обеспечение адаптационных процессов происходит при участии нейрогуморального звена, в частности гормонов тестостерона и кортизола, представителей трофотропной и эрготропной систем.*

**Ключевые слова:** адаптация, этапы, гормоны.

Lopatina A.B.

PhD in Pedagogy,

Perm National Research Polytechnic University

### STAGE ADAPTATION PROCESS

#### Abstract

*The work describes the stages of adaptation and transition processes of adaptation to longterm. Ensuring this transition is carried out with the participation of the genetic structures that shape the formation of structural adaptation trace. Starting the process of adaptation begins under the influence of the factor of physical activity. Ensuring adaptation process occurs with the participation of neurohumoral level, in particular hormones testosterone and cortisol, representatives trofotropic and ergotropic systems.*

**Keywords:** adaptation, stages, hormones.

Статья изъята

Статья изъята

---

**DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.223**

**Лопатина А.Б.**

Кандидат педагогических наук,

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

**ЭТАПЫ АДАПТАЦИОННЫХ РЕАКЦИЙ**

***Аннотация***

*Работа освещает вопросы становление долговременной адаптации через прохождение этапа срочной адаптации. Формирование системного структурного следа происходит через преобразование определенных генетических структур, ответственных за функции, которые необходимы для реализации приспособительного ответа, который с инициирован действием стрессора, запускающего цепь метаболических преобразований, направленных на достижение конечного приспособительного результата, что формирует долговременную адаптацию.*

**Ключевые слова:** адаптация, этапы, гормоны.

**Lopatina A.B.**

PhD in Pedagogy,

Perm National Research Polytechnic University

**STAGES OF ADAPTATION REACTIONS**

***Abstract***

*The work covers the issues through the establishment of long-term adaptation of the passage of urgent adaptation phase. Formation of the system structural trace occurs through the transformation of certain genetic structures responsible for functions that are necessary for the implementation of adaptive response, which was initiated by the action of the stressor, triggering a chain of metabolic transformations, aimed at achieving a final adaptive outcome that generates long-term adaptation.*

**Keywords:** adaptation, stages, hormones.

Статья изъята

Статья изъята

Статья изъята

---

**DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.224**

**Лопатина А.Б.**

Кандидат педагогических наук,

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

**МЕХАНИЗМЫ СТАНОВЛЕНИЯ АДАПТАЦИИ**

**Аннотация**

*Данная публикация посвящена описанию стандартных преобразований, позволяющих осуществить переход от срочной адаптации к долговременной. Механизмы этого перехода затрагивают и вовлекают в процесс огромное количество структур. Зачастую, одни и те же структуры, входят в состав различных систем, служащих достижению одной и той же цели – формированию адаптационного защитно – приспособительного результата, служащего целью становления оптимального функционирования организма в условиях стрессовой среды.*

**Ключевые слова:** адаптация, стадии, механизм.

**Lopatina A.B.**

PhD in Pedagogy,

Perm National Research Polytechnic University

**MECHANISMS OF FORMATION OF ADAPTATION**

**Abstract**

*This publication is devoted to describing the standard transformations, enabling the transition from emergency to long-term adaptation. The mechanisms of this transition affect and involve in the process of a huge number of structures. Often, the same structure, are part of the different systems that serve the achievement of the same goal - the formation of adaptive protective - adaptive result, serving the purpose of the formation of the optimal functioning of the body in a stressful environment.*

**Keywords:** adaptation, stage, mechanism.

Статья изъята

Статья изъята



*Международный научно-исследовательский журнал включен в базу научного цитирования **Google Scholar**.*

***Google Scholar** – поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин. Наличие статей в **Google Scholar** увеличивает возможность цитируемости, не только в России, но и за рубежом.*



DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.225

Лопатина А.Б.

Кандидат педагогических наук,

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

**РЕАКЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АДАПТАЦИИ**

**Аннотация**

*Данная статья описывает реакции адаптации, суть которых сводится к встрече с фактором, стрессовым по силе своего воздействия или интенсивности этого воздействия, или его длительности. Далее происходит формирование срочной реакции адаптации и экстренного реагирования на данный стрессор. Путем преобразования генетического аппарата клеток, функционирование которых и обеспечивает реакцию организма, осуществляется становление долговременной реакции адаптации и системного структурного следа в клетках.*

**Ключевые слова:** адаптация, стадии, реакции.

**Lopatina A.B.**

PhD in Pedagogy,

Perm National Research Polytechnic University

**SOFTWARE ADAPTATION REACTIONS**

**Abstract**

*This article describes the adaptation of the reaction, which essentially boils down to a meeting with factor stress on the strength of its impact and intensity of the exposure, or its duration. There is a formation of urgent adaptation response and emergency response to the stressor. By converting the genetic apparatus of cells whose function and provides a response in the body, made the establishment of long-term adaptation reactions and systemic structural trace in the cells.*

**Keywords:** adaptation, stage, reaction.

Статья изъята

Статья изъята

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.130

Нефедова Л.Н.<sup>1</sup>, Байкеев Р.Ф.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казанская туберкулезная больница, <sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-4306-3805, Доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки Республики Татарстан, Казанский государственный медицинский университет.

**ИНФОРМАТИВНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИММУНОГРАММЫ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ АКТИВНОСТИ ТУБЕРКУЛЕЗА ВНУТРЕННИХ ЖЕНСКИХ ГЕНИТАЛИЙ**

**Аннотация**

Диагностика активности туберкулеза внутренних женских гениталий (ТВЖГ) является сложной клинико-лабораторной задачей, т.к. отсутствуют четкие клинические критерии по мониторингу эффективности лечения ТВЖГ. Фактически, одни и те же критерии используются как для диагностики, так и для оценки эффективности лечения ТВЖГ. Проведена оценка информативности технологий по определению 1) лейкоцитов и их фракций 2) Т-лимфоцитов 3) Ig A, M, G, 4) фагоцитарной активности, фагоцитарного числа, НСТ – тестов спонтанного и стимулированного, индекса спонтанной и индуцированной активности нейтрофилов, циркулирующих иммунных комплексов, комплемента при определении активности ТВЖГ, которые были использованы для определения активности ТВЖГ путем определения чувствительности, специфичности, и точности классификации методом дискриминантного анализа. Установлено, что информативное значение имеет определение количества лейкоцитов и доли палочкоядерных нейтрофилов в крови, что позволяет выявлять активность ТВЖГ в 70% клинических случаев.

**Ключевые слова:** туберкулез внутренних женских гениталий, активность, информативность иммунограммы.

Nefedova L. N.<sup>1</sup>, Baikееv R. F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kazan tubercular hospital, <sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-4306-3805, Doctor of Medical Sciences, professor, honored worker of science of the Republic of Tatarstan, Kazan State Medical University

**INFORMATIVE VALUE OF IMMUNOGRAM INDICES AT DIADNOSIS OF ACTIVITY OF THE TUBERCULOSIS OF INTERNAL FEMALE GENITALS**

**Abstract**

Diagnosis of activity of tuberculosis of the internal female genitals (TIFG) is a difficult clinical and laboratory problem, because there are no clear clinical criteria for monitoring the effectiveness of treatment of TIFG. In fact the same criteria are used for diagnosis and to evaluate treatment efficacy of TIFG. The estimation of informative value of technologies of 1) leukocytes and their fractions 2) T- cells 3) Ig A, M, G, 4) phagocyte activity, phagocyte number, NST - tests, spontaneous and stimulated, the index of the spontaneous and induced activity of neutrophils, the circulating immune complexes and

complement revelation at diagnosis of activity TIFG has been performed, which were used to reveal the activity of TIFG by determining sensitivity, specificity, and classification accuracy by means of the discriminant analysis method. It was found that the informative value is defined by the number of leukocytes and the percentage of neutrophils in the blood, what led to reveal activity of TIFG in 70% of clinical cases.

**Keywords:** tuberculosis of internal female genitals, activity, informative value of immunogram.

## Введение

Взаимодействие *M. Tuberculosis* (МБТ) с организмом человека носит сложный характер и описывается комплексом клеточных и молекулярных сдвигов, которые, следует признать, до сих пор не поддаются однозначному толкованию. Формально все стадии болезни на сегодня изучены детально.

При этом, несмотря на обилие информации, клинические фтизиатры и специалисты-биологи фактически лишены теоретической модели как системы по внедрению понимания, организации и применения этих данных.

Диагностика активности туберкулеза внутренних женских гениталий (ТВЖГ) или определение времени прекращения специфического лечения является сложной клинико-лабораторной задачей. Женщин, у которых возникла необходимость определения имеющегося изменения активности ТВЖГ, подвергают тест-терапии до 3-х месяцев! Это имеет два негативных момента: 1. медико-социальный ущерб – токсическое воздействие лекарственного препарата на внутренние органы (печень, селезенку, сердце), слуховой аппарат; изоляция пациентки от общества. 2. фармако - экономическая стоимость лечения туберкулеза (Т) в РФ составляет от 60 до 210 тыс. рублей (при множественной лекарственной устойчивости *M. Tuberculosis* у пациента) [1,2,3].

Ситуация усугубляется тем, что в отличие от, например, легочного Т, отсутствуют четкие клинические критерии по мониторингу эффективности лечения ТВЖГ. Фактически, одни и те же критерии используются как для диагностики, так и для оценки эффективности лечения ТВЖГ. При диагностике и в ходе всего курса лечения пациентам проводят гематологические, цитологические, биохимические, иммунологические и микробиологические исследования, общее количество в расчете на 1 пациента доходит до 80.

В общем, Т дифференцируют по более чем 30 маркерам, которые относятся с таким группам молекул как цитокины и хемокины (IFN $\gamma$ , IL 4,6,10,12,17, CXCL 8,10), рецепторы и растворимые рецепторы (CD11c, LAG3, PAR, ICAM1), общие маркеры воспаления (неоптерин, С-реактивный белок, прокальцитонин), иммунные клетки (полифункциональные Т-клетки, и TNF экспрессирующие CD4<sup>+</sup> клетки, CD3<sup>dim</sup>CD56<sup>+</sup> Т клетки), антитела к антигенам и др. [4,5]. Те же маркеры пытаются применять и для определения активности туберкулезного процесса.

Большое количество маркеров отражает с одной стороны степень глубины понимания процессов происходящих при инфицировании организма человека МБТ, с другой – сложность определения активности туберкулеза.

В РФ во фтизиатрии широко применяются технологии определения Т – клеточного (Т-лимфоциты) [4,5], гуморального (Ig A, M, G) [6] и неспецифического иммунитета [7].

Каждый из этих анализов был разработан как технология, с описанием материалов анализа, техники выполнения и интерпретации результатов.

В тоже время согласно приказа МЗ и СР РФ №109 от 21.03.2003 г. официально включенными в протокол обязательного лабораторного анализа из всех иммунологических тестов входит только определение уровня лейкоцитоза [8].

В связи с этим представляется важным исследовать количественные сдвиги в тканевом и гуморальном иммунитете женщин с ТВЖГ и определить потенциал ряда параметров определяемых с помощью технологий, применяемых во фтизиатрии.

Подход, предложенный в нашей работе, основан на следующих позициях:

- 1) Входными воротами для туберкулезной инфекции, преимущественно, являются легкие.
- 2) Патохимические изменения в организме человека при вторжении туберкулезной инфекции начинаются с количественных изменений фракций противовоспалительных клеток, в том числе, и в лейкоформуле.
- 3) В свою очередь, каждый из клеточных элементов отвечает своим набором сдвигов транскрипции и трансляции при синтезе белков и метаболических изменений при синтезе липидов, углеводов и т.д. [9].
- 4) Адекватный клинико-математический анализ (регрессионный или дискриминантный анализы) позволяет выявить закономерности, связанные с диагностикой активности туберкулеза [10].

Цель исследования: оценить информативность показателей иммунограммы при определении активности ТВЖГ.

### Материалы и методы исследования.

Объект исследования: 20 женщин. Возраст пациенток - 25 - 54 лет; с активной стадией ТВЖГ (Х МКБ – А18.1) – 10 женщин (17–54 лет), с затихшим ТВЖГ – 5 женщин (18–48 лет). Контрольная группа: клинически здоровые 5 женщин, возраст 20-42 года.

Диагнозы устанавливались на основании собранного анамнеза, комплексного клинико-рентгенологического и лабораторного обследований.

Материалы исследования: 1. кровь (определение числа лейкоцитов, процентного состава разновидностей лейкоцитов), 2. плазма крови (фагоцитоз, функциональная активность лимфоцитов и нейтрофилов, иммуноглобулины А, G, М).

Подсчет абсолютного и относительного содержания клеток производили унифицированным методом световой микроскопии [11].

Для изучения функциональной активности нейтрофилов, а также клеточных и гуморальных факторов иммунной защиты исследовали содержание маркеров воспаления Т-лимфоцитов (Т-л) методом флуоресцентного зонда, гемолитическую активность комплемента (ЦИК) – унифицированным методом по 50% гемолизу, содержание иммуноглобулинов классов (Ig) А, М, G - методом радиальной иммунодиффузии в геле (кровь) [12], функцию нейтрофилов (индекс спонтанной (ИАНспон) и индуцированной (ИАНинд) активности нейтрофилов) по способности

поглощать культуру *St. aureus* с подсчетом фагоцитарного числа (ФЧ) и фагоцитарного индекса (ФИ), активность кислород-зависимых бактерицидных систем нейтрофилов в тестах спонтанного и стимулированного культурой *Serratia marcescens* восстановления нитросинего тетразолия (спонтанный (НСТ-спон) и стимулированный НСТ (НСТ-стим)), комплемент (К) в тестах *in vitro* по стандартным методикам.

Статистическая обработка результатов исследований.

Обработка данных проводилась с использованием методов параметрической статистики: нормальность распределения выборок определяли модифицированным методом Колмогоров-Смирнов, сравнение 2х - групп осуществляли методом Т-test, вычисляли коэффициент корреляции Pearson, чувствительность и специфичность параметров иммунограммы. Аппроксимацию определения активности туберкулеза по регистрируемым параметрам выполняли с применением метода дискриминантного анализа.

В качестве статистически значимых принимали результаты с  $p \leq 0,05$ . Использовали пакет статистических программ SPSS 14.0.

Исследование утверждено этическим локальным комитетом Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования “Казанский государственный медицинский университет” Министерства здравоохранения Российской Федерации, выписка из заседания этического комитета от 22.12.2015 г. и выполнено с соблюдением санитарно- дезинфекционного режима в соответствии с приказом № 109 МЗ РФ от 21.03.2003 г. «О совершенствовании противотуберкулезной помощи населению Российской Федерации».

### Результаты и их обсуждение

Все пациентки были разделены на три группы<sup>1</sup>: I. Здоровые женщины  $n^1=5$ , II. ТВЖГ, активная стадия (A18.1)  $n=10$ , III. ТВЖГ, стадия затихания  $n=5$ . Согласно модифицированному тесту Колмогоров-Смирнов, все выборки подчинялись нормальному закону распределения.

Анализ информативности лейкоформулы (критерии информативности: среднее арифметическое  $\pm$  стандартное отклонение, интервалы значения):

I. Здоровые женщины: Л (абс/мкл)  $5,67 \pm 1,2$ ; 4–8,5<sup>2</sup>; ПЯ (%)  $1,6 \pm 1,0$ ; 0–3; СЯ (%)  $58,8 \pm 4,7$ ; 48–64; Э (%)  $2,8 \pm 1,4$ ; 1–6; М (%)  $4,9 \pm 0,87$ ; 4–6; Лф (%)  $31,1 \pm 0,88$ ; 27–37; II. ТВЖГ, активная стадия (A18.1): Л  $5,84 \pm 1,62$ ; 3,3–10,3; ПЯ  $2,11 \pm 2,81$ ; 0–19; СЯ  $57,2 \pm 9,53$ ; 36–76; Э  $2,45 \pm 2,55$ ; 0–12; М  $6,57 \pm 3,42$ ; 0–16; Лф  $31,68 \pm 9,23$ ; 11–55; III. ТВЖГ, стадия затихания: Л  $5,76 \pm 1,49$ ; 2,9–10,5; ПЯ  $1,65 \pm 1,53$ ; 0–6; СЯ  $57,48 \pm 8,62$ ; 39–73; Э  $2,42 \pm 1,85$ ; 0–7; М  $6,54 \pm 2,96$ ; 0–12; Лф  $31,9 \pm 8,91$ ; 15–58. При сравнении групп достоверные различия не выявлены Т-тест ( $p > 0,05$ ), а пределы значений показателей перекрываются. Коэффициент корреляции Pearson (r) показателей лейкоцитарной формулы с активностью ТВЖГ составил: Л  $r = 0,113$  ( $p = 0,634$ ), ПЯ  $r = 0,248$  ( $p = 0,291$ ), СЯ  $r = -0,473$  ( $p = 0,035$ ), Э  $r = -0,42$  ( $p = 0,065$ ), М  $r = 0,227$  ( $p = 0,335$ ), Лф  $r = 0,313$  ( $p = 0,179$ ).

Анализ информативности определения Т - лимфоцитов (Т-л, %): I. Здоровые женщины:  $87,2 \pm 0,84$ ; 86–88; II. ТВЖГ, активная стадия (A18.1):  $87,2 \pm 2,86$ ; 84–92; III. ТВЖГ, стадия затихания:  $86,8 \pm 0,84$ ; 86–88. При сравнении групп достоверные различия не выявлены ( $p > 0,05$ ), а пределы значений показателей перекрываются. Коэффициент корреляции (r) доли Т-л с активностью ТВЖГ составил:  $r = 0,384$  ( $p = 0,094$ ).

Анализ информативности определения гуморального звена иммунитета: I. Здоровые женщины: Ig A (мг/мл)  $2,66 \pm 0,71$ ; 2,04–3,7; Ig M (мг/мл)  $1,676 \pm 1,21$ ; 0,57–3,5; Ig G (мг/мл)  $12,31 \pm 1,77$ ; 9,84–14,0; II. ТВЖГ, активная стадия (A18.1): Ig A  $2,388 \pm 1,1$ ; 0,84–4,087; Ig M  $2,325 \pm 0,85$ ; 1,15–3,5; Ig G  $13,62 \pm 3,53$ ; 9,84–19,7; III. ТВЖГ, стадия затихания: Ig A  $2,396 \pm 0,4$ ; 2,04–3,0; Ig M  $1,78 \pm 0,89$ ; 1,15–3,3; Ig G  $14,8 \pm 2,9$ ; 11,5–19,5. При сравнении групп достоверные различия не выявлены ( $p > 0,05$ ), а пределы значений показателей перекрываются. Коэффициент корреляции Pearson (r) указанных показателей иммуноглобулинов с активностью ТВЖГ составил: Ig A  $r = 0,001$  ( $p = 0,99$ ), Ig M  $r = 0,23$  ( $p = 0,34$ ), Ig G  $r = 0,03$  ( $p = 0,92$ ).

Анализ информативности показателей неспецифического иммунитета: I. Здоровые женщины: ФЧ  $67 \pm 8,5$ ; 57–79; ФИ  $3,36 \pm 0,93$ ; 2,5–4,8; НСТ-спон (%)  $10 \pm 6,96$ ; 3–20; НСТ-стим (%)  $72,8 \pm 6,9$ ; 61–78; ИАНспон (ед.)  $0,112 \pm 0,09$ ; 0,03–0,24; ИАНинд (ед.)  $0,98 \pm 0,134$ ; 0,76–1,09; ЦИК (активные единицы)  $0,06 \pm 0,04$ ; 0,031–0,12; К  $80,5 \pm 6,36$ ; 76–85; II. ТВЖГ, активная стадия (A18.1): ФЧ  $64,7 \pm 6,77$ ; 52–78; ФИ  $3,33 \pm 0,8$ ; 1,7–4,2; НСТ-спон  $7,5 \pm 3,6$ ; 3–13; НСТ-стим  $74,2 \pm 7,3$ ; 66–86; ИАНспон  $0,069 \pm 0,04$ ; 0,03–0,15; ИАНинд  $0,999 \pm 0,12$ ; 0,83–1,14; ЦИК  $0,05 \pm 0,02$ ; 0,023–0,085; К  $55 \pm 1,73$ ; 55–58; III. ТВЖГ, стадия затихания: ФЧ  $70,8 \pm 8,3$ ; 60–79; 0/0; ФИ  $3,92 \pm 0,3$ ; НСТ-спон  $8,2 \pm 1,92$ ; НСТ-стим  $72,4 \pm 2,97$ ; 69–77; ИАНспон  $0,45 \pm 0,42$ ; 0,09–0,92; ИАНинд  $1,04 \pm 0,42$ ; 0,84–1,3; ЦИК  $0,069 \pm 0,07$ ; 0,02–0,118. К  $54 \pm 2,88$ ; 52–57. При сравнении групп достоверные различия не выявлены ( $p > 0,05$ ), а пределы значений показателей перекрываются. Коэффициент корреляции Pearson (r) показателей неспецифического иммунитета с активностью ТВЖГ составил: ФЧ  $r = -0,274$  ( $p = 0,242$ ), ФИ  $r = -0,041$  ( $p = 0,861$ ), НСТ-спон  $r = -0,194$  ( $p = 0,412$ ), НСТ-стим  $r = -0,1963$  ( $p = 0,407$ ), ИАНспон  $r = -0,3319$  ( $p = 0,153$ ), ИАНинд  $r = -0,102$  ( $p = 0,668$ ), ЦИК  $r = 0,102$  ( $p = 0,668$ ), К  $r = 0,291$  ( $p = 0,235$ ).

Однозначного решения, пригодного для применения в клинической практике, проблема определения активности ТВЖГ до сих пор не нашла.

Вопрос об излечении от туберкулеза, как ни удивительно, наиболее дискуссионный во фтизиатрии. Под клиническим излечением понимают ликвидацию всех симптомов туберкулеза, стойкое заживление туберкулезных изменений, восстановление трудоспособности и социального статуса. Эти положения четко изложены в приказе №109 МЗ РФ “О совершенствовании противотуберкулезных мероприятий в Российской Федерации” и по сути дела являются на сегодня очевидными и недискуссионными [8,13]. На сегодня констатация факта излечения пациенток с ТВЖГ, то есть перевод из I в III группу диспансерного наблюдения, строится на комплексном анализе совокупных доступных в клинике данных специалистом, имеющем опыт работы в данной области не менее 5 – 7 лет, т.е. в какой-

<sup>1</sup> - Примечание (здесь и далее):

<sup>1</sup> – число наблюдений в группе, <sup>2</sup> – минимальные - максимальные показатели в группах.

то мере субъективно. Однако, у большинства клинически излеченных лиц в ранее пораженных органах наблюдаются остаточные посттуберкулезные изменения, что затрудняет определение активности Т.

Исследованные тесты и анализы характеризуются различной чувствительностью и специфичностью (таблица 1).

Таблица 1 – Чувствительность и специфичность использованных тестов, при определении активности ТВЖГ

№ п/п	Тест	Чувствительность (%)	Специфичность (%)
1	Л, доля ПЯ <sup>1</sup>	68	55
2	Т-л	50	90
3	ФЧ, ФИ, НСТ-спон, НСТ-стим, ИАНспон, ИАИнд, ЦИК, К	40	70
4	IgA, IgM, IgG	40	67
5	Лф	10	60

Примечание:<sup>1</sup> - обозначение сокращений приведено в тексте.

Таблица 2 - Медицинские технологии определения активности туберкулеза внутренних женских гениталий по показателям иммунограммы

№	Показатели, число пациенток в группе 20 ( I группа 5+II группа 10 + III группа 5)	Уравнение каноникальной дискриминантной функции (КДФ) для определения активности ТВЖГ	р	Значение КДФ <sup>2</sup>	Точность классификации (%)
		Комбинация параметров			
1	Л, доля ПЯ <sup>1</sup>	$ТВЖГ = 3,284 - 0,001 \cdot Л + 0,37 \cdot ПЯ$	0,04	> 0	70
2	IgA, IgM, IgG	$ТВЖГ = - 2,474 - 0,256 \cdot IgA + 1,113 \cdot IgM + 0,058 \cdot IgG$	0,684	> 0	55
3	Лф	$ТВЖГ = - 2,549 + 1,319 \cdot Лф$	0,63	> 0	50
4	ФЧ, ФА, НСТ-спон, НСТ-стим, ИАНспон, ИАИнд, ЦИК, К	$ТВЖГ = - 10,113 - 0,002 \cdot ФЧ + 0,833 \cdot ФИ + 0,080 \cdot НСТ-спон + 0,085 \cdot НСТ-стим + 3,570 \cdot ИАНспон - 0,599 \cdot ИАИнд + 0,019 \cdot ЦИК + 0,011 \cdot К$	0,586	< 0	45
5	Т-л	$ТВЖГ = - 41,419 + 0,476 \cdot Т-л$	0,834	> 0	45

Примечание:

<sup>1</sup> – обозначение сокращений приведено в тексте.

<sup>2</sup> - критическое значение КДФ при выявлении активности ТВЖГ.

Чувствительность показателей по определению активности ТВЖГ составляет 10 – 68% (таблица 1).

Специфичность показателей по определению активности ТВЖГ составляет 55 – 90% (таблица 1).

Адекватным подходом при математическом анализе с целью выявления причинно–следственной взаимосвязи, изменения отдельного лабораторного показателя с активностью туберкулеза, является дискриминантный анализ [10], который был использован нами для определения активности ТВЖГ. Число объектов наблюдения превышало число дискриминантных переменных ( $\geq 2$ ).

Сопоставление полученных данных (таблица 2) отличает их от стандартной оценки лабораторного параметра в терминах чувствительность и специфичность (таблица 1). Полученные уравнения являются обобщением в виде уравнения совокупности анализов здоровых людей, больных активным и затихшим ТВЖГ.

Точность классификации, т.е. доля пациенток описываемых конкретным уравнением, в зависимости от параметра составила:

1) лейкоциты + доля палочкоядерных лейкоцитов – 70%; 2) Ig A+Ig M + Ig G – 55%; 3) лимфоциты – 50%; 4) фагоцитарное число + фагоцитарный индекс + НСТ спонтанный + НСТ стимулированный + индекс спонтанной активности нейтрофилов + индекс индуцированной активности нейтрофилов + ЦИК + комплемент – 45%; 5) Т-лимфоциты – 45%.

Однако, согласно общепринятому правилу дальнейшему рассмотрению подлежат те модели, где точность классификации превышает 50%. К таковым относятся уравнения №1 и №2 (таблица 2), но для практического применения пригодно только №1 ( $p=0.04$ ).

Проведенное исследование важно для практического здравоохранения, в частности, при «туберкулезе сомнительной активности» (приложение №7 к приказу Минздрава России №109 «О совершенствовании противотуберкулезной помощи населению Российской Федерации» от 21.03.2003). Данным понятием обозначают туберкулезные изменения в легких и других органах, активность которых представляется неясной. Для уточнения активности туберкулезного процесса проводится комплекс диагностических мероприятий. В качестве дополнительного тестирования по данным настоящего исследования пригодно разработанная технология на основе подсчета лейкоцитов и фракции палочкоядерных нейтрофилов из них.

**Выводы:**

1. Информативность технологий по выявлению активности туберкулеза внутренних женских гениталий составляет при определении числа Т-лимфоцитов 45%, показателей неспецифического иммунитета (ФЧ, ФИ, НСТ-спон, НСТ-стим, ИАНспон, ИАНинд, ЦИК, К) 45 %, Ig A, M, G 55%.

2. Разработанная технология в виде уравнения дискриминантного анализа основанная на определении количества лейкоцитов и доли палочкоядерных нейтрофилов в крови позволяет выявлять активность туберкулеза внутренних женских гениталий в 70% клинических случаев.

**Литература**

1 Бородулин Б.Е., Бородулина Е.А. Показатели иммунитета в диагностике силикотуберкулеза. Проблемы туберкулеза и болезней легких. 2004; №6:28–34.

2 Гусева В.Н., Иванов В.М., Потапенко Е.И. и др. Иммунный статус больных активным туберкулезным спондилитом. Проблемы туберкулеза. 2003; №6:25–28.

3 Жестков К.Г., Земсков В.М., Батыров Ф.А. Иммуноterapia аутологичными очаг–инфильтрирующими лимфоцитами в резекционной хирургии туберкулеза легких. Проблемы туберкулеза. 2001; №9:26 – 30.

4 Иванов В.М., Гусева В.Н., Шендерова Р.И. и др. Клинико–лабораторные особенности при туберкулезе и остеомиелите позвоночника. Проблемы туберкулеза. 2003; №10:34 – 37.

5 Кноринг Б.Е., Титаренко О.Т., Сахарова И.Я. и др. Показатели иммунитета и степень активности аденозиндеамины у больных туберкулезом легких. Проблемы туберкулеза. 2002; №7:32 – 36.

6 Олейник А.Н., Баринов В.С. Активный туберкулез женских половых органов с вовлечением в процесс брюшины. Проблемы туберкулеза. 2003; №10:42–49.

7 Шендерова Р.И., Чужова Н.М., Якунова О.А. и др. Опыт стандартизации иммунологической диагностики внелегочного туберкулеза. Проблемы туберкулеза. 2004; №2:34 – 36.

8 Российская Федерация. Министерство здравоохранения. «О совершенствовании противотуберкулезной помощи населению Российской Федерации»: приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 21.03.2003 г. № 109 [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/901868614>.

9 Walzl G., Ronacher K., Hanekom W., Scriba T. J. & Zumla A. Immunological biomarkers of tuberculosis. Nature reviews. Immunology 2011; 11(5):343-354.

10 Mendenhall W., Sincich T.L. A second course in statistics: regression analysis. Pearson 2012;816.

11 Меньшиков В.В. Лабораторные методы исследования в клинике. М.: Медицина, 1987;368.

12 Mancini G., Carbonare A.O., Heremans J.T. Immunochemical quantitation of antigens by single radial Immunodiffusion. Immunochemistry 1965;2:235-254.

13 Перельман М.И. Что понимать под излечением туберкулеза? / М.И. Перельман // Проблемы туберкулеза. – 2004. – №11. – С. 3.

**References**

1 Borodulin B.E., Borodulina E.A. Pokazateli immuniteta v diagnostike silikotuberkuleza. Problemy tuberkuleza i boleznej legkih. 2004; №6:28–34.

2 Guseva V.N., Ivanov V.M., Potapenko E.I. i dr. Immunnyj status bol'nyh aktivnym tuberkuleznym spondilitom. Problemy tuberkuleza. 2003; №6:25–28.

3 Zhestkov K.G., Zemskov V.M., Batyrov F.A. Immunoterapija autologichnymi ochag–infiltrirujushhimi limfocitami v rezekcionnoj hirurgii tuberkuleza legkih. Problemy tuberkuleza. 2001; №9:26 – 30.

4 Ivanov V.M., Guseva V.N., Shenderova R.I. i dr. Kliniko–laboratornye osobennosti pri tuberkuleze i osteomyelite pozvonochnika. Problemy tuberkuleza. 2003; №10:34 – 37.

5 Knoring B.E., Titarenko O.T., Saharova I.Ja. i dr. Pokazateli immuniteta i stepen' aktivnosti adenoziindezaminazy u bol'nyh tuberkulezom legkih. Problemy tuberkuleza. 2002; №7:32 – 36.

6 Olejnik A.N., Barinov V.S. Aktivnyj tuberkulez zhenskih polovyh organov s vovlecheniem v process brjushiny. Problemy tuberkuleza. 2003; №10:42–49.

7 Shenderova R.I., Chuzhova N.M., Jakunova O.A. i dr. Opyt standartizacii immunologicheskoy diagnostiki vnelegochnogo tuberkuleza. Problemy tuberkuleza. 2004; №2:34 – 36.

8 Rossijskaja Federacija. Ministerstvo zdravoochranenija. «O sovershenstvovanii protivotuberkuleznoj pomoshhi naseleniju Rossijskoj Federacii»: prikaz Ministerstva zdravoochranenija Rossijskoj Federacii ot 21.03.2003 № 109 [Jelektronnyj resurs]–Rezhim dostupa <http://docs.cntd.ru/document/>.

9 Walzl G., Ronacher K., Hanekom W., Scriba T. J. & Zumla A. Immunological biomarkers of tuberculosis. Nature reviews. Immunology 2011; 11(5):343-354.

10 Mendenhall W., Sincich T.L. A second course in statistics: regression analysis. Pearson 2012;816.

11 Men'shikov V.V. Laboratornye metody issledovanija v klinike. M.: Medicina. 1987;368.

12 Mancini G., Carbonare A.O., Heremans J.T. Immunochemical quantitation of antigens by single radial Immunodiffusion. Immunochemistry 1965;2:235-254.

13 Perel'man M.I. Chto ponimat' pod izlecheniem tuberkuleza? / M.I. Perel'man // Problemy tuberkuleza. – 2004. – №11. – С. 3.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.090

Никитенко В.В.<sup>1</sup>, Борисова Э.Г.<sup>2</sup><sup>1</sup>Кандидат медицинских наук, <sup>2</sup>ORCID:0000-0003-2288-9456, доктор медицинских наук,

ФГБВОУВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова»

Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОКАЗАНИЮ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПАЦИЕНТАМ С ХРОНИЧЕСКИМИ БОЛЕВЫМИ СИНДРОМАМИ ПОЛОСТИ РТА****Аннотация**

*В статье представлены сведения об организации медицинской помощи пациентам с болевыми синдромами полости рта. Рассматриваются вопросы оказания помощи в медицинских учреждениях общего и стоматологического профиля. Сформирован состав специалистов, участвующих в активной помощи пациентам данной категории. Обсуждаются преимущества мультидисциплинарного подхода в лечении болевых синдромов полости рта, структура, последовательность, объем и методы лечения. Создана программа диспансерного наблюдения для осуществления многопрофильной оценки состояния пациента и лечения, направленного на улучшение качества жизни и разработаны критерии включения пациентов с болевыми синдромами полости рта в эту программу. Перед началом обследования составляется план индивидуальных лечебно-диагностических мероприятий, позволяющий обеспечить своевременность и адекватность диагностики и лечения. Наша методология помогает освоить практические навыки обучающимся разных курсов и одновременно решает вопросы этики и деонтологии при лечении болевых синдромов полости рта. Разработанные авторами методы позволили сократить потребность в медикаментозных препаратах, обеспечить снижение медикаментозной нагрузки на организм пациентов, заметно уменьшить и сроки лечения пациентов.*

**Ключевые слова:** болевые синдромы полости рта, мультидисциплинарный подход, организация медицинской помощи.

Nikitenko V.V.<sup>1</sup>, Borisova E.G.<sup>2</sup><sup>1</sup>MD, <sup>2</sup>ORCID:0000-0003-2288-9456, MD,

FGBVOUVO «Military Medical Academy named after S.M. Kirov» Russian Defense Ministry, St. Petersburg, Russia

**METHODOLOGICAL APPROACH TO RENDERING MEDICAL AID TO PATIENTS WITH CHRONIC PAIN SYNDROMES OF THE ORAL CAVITY****Abstract**

*This article contains information about the organization of medical aid to patients with pain syndromes of the oral cavity. The problems of assistance in medical institutions of general and dental profile. Generated composition the professionals involved in the active care of patients in this category. Discusses the advantages of multidisciplinary approach in the treatment of pain the oral cavity syndromes, structure, consistency, volume and methods of treatment. Was created dispensary observation program for the implementation of a multi-disciplinary assessment of the patient's condition and treatment, aimed at improving the quality of life and been developed criteria for inclusion of patients with pain syndromes of the oral cavity in this program. Before the start of the survey is made plan for individual diagnostic and treatment events allowing to provide adequate and timely diagnosis and treatment. Our methodology helps to to master the practical skills of students of different courses and simultaneously solves the questions of ethics and deontology in the treatment of pain the oral cavity syndromes. The methods developed by the authors helped reduce demand for medicinal preparations and ensure reduction medicamentous load on an organism of patients, significantly reduce the period of treatment.*

**Keywords:** pain syndromes of the oral cavity, a multidisciplinary approach, the organization of medical aid.

В большинстве развитых стран мира существует медицинская служба оказания специализированной помощи пациентам с хронической болью. Проведенные исследования, как в России, так и за рубежом, показали актуальность и социальную значимость создания, развития и совершенствования этой службы [4,5,6,7,8]. В России в последнее десятилетие начали работу десятки центров лечения боли, но специализирующихся на лечении болей в полости рта – единицы [1,4].

По вопросам этиопатогенеза, диагностики и лечения некоторых форм хронических болевых синдромов полости рта опубликовано достаточное количество работ. В основном данной патологией занимались стоматологи, что сказывается на методическом уровне и направленности публикаций. Учитывая уровень научно - практических исследований в диагностике и лечении некоторых форм хронических болей полости рта, а также отсутствие систематизированных данных для полноценной патогенетической терапии данной патологии, необходим поиск новых, более адекватных способов диагностики, лечения и профилактики данных страданий. Наиболее перспективным в решении этой проблемы является проведение клинико-инструментальных и лабораторных исследований, позволяющих всесторонне изучить стоматологический, соматический и психоневрологический статус пациентов.

Кроме того, необходимо учитывать, что темпы современной жизни и экологическая обстановка создают условия для прогнозирования возникновения и течения болевых синдромов полости рта, поэтому необходимо создание новых организационных структур в амбулаторных условиях, что в настоящее время является довольно актуальным в связи с укреплением рыночных отношений и принципов страховой медицины.

**Целью нашей работы** явилось обоснование медико-социальной значимости, эффективности и оценка преимущества использования новых методологических подходов к лечению и профилактике болевых синдромов полости рта.

Анализируя истории болезни, мы констатировали, что из обратившихся к нам за консультацией пациентов, более 1300 человек были с различными видами болевых синдромов в челюстно-лицевой области. Подавляющее

большинство пациентов имели умеренно или значительно выраженный болевой синдром (нейропатия альвеолярного нерва, глоссодиния, дентальная плексалгия и др.) хронической стадии, неоднократно и безуспешно лечились в лечебных учреждениях как стоматологического, так и соматического профиля.

Наш клинический опыт показал, что принципы подхода к лечению хронических болевых синдромов полости рта должны быть мультидисциплинарными.

Нами был сформирован следующий состав специалистов, участвующих в активной помощи пациентам данной категории: стоматолог-хирург, стоматолог-ортопед, стоматолог-терапевт, пародонтолог, физиотерапевт.

В своей программе оказания специализированной помощи пациентам с болевыми синдромами полости рта мы привлекаем консультантов-интернистов: терапевтов (кардиолог, гастроэнтеролог и др.), психоневролог, отоларинголог, офтальмолог, эндокринолог, дерматолог, специалистов по функциональной и электрофизиологической диагностике. Кроме того, мы широко используем лабораторную диагностику (клинические и биохимические анализы крови, бактериологические исследования и др.), рентгенодиагностику и компьютерную томографию.

Такой мультидисциплинарный подход к решению проблемы боли в полости рта уже давно оправдал целесообразность своего существования, благодаря четкой практической направленности в научных исследованиях. Была установлена достаточно высокая эффективность использования методов профилактики и терапии болевых синдромов полости рта.

Применяя разработанные нами методы, мы существенно сократил потребность в медикаментозных препаратах и, таким образом, обеспечили снижение медикаментозной нагрузки на организм пациентов. Кроме того, индивидуально подобранные комплексы терапии позволяют заметно уменьшать и сроки лечения пациентов.

Одним из основных направлений нашей работы является проведение профилактических мероприятий в оказании противоболевой помощи, включающей следующие функциональные задачи:

- мотивация пациента к регулярным посещениям стоматолога;
- устранение факторов риска возникновения болевых синдромов полости рта.

Для устранения или уменьшения действия факторов риска проводятся:

- тщательный опрос пациента о состоянии здоровья, так как соматические заболевания могут быть причиной появления болевых синдромов в полости рта;
- выявление вредных факторов (курение, крепкие алкогольные напитки, горячая пища и т.д.) которое повышает риск возникновения заболеваний слизистой оболочки рта, в том числе и болевой симптоматики;
- выявления избыточного накопления зубного налета и зубного камня (функции врача-гигиениста), болезней пародонта (функции врача-пародонтолога), возможные нарушения окклюзии, нависания пломб, некачественных коронок и протезов (функции врача-ортопеда), которые, в свою очередь, могут быть провоцирующими моментами возникновения, например, глоссодинии.

Мы проводим индивидуальное обследование пациента с болями в полости рта и составляем план индивидуальных лечебно-диагностических мероприятий, что позволяет обеспечить своевременность и адекватность диагностики и лечения, помогает освоить практические навыки обучающимся разных курсов и одновременно решает воспитательные вопросы (этики и деонтологии).

Нами создана программа диспансерного наблюдения для осуществления многопрофильной оценки состояния пациента и лечения, направленного на улучшение качества жизни [1,2,3]. Кроме того, разработаны критерии включения пациентов с болевыми синдромами полости рта в эту программу:

- 1 - неэффективность проведенного курсового лечения,
- 2- нежелательные реакции на используемые препараты и методы лечения,
- 3 - наличие выраженной депрессии или тревоги.

Непременным условием является также способность пациента к самоконтролю и готовность к участию в такой программе.

Диспансерное наблюдение предусматривает поступательное движение пациентов по выделенным нами специальным группам: радикального лечения (комплекс медикаментозных препаратов и физиотерапии и психотерапии) и наблюдения, контрольных осмотров (не реже 1 раза в год). Движение по группам имеет характер прямого (вперед) при положительном результате терапии, или обратного при рецидиве заболевания. После чего уже движение по группам называется вторичным. Таким образом, пациенты с болевыми синдромами полости рта состоят на диспансерном учете от 1 до 3 лет [1,2,3].

Одним из важных методов профилактического направления в нашей программе является обучение пациентов с хроническими болевыми синдромами полости рта самостоятельному контролю боли, например, специальные упражнения для релаксации мышц - при миофасциальном болевом синдроме лица, применение физиотерапевтических аппаратов для домашнего пользования – при глоссодинии или синдроме жжения полости рта и т.д.

**Выводы.** В современных экономических условиях существует целесообразность использования в стоматологической практике мультидисциплинарного подхода к диагностике и лечению болевых синдромов полости рта: уменьшается количество посещений специалистов и принимаемых лекарственных препаратов, улучшается качество жизни пациентов.

### Литература

1. Борисова Э.Г. Хронические болевые и парестетические синдромы языка: клиника, диагностика, лечение, профилактика и организация лечебного процесса: дис...д-ра мед. наук. Воронеж. гос. мед. университет, Воронеж, 2015.
2. Борисова Э.Г. Диагностика и лечение болевых синдромов лица и полости рта в амбулаторных условиях // Э.Г. Борисова. - Воронеж: Изд.- полиграф. центр ВГУ.- 2011. – 128 с.
3. Борисова Э.Г. Оказание специализированной помощи больным с болевыми синдромами лица и полости рта // «Российский журнал боли». -2010. - № 1. - С. 9-10



4. Чурюканов М.В. Основные положения рекомендаций Европейской федерации неврологических обществ (EFNS) по диагностике и медикаментозному лечению невропатической боли // Боль.–2007 – №3 – Т.16. – С.38–45.
5. Becker N., Sjogren P., Bech P., Olsen A.K., Eriksen J. Treatment outcome of chronic nonmalignant pain patients managed in a Danish multidisciplinary pain centre compared to general practice: A randomised controlled trial. // Pain. – 2000. – № 84(2-3). – P.203–211.
6. Dr Foster, Long-term Medical Conditions Alliance (LMCA), UK Patients Association. Adult chronic pain management services in primary care. London, England: Dr Foster; 2004.
7. Gureje O., Simon G.E., Von Korff M. A cross-national study of the course of persistent pain in primary care // Pain. – 2001. – № 92(1-2). – P.195–200.
8. Stannard C., Johnson M. Chronic pain management - can we do better? An interview-based survey in primary care // Curr Med Res Opin. – 2003. – №19(8). – P.703–706.

#### References

1. Borisova Je.G. Hronicheskie bolevye i paresticheskie sindromy yazyka: klinika, diagnostika, lechenie, profilaktika i organizaciya lechebnogo processa: diss...d-ra med. nauk. Voronezh. gos. med. universitet, Voronezh, 2015.
2. Borisova Je.G. Diagnostika i lechenie bolevyh sindromov lica i polosti rta v ambulatornyh usloviyah // Je.G. Borisova. - Voronezh: Izd.- poligraf. centr VGU.- 2011. – 128 s.
3. Borisova Je.G. Okazanie specializirovannoj pomoshhi bol'nym s bolevymi sindromami lica i polosti rta // «Rossijskij zhurnal boli». -2010. - № 1. - S. 9-10
4. Churjukonov M.V. Osnovnye polozheniya rekomendacij Evropejskoj federacii nevrologicheskikh obshchestv (EFNS) po diagnostike i medikamentoznomu lecheniju nevropaticheskoy boli // Bol'.–2007 – №3 – Т.16. – С.38–45.
5. Becker N., Sjogren P., Bech P., Olsen A.K., Eriksen J. Treatment outcome of chronic nonmalignant pain patients managed in a Danish multidisciplinary pain centre compared to general practice: A randomised controlled trial. // Pain. – 2000. – № 84(2-3). – P.203–211.
6. Dr Foster, Long-term Medical Conditions Alliance (LMCA), UK Patients Association. Adult chronic pain management services in primary care. London, England: Dr Foster; 2004.
7. Gureje O., Simon G.E., Von Korff M. A cross-national study of the course of persistent pain in primary care // Pain. – 2001. – № 92(1-2). – P.195–200.
8. Sannard C., Johnson M. Chronic pain management - can we do better? An interview-based survey in primary care // Curr Med Res Opin. – 2003. – №19(8). – P.703–706.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.138

Седых Е.П.

ORCID: 0000-0002-3998-0996, Врач судмедэксперт-патологоанатом  
Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области  
"Электростальская центральная городская больница"  
Московская область г. Электросталь, Ул. Пушкина, д.3 144000, Россия.

#### СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКАЯ СТАТИСТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОЗВОНОЧНИКА И СПИННОГО МОЗГА ПРИ ТРАВМЕ В САЛОНЕ ДВИЖУЩЕГОСЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ, ОБОРУДОВАННОГО СОВРЕМЕННЫМИ СРЕДСТВАМИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*Анотация*

*С точки зрения статистики исследованы повреждения позвоночника у погибших при ДТП в салоне современного движущегося легкового автомобиля, оборудованного современными средствами индивидуальной безопасности (ремнями и подушками безопасности для водителя и пассажира переднего сиденья) - у 85 водителей, у 55 пассажиров переднего сиденья, у пассажиров заднего сиденья: 15 – слева, 18 – в центре и 14 – справа. Установлена максимальная частота переломов поясничных позвонков у водителей, пассажиров переднего сиденья и пассажиров заднего сиденья.*

**Ключевые слова:** статистика, травма в салоне легкового автомобиля, позвоночник.

Sedykh E.P.

ORCID: 0000-0002-3998-0996, Physician forensic pathologist  
State budgetary institution of health of Moscow region "Elektrostal's Central urban hospital",  
Moscow region, Elektrostal, Ul. Pushkina, d. 3 144000, Russia

#### FORENSIC STATISTICS OF INJURIES OF THE SPINE AND SPINAL CORD TRAUMA IN THE CABIN OF A MOVING PASSENGER CAR, EQUIPPED WITH MODERN MEANS OF INDIVIDUAL SAFETY

*Abstract*

*From the point of view of statistics investigated injuries of the spine have perished in an accident in moving the cabin of a modern passenger car, equipped with modern means of individual safety (seat belts and airbags for the driver and front passenger seat) - 85 drivers, 55 passengers front seat, back seat passengers: 15 left, 18 in the center and 14 on the right. Set the maximum frequency of fractures of the lumbar vertebrae from drivers, passengers front seat and rear seat passengers.*

**Keywords:** Stats, injury within the passenger compartment of a vehicle, pozvonochnik.

**В**ыбор способа статистической обработки данных определила, цель работы надо было ответить на самый главный вопрос: зависит ли характер травмы от местоположения пассажира в салоне, то есть установить связь между двумя качественными признаками. Таким методом является критерий  $\chi^2$  Пирсона.

Критерий хиквадрат является непараметрическим аналогом дисперсионного анализа для сравнения нескольких групп по качественному признаку. Непараметрические методы обработки наиболее приемлемы, когда объем выборок сравнительно незначителен, в то время как параметрические методы «работают» с выборками при  $n > 100$  [1,2,3,4,5].

Преимущество непараметрических методов в сравнении с классическими параметрическими методами состоит в независимости от неизвестного теоретического распределения. Для использования непараметрического метода  $\chi^2$  не требуется вычислять среднюю или стандартное отклонение.

Его преимущество состоит в том, что для применения его необходимо знать лишь зависимость распределения частот результатов от двух переменных; это позволяет выяснить, связаны они друг с другом или, наоборот, независимы. Таким образом, этот статистический метод используется для обработки качественных данных.

По расчету критерия хи-квадрат можно оценить связь между двумя качественными признаками по частоте их значений. Число сравниваемых групп может быть от 2 до 9.

В данном случае имеет место выборка из 5-ти групп (водитель, ППС ...) по двум признакам - местоположение в салоне и морфология травмы [1,2,3,4,5].

Таким образом, Критерий  $\chi^2$  Пирсона это непараметрический метод, который позволяет оценить значимость различий между фактическим (выявленным в результате исследования) количеством исходов или качественных характеристик выборки, попадающих в каждую категорию, и теоретическим количеством, которое можно ожидать в изучаемых группах при справедливости нулевой гипотезы. Суть метода состоит в том, при расчете  $\chi^2$  частоту события, определенную экспериментально (Э) сравнивают с частотой теоретической (Т), которая рассчитывается, исходя из предположения, что все события равновероятны (нулевая гипотеза).

$$c2 \text{ эмпири} = \sum (\frac{Э-Т}{Т})^2$$

Для чего рассчитывают критическое значение  $c2$  с учетом значения уровня значимости и числа степеней свободы. Уровень значимости  $\alpha$  - вероятность ошибочного отклонения выдвинутой гипотезы, т.е. вероятность того, что будет отвергнута правильная гипотеза.

Р статистическая достоверность принятия верной гипотезы. В статистике чаще всего пользуются тремя уровнями значимости:

$\alpha = 0,10$ , тогда  $P = 0,90$  (в 10 случаях из 100)

$\alpha = 0,05$ , тогда  $P = 0,95$  (в 5 случаях из 100)

$\alpha = 0,01$ , тогда  $P = 0,99$  (в 1 случае из 100) может быть отвергнута правильная гипотеза.

В нашей работе для расчета  $c2$  допускаем значение уровня значимости (величину ошибки) равным 5% (0,05).

Число степеней свободы, (оно показывает сколько раз может изменить величину частота для всех категорий событий), обозначается  $df$  и рассчитывается по формуле  $df = (R-1) \cdot (C-1)$ , где  $R$  = число строк в исходной таблице эмпирических величин распределения частоты событий (Э), а  $C$  число столбцов в этой таблице, в данном

случае  $df = 8$  см. Таблицу 1). В том случае, если полученное значение

критерия  $\chi^2$  больше критического, делаем вывод о наличии статистической

взаимосвязи между изучаемым фактором риска и исходом при соответствующем уровне значимости. Выражаясь проще, метод позволяет

оценить статистическую значимость различий двух или нескольких

относительных показателей (частот, долей). Расчеты делали при допущении, что события происходят одновременно, но не соподчинены.

Критическое значение критерия  $c2$  крит рассчитывали в программе EXCEL, для функции ХИ2ОБР(0,05,8), принимая вероятность (уровень значимости) равной 0,05, а число степеней свободы равным 8. Критическое значение  $c2$  составило 15,507. Для расчета была предложена таблица в таком виде.

### Исходные данные

Таблица 1 – Количественная характеристика повреждений позвоночного столба и спинного мозга у водителей

Вид повреждений		Уровень повреждения позвоночника				
		Шейный отдел	Грудной отдел	Поясничный отдел	Крестцовый отдел	Всего
Повреждения мягких тканей	Поверхностные повреждения (ссадины и кровоподтеки)	14	10	6	6	36
	Раны	12	9	4	4	29
	Кровоизлияния (глубокие)	14	10	6	6	36
Всего повреждений мягких тканей		40	29	16	16	101
Переломы позвонков	Тело	96	105	0	2	203
	Поперечные отростки	8	0	10	18	36
	Остистые отростки	12	0	21	0	37
	Дуги	25	0	0	0	25
	Суставные отростки	2	0	0	0	2

Окончание табл. 1 – Количественная характеристика повреждений позвоночного столба и спинного мозга у водителей

Всего переломов позвонков			143	105	31	20	299
Повреждения спинного мозга	Твёрдая мозговая оболочка	кровоизлияния	16	8	1	0	25
		разрыв	12	8	0	0	20
	Мягкая мозговая оболочка	кровоизлияния	15	8	1	0	24
		разрыв	13	8	0	0	21
	Вещество	кровоизлияния	16	8	1	0	25
		размозжение	13	8	0	0	21
Всего повреждений спинного мозга			85	48	3	0	136
Итого повреждений			268	241	50	36	536

Таблица 2 – Какое местоположение наиболее опасно?

Местоположение (N)	Общее число травм, n	Вероятность травмы, %
Водитель (85)	536	39,7±1,9
ППС (55)	167	19,1±5,3
ПЗЛС (15)	34	14,3
ПЗСС (18)	37	13,0
ПЗПС (14)	31	13,9
Всего (187)	805	100

Результаты статистической обработки таблицы сопряжения: фактор риска – местоположение пассажира, результативный фактор – общее число повреждений:

Число степеней свободы равно 4.

Критическое значение  $\chi^2_{кр}$  при уровне значимости  $p < 0.01$  составляет 13,277. Значение  $\chi^2$  составляет 78,149.

Значение  $\chi^2 > \chi^2_{кр}$

Связь между факторами риска и результативным **статистически значима** при уровне значимости  $p < 0,01$ .

Анализ результатов позволяет сделать статистически обоснованный вывод: **местоположение пассажира определяет частоту повреждений**. Наибольшая вероятность – для водителя, далее – для ППС, опасность получения травмы для пассажиров задних сидений приблизительно равновероятна.

Таблица 3. На какую область: мягкие ткани, позвонки или спинной мозг приходится большее число повреждений у водителя, ППС, ПЗЛС, ПЗСС и ПЗПС?

Таблица 3 – Местоположение пассажира, число повреждений,  $N$ , и частота события,  $P$ , для мягких тканей, позвонков и спинного мозга

Местоположение	$N$ мягких тканей	$P$ мягких тканей, %	$N$ позвонков	$P$ позвонков, %	$N$ спинного мозга	$P$ спинного мозга, %
Водитель	101	18,8	299	55,8	136	25,4
ППС	42	21,1	73	43,8	52	31,1
ПЗЛС	10	29,4	18	53	6	17,6
ПЗСС	8	21,6	23	61,2	6	16,2
ПЗПС	8	24,2	19	57,6	6	18,2

Результаты статистической обработки таблиц сопряжения: фактор риска – область повреждения, результативный – общее число повреждений в этой области:

Для водителя:

Число степеней свободы равно 2

Значение критерия  $\chi^2$  составляет 57,246

Критическое значение  $\chi^2_{кр}$  при уровне значимости  $p < 0,01$  составляет 9,21

Значение критерия  $\chi^2 > \chi^2_{кр}$

Связь между факторным и результативным признаками **статистически значима** при уровне значимости  $p < 0.01$ .

Для ППС:

Число степеней свободы равно 2

Значение критерия  $\chi^2$  составляет 5,306

Критическое значение  $\chi^2_{кр}$  при уровне значимости  $p < 0,05$  составляет 5,991

Значение критерия  $\chi^2 < \chi^2_{кр}$

Статистически значимая связь между факторами риска и результативным отсутствует, уровень значимости  $p > 0,05$

#### Для ПЗЛС:

Число степеней свободы равно 2

Значение критерия  $\chi^2$  составляет 4,583

Критическое значение  $\chi^2_{кр}$  при уровне значимости  $p < 0,05$  составляет 5,991

Значение критерия  $\chi^2 < \chi^2_{кр}$

Статистически значимая связь между факторами риска и результативным отсутствует, уровень значимости  $p > 0,05$ .

#### Для ПЗСС:

Число степеней свободы равно 2

Значение критерия  $\chi^2$  составляет 5,578

Критическое значение  $\chi^2_{кр}$  при уровне значимости  $p < 0,05$  составляет 5,991

Значение критерия  $\chi^2 < \chi^2_{кр}$

Статистически значимая связь между факторами риска и результативным отсутствует, уровень значимости  $p > 0,05$ .

#### Для ПЗПС:

Число степеней свободы равно 2

Значение критерия  $\chi^2$  составляет 4,078

Критическое значение  $\chi^2_{кр}$  при уровне значимости  $p < 0,05$  составляет 5,991

Значение критерия  $\chi^2 < \chi^2_{кр}$

Статистически значимая связь между факторами риска и результативным отсутствует, уровень значимости  $p > 0,05$ .

Анализ результатов статистической обработки данных показал, что у водителей доминирующий вид травмы – травма позвонков с вероятностью  $> 50\%$ . Причем из 299 случаев наступления события в 76 случаях эта травма сопровождается травмой спинного мозга и в 56 – травмой мягких тканей.

Для ППС, ПЗЛС, ПЗСС и ПЗПС доминирующий вид травмы статистически не подтверждается при заданном стандартном уровне значимости  $p = 0,05$ .

Уровень значимости,  $p$ , – это вероятность того, что мы сочли различия существенными, а они на самом деле случайны. В медицинской статистике наиболее популярные значения  $p$  это 0,05, 0,01, 0,001, так называемые – стандартные уровни статистической значимости. Выбор носит исключительно волюнтаристский, часто логически неподтвержденный характер. Учитывая что вид травмы определяет множество факторов, в том числе обстоятельств случайных, логически обоснованным будет задание  $p = 0,1$ , при котором значение  $\chi^2 = 4,605$ , при котором для ППС, ПЗЛС, ПЗСС и ПЗПС значения  $\chi^2 > \chi^2_{кр}$ . Отсюда – достаточно обоснованным будет утверждение,

доминирующий вид травмы у этих пассажиров так же травма позвонков, причем у ППС она чаще всего сопровождается травмой спинного мозга.

Таблица 4 – Какому отделу позвоночника и спинного мозга соответствует наибольшая частота повреждений у водителя ППС, ПЗЛС, ПЗСС и ПЗПС?

Местоположение пассажира, общее число повреждений,  $N$ , и частота события,  $P$ , в шейном (шейн.отд.), грудном (грудн.отд.), поясничном (поясн.отд.) и крестцовом отделах (крестц.отд.) у водителя, ППС, ПЗЛС, ПЗСС и ПЗПС.

	Шейный		Грудной		Поясничный		Крестцовый	
Местоположение	$N$	$P, \%$	$N$	$P, \%$	$N$	$P, \%$	$N$	$P, \%$
Водитель	268	45,0	241	40,5	50	8,4	36	6,1
ППС	83	49,7	51	30,6	17	10,1	16	9,6
ПЗЛС	22	64,7	5	14,7	5	14,7	2	5,9
ПЗСС	14	37,8	20	54,1	2	5,4	1	2,7
ПЗПС	0	0	0	0	23	74,2	8	25,8

Результаты статистической обработки таблиц сопряжения: фактор риска – отдел позвоночника и спинного мозга, результативный – общее число повреждений в этой области:

#### Для водителя:

Число степеней свободы равно 3

Значение критерия  $\chi^2$  составляет 172,340

Критическое значение  $\chi^2_{кр}$  при уровне значимости  $p < 0,01$  составляет 11,345

Значение критерия  $\chi^2 > \chi^2_{кр}$ .

Связь между факторным и результативным признаками **статистически значима** при уровне значимости  $p < 0,01$ .

#### Для ППС:

Число степеней свободы равно 3

Значение критерия  $\chi^2$  составляет 34,465

Критическое значение  $\chi^2_{кр}$  при уровне значимости  $p < 0,01$  составляет 11,345

Значение критерия  $\chi^2 > \chi^2_{кр}$

Связь между факторным и результативным признаками **статистически значима** при уровне значимости  $p < 0,01$ .

Для ПЗЛС:

Число степеней свободы равно 3

Значение критерия  $\chi^2$  составляет 12,380

Критическое значение  $\chi^2_{кр}$  при уровне значимости  $p < 0,01$  составляет 11,345

Значение критерия  $\chi^2 > \chi^2_{кр}$

Связь между факторным и результативным признаками **статистически значима** при уровне значимости  $p < 0,01$ .

Для ПЗСС:

Число степеней свободы равно 3

Значение критерия  $\chi^2$  составляет 15,694

Критическое значение  $\chi^2_{кр}$  при уровне значимости  $p < 0,01$  составляет 11,345

Значение критерия  $\chi^2 > \chi^2_{кр}$

Связь между факторным и результативным признаками **статистически значима** при уровне значимости  $p < 0,01$ .

Для ПЗПС:

Число степеней свободы равно 3

Значение критерия  $\chi^2$  составляет 24,848

Критическое значение  $\chi^2_{кр}$  при уровне значимости  $p < 0,01$  составляет 11,345

Значение критерия  $\chi^2 > \chi^2_{кр}$

Связь между факторным и результативным признаками **статистически значима** при уровне значимости  $p < 0,01$ .

Анализ результатов стат. обработки исходных данных показал:

У водителя страдает, прежде всего, шейный отдел, и из 268 случаев травмы шейного отдела в 108 случаях одновременно имеет место травма грудного отдела.

У ППС также страдает, прежде всего, шейный отдел, и из 83 случаев травмы шейного отдела в 25 случаях одновременно имеет место травма грудного отдела.

У ПЗЛС травма шейного отдела доминирует, повреждения других отделов ~ равновероятны

У ПЗСС страдает, прежде всего, грудной отдел и из 20 случаев повреждения грудного отдела в 8 случаях имеют место повреждения грудного отдела.

У ПЗПС травм шейного и грудного отдела в данной выборке не отмечено, доминирует травма поясничного отдела, которая из 23 случаев в 6 сопровождается травмой крестцового отдела.

Таблица 5.

Исследованы таблицы сопряжения: факторный признак – характер повреждения позвонка, результативный – общее число повреждений для водителя, ППС, ПЗЛС, ПЗСС и ПЗПС.

Таблица 5 – Местоположение пассажира, общее число повреждений,  $N$ , и частота повреждений,  $P$ , тела позвонка, поперечных отростков, остистых, дуг и суставных для водителя, ППС, ПЗЛС, ПЗСС и ПЗПС

	Морфология перелома позвонков									
	Тело		Поперечные		Остистые		Дуги		Суставные	
Местонахождение	$N$	$P, \%$	$N$	$P, \%$	$N$	$P, \%$	$N$	$P, \%$	$N$	$P, \%$
Водитель	204	68,0	36	12,0	33	11,0	25	8,3	2	0,7
ППС	47	64,7	12	16,4	2	2,7	12	16,4	0	0
ПЗЛС	15	83,3	0	0	3	16,7	0	0	0	0
ПЗСС	14	60,9	2	8,7	4	17,4	3	13,0	0	0
ПЗПС	1	5,3	4	21	14	73	0	0	0	0

Результаты статистической обработки таблиц сопряжения:

Для водителя:

Число степеней свободы равно 4

Значение критерия  $\chi^2$  составляет 161,054

Критическое значение  $\chi^2_{кр}$  при уровне значимости  $p < 0,01$  составляет 13,277

Значение критерия  $\chi^2 > \chi^2_{кр}$

Связь между факторным и результативным признаками **статистически значима** при уровне значимости  $p < 0,01$ .

Для ППС:

Число степеней свободы равно 4

Значение критерия  $\chi^2$  составляет 40,183

Критическое значение  $\chi^2_{кр}$  при уровне значимости  $p < 0,01$  составляет 13,277

Значение критерия  $\chi^2 > \chi^2_{кр}$

Связь между факторным и результативным признаками **статистически значима** при уровне значимости  $p < 0,01$ .

Для ПЗЛС: обработку исходных данных по Пирсону не проводили ввиду ограниченности данных.

Для ПЗСС:

Число степеней свободы равно 4

Значение критерия  $\chi^2$  составляет 9,541

Критическое значение  $\chi^2_{кр}$  при уровне значимости  $p < 0,05$  составляет 9,488

Значение критерия  $\chi^2 > \chi^2_{кр}$

Связь между факторным и результативным признаками **статистически значима** при уровне значимости  $p < 0,05$ .

Для ПЗПС:

Число степеней свободы равно 4

Значение критерия  $\chi^2$  составляет 16,530

Критическое значение  $\chi^2_{кр}$  при уровне значимости  $p < 0,01$  составляет 13,277

Значение критерия  $\chi^2 > \chi^2_{кр}$

Связь между факторным и результативным признаками **статистически значима** при уровне значимости  $p < 0,01$ .

Отсюда следует:

Для водителя: из 300 случаев наступления события перелома позвонков происходит 204 случая перелома тела позвонка, которые в 65 случаях сопровождаются повреждениями позвонков иной морфологии, из них в 24 случаях страдают поперечные отростки, в 22 – остистые, в 17 – дуги и 1-2 случая – суставные.

Для ППС: из 73 случаев наступления события перелома позвонков у ППС происходит 47 случаев перелома тела позвонка, которые в 17 случаях сопровождаются повреждениями позвонков иной морфологии, из них в 8 случаях страдают поперечные отростки, в 8 – дуги, остистые – единичные случаи и повреждения суставных не обнаружено.

Для ПЗЛС по результатам данной выборки имеет место перелом тела позвонка, который в единичных случаях сопровождается травмой остистых.

Для ПЗСС: из 23 случаев наступления события перелома позвонков происходит 14 случаев перелома тела позвонка, которые в 5-6 случаях сопровождаются повреждениями позвонков иной морфологии, из них в 2-3х случаях страдают дуги и остистые, поперечные отростки в единичных случаях и повреждения суставных не обнаружено.

Для ПЗПС: из 19 случаев наступления события перелома позвонков в 14 случаях страдают остистые, в 3-х случаях травмы остистых сопровождаются повреждениями поперечных отростков, в единичных – перелом тела позвонка. Повреждения дуг и суставных не обнаружено.

Таблица 6 – Таблица сопряжения: факторный признак или фактор риска – местоположение, Результативный признак – общее число переломов позвонков

Местоположение	Общее число поврежд ений позвонко в	Число повреждений на 1 место	Вероятность Получения травмы, %
<b>Водитель (85)</b>	299	3,52	40,5
<b>ППС (55)</b>	73	1,33	15,3
<b>ПЗЛС (15)</b>	18	1,2	13,8
<b>ПЗСС (18)</b>	23	1,28	14,7
<b>ПЗПС (14)</b>	19	1,36	15,7
<b>Всего (187)</b>	<b>432</b>	8,69	100

Число степеней свободы равно 4

Значение критерия  $\chi^2$  составляет **50.333**.

Критическое значение  $\chi^2$  при уровне значимости  $p < 0.01$  составляет 13.277

Связь между факторным и результативным признаками **статистически значима** при уровне значимости  $p < 0.01$ .

Значение критерия  $\chi^2 >$  критического значение  $\chi^2$  Наибольшая вероятность получения этой травмы – у водителя, у остальных пассажиров получение перелома позвонков равновероятно.

Таблица 7 – Таблица сопряжения: факторный признак или фактор риска – местоположение.

Результативный признак - общее число переломов позвонков

Местоположение	Общее число поврежденных п-ка	Число поврежденных при нулевой гипотезе	Число поврежденных на 1 место	Вероятность Получения травмы, %	Ошибка относительного показателя, <i>m</i>
<b>Водитель (85)</b>	299	196	3,52	40,5	5,0
<b>ППС (55)</b>	73	127	1,33	15,3	5,0
<b>ПЗЛС (15)</b>	18	35	1,2	13,8	4,7
<b>ПЗСС (18)</b>	23	42	1,28	14,7	5,1
<b>ПЗПС (14)</b>	19	32	1,36	15,7	5,5
<b>Всего (187)</b>	<b>432</b>	432	8,69	100	

Число степеней свободы равно 4

Значение критерия  $\chi^2$  составляет **50.333**

Критическое значение  $\chi^2$  при уровне значимости  $p < 0.01$  составляет 13.277

Связь между факторным и результативным признаками **статистически значима** при уровне значимости  $p < 0.01$ .

Значение критерия  $\chi^2 >$  критического значение  $\chi^2$

**Наибольшая вероятность получения этой травмы – у водителя, наименьшая – у пассажира заднего левого сидения.**

Таблица 8 – Статистический анализ позволяет выявить закономерности на более детальном уровне

Местоположение	ШО	Число поврежденных на 1 место	Вероятность получения травмы
<b>Водитель (85)</b>	<b>143</b>	<b>1,68</b>	<b>43,7</b>
<b>ППС (55)</b>	<b>38</b>	<b>0,69</b>	<b>17,9</b>
<b>ПЗЛС (15)</b>	<b>13</b>	<b>0,87</b>	<b>22,6</b>
<b>ПЗСС (18)</b>	<b>11</b>	<b>0,61</b>	<b>15,8</b>
<b>ПЗПС (14)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Всего (187)</b>	<b>205</b>	<b>3,85</b>	<b>100</b>

Таблица: фактор риска – местоположение, Результативный признак – число повреждений позвонка в шейном отделе

Число степеней свободы равно 4

Значение критерия  $\chi^2$  составляет 33.678

Критическое значение  $\chi^2$  при уровне значимости  $p < 0.01$  составляет 13.277

Связь между факторным и результативным признаками **статистически значима** при уровне значимости  $p < 0.01$  Значение критерия  $\chi^2 >$  критического значение  $\chi^2$ .

### ВЫВОДЫ

1. У пострадавших в салоне современных легковых автомобилей, при дорожно-транспортных происшествиях характер, локализация и частота повреждений определяется местоположением в салоне легкового автомобиля.

2. Основное диагностическое значение при внутрисалонной травме представляют повреждения костных структур позвоночника, степень их выраженности, уровень, одностороннее или двухстороннее расположение, отнесение пораженных элементов к переднему или заднему столбу позвоночника

3. У водителя наблюдалась наибольшая частота образования повреждений мягких тканей, невралгических повреждений и переломов позвонков в шейном и грудном отделах; чаще, чем у пассажиров формировались множественные переломы, преобладали двусторонние переломы позвонков в шейном и грудном отделах - переднего комплекса, в поясничном и крестцовом – заднего комплекса позвоночного столба.

4. У ПЗПС отмечалась наибольшая частота образования повреждений мягких тканей и переломов позвонков в поясничном и крестцовом отделах, а невралгических повреждений – в поясничном отделе, преобладали двухсторонние переломы заднего комплекса позвонков.

5. У ППС выявлена меньшая, чем у водителя частота образования повреждений позвонков, в шейном и грудном отделах отмечались двусторонние переломы переднего комплекса, в поясничном и крестцовом – правосторонние переломы заднего комплекса позвонков. По сравнению с ПЗЛС у ППС чаще формируются повреждения спинного мозга в грудном отделе позвоночника, а по сравнению с ПЗСС – чаще повреждения спинного мозга в шейном отделе.

6. У ПЗЛС наблюдалась большая чем у ППС и ПЗСС частота образования повреждений позвонков в шейном отделе, отмечены двусторонние переломы переднего комплекса позвонков в шейном отделе и заднего в поясничном. По сравнению с ПЗСС чаще образуются повреждения мягких тканей в поясничном и крестцовом отделах позвоночника, а также преобладают невралгические повреждения в шейном отделе.

7. У ПЗСС выявлена большая чем у ППС и ПЗЛС частота образования повреждений позвонков в грудном отделе, отмечены двусторонние переломы в шейном и поясничном – заднего, грудном - переднего комплекса позвонков. По сравнению с другими пострадавшими невралгические повреждения локализуются преимущественно в грудном отделе позвоночника.

### Литература

1. В.М.Зайцев, В.Г.Лифляндский, В.И. Маринкин. Прикладная медицинская статистика. Учебное пособие. Москва. Изд. Фолиант 2006. – 427с.

2. К.С.Жижин Медицинская статистика. Учебное пособие Москва. Изд. Феникс 2007 – 149с.

3. А.Н. Герасимов Медицинская статистика. Учебное пособие Москва. Изд. МИА 2007 – 488с.

4. Солохин, А.А. Судебно-медицинская экспертиза в случаях автомобильной травмы / А.А. Солохин. - М.: Медицина, 1968. - 236 с.

5. Агаев, Н.Н. Порядок установления места нахождения пострадавших при авто- и мотопроешествиях / Н.Н. Агаев, В.И. Кононенко, А.В. Радченко и др. // Материалы III Всесоюзн. съезда судебных медиков: тез. докл. - М.:Одесса, 1988.- С. 85-86.

### References

1. V.M.Zajcev, V.G.Liflyandskij, V.I. Marinkin. Prikladnaya medicinskaya statistika. Uchebnoe posobie. Moskva. Izd. Foliant 2006. – 427s.

2. K.S.Zhizhin Medicinskaya statistika. Uchebnoe posobie Moskva. Izd. Feniks 2007 – 149s.

3. A.N. Gerasimov Medicinskaya statistika. Uchebnoe posobie Moskva. Izd. MIA 2007 – 488s.

4. Solohin, A.A. Sudebno-medicinskaya ehkspertiza v sluchayah avtomobil'noj travmy / A.A. Solohin. - M.: Medicina, 1968. - 236 s.

5. Agaev, N.N. Poryadok ustanovleniya mesta nahozhdeniya postradavshih pri avto- i motoproisshествiyah / N.N. Agaev, V.I. Kononenko, A.V. Radchenko i dr. // Materialy III Vsesoyuzn. s"ezda sudebnyh medikov: tez. dokl. - M.:Odessa, 1988.- S. 85-86.



DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.123

Ситникова Е.П.<sup>1</sup>, Леонтьев И.А.<sup>2</sup>, Сафонова Н.Г.<sup>3</sup>;<sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-9025-974X, Доктор медицинских наук, профессор,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0001-9547-4185, Аспирант, <sup>3</sup>ORCID: 0000-0002-8492-634X, Кандидат медицинских наук, ассистент, Ярославский государственный медицинский университет;**ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ НА РАЗВИТИЕ НУТРИТИВНЫХ НАРУШЕНИЙ У ДЕТЕЙ С ДЦП****Аннотация**

*В статье рассмотрена возможность применения классификации больших моторных функций (GMFCSS) у детей с различными формами детского церебрального паралича для оценки их двигательных возможностей. Изучается распространенность и характер двигательных нарушений, а так же их взаимосвязь с белково-энергетической недостаточностью. Используются антропометрические методы и анкетирование родителей пациентов для выявления нарушений питания детей. Представленные результаты позволяют рассматривать классификацию GMFCSS как инструмент для прогнозирования нутритивных нарушений.*

**Ключевые слова:** детский церебральный паралич, GMFCSS, белково-энергетическая недостаточность, питание.

Sitnikova E.P.<sup>1</sup>, Leontyev I.A.<sup>2</sup>, Safonova N.G.<sup>3</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-9025-974X, MD, Professor, <sup>2</sup>ORCID: 0000-0001-9547-4185, graduate student,<sup>3</sup>ORCID: 0000-0002-8492-634X, MD, Assistant Professor,

Yaroslavl State Medical University;

**THE IMPACT OF MOTOR ABILITIES LEVEL IN THE DEVELOPMENT OF NUTRITIONAL DISORDERS IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY****Abstract**

*The article discusses the possibility of the use of the classification of large motor functions (GMFCSS) in children with various forms of cerebral palsy to assess their motor abilities. We study the prevalence and patterns of movement disorders, as well as their relationship with malnutrition. Used methods and anthropometric survey of parents of patients, to identify violations of children's nutrition. The results allow us to consider GMFCSS classification as a tool for predicting nutritional disorders.*

**Keywords:** cerebral palsy, GMFCSS, malnutrition, food.

Детский церебральный паралич (ДЦП) является нейромышечным заболеванием, которое часто осложняется нутритивными проблемами у детей и подростков [1]. При этом нарушения нутритивного статуса являются частым проявлением основного заболевания, ухудшают его течение и снижают эффективность реабилитации. Используемая в настоящее время классификация форм ДЦП Семеновой К.А. не отражает общей тяжести заболевания, выражающейся в степени нарушения двигательных функций, важной в клинической практике [2]. В нашей статье рассматривается возможность применения классификации GMFCS для оценки степени тяжести двигательных нарушений у детей с ДЦП.

**Цель исследования:** изучить распространённость двигательных нарушений у детей с ДЦП на основе классификации моторных функций (GMFCSS) и их влияние на развитие нутритивной недостаточности.

**Материалы и методы:** Обследовано 53 девочки (53%) и 47 мальчиков (47%) в возрасте 1,3–17 лет с установленным диагнозом детского церебрального паралича (средний возраст 6,4±4,1). Соматометрия выполнялась по стандартной методике и включала определение массы тела с использованием напольных весов (с точностью до 10 г), определение роста в положении лежа на спине (с точностью до 0,5 см) на специальном ростомере. Детям, имеющим выраженные деформации конечностей и контрактуры, длина тела определялась сегментарно с использованием гибкой сантиметровой ленты.

Для оценки степени тяжести двигательных нарушений пациентов с ДЦП применялась система классификации больших моторных функций (Gross Motor Function Classification System - GMFCSS), разработанная в 1997 году сотрудниками Канадского университета (McMaster University) [Palisano R. et al.]. Эта классификация применяется для оценки уровня моторных нарушений у детей с церебральным параличом [3,4], учитывая их функциональные возможности, потребности во вспомогательных устройствах и возможности передвижения. Определяют пять уровней в пяти возрастных группах. Особое внимание в классификации уделяется определению уровня, наиболее подходящего умениям и характеризующего ограничения моторных функций ребенка. Акцент основывается на повседневной активности ребенка дома, в школе, в общественных местах.

Форма ДЦП устанавливалась по результатам неврологического с использованием рабочей классификации (К.А. Семеновой, 1978): спастическая диплегия (СД) – 52%, гемипаретическая форма (ГП) – 23%, двойная гемиплегия (ДГ) – 10%, гиперкинетическая форма (ГК) – 8%, атонически-астатическая форма (ААФ) – 7%.

Оценка формы и выраженности белково-энергетической недостаточности проводилась с использованием международной классификации недостаточности питания Waterlow J.C. При оценке физического развития использовались региональные регрессионные таблицы г. Ярославля [5].

Для оценки трудностей, которые могут испытывать дети с детским церебральным параличом во время приема пищи, выполнялось анкетирование родителей пациентов. Им предлагалось дать оценку моторным возможностям ребенка и уровню навыков его самообслуживания: способности самостоятельно принимать пищу или необходимость посторонней помощи, наличие срыгиваний и рвоты в процессе приема пищи, признакам дисфагии.

Математическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью пакета Statistica 10, с применением стандартных описательных методик, корреляционного анализа, хи-квадрата Пирсона.

### Результаты исследования

По результатам оценки двигательных возможностей у детей с ДЦП I уровень зарегистрирован у 22%, II уровень – 31%, III уровень – 24%, IV уровень – 10%, V уровень – 13%. В зависимости от формы детского церебрального паралича у пациентов отмечались различные уровни двигательных возможностей (диаграмма 1). При более тяжелых формах ДЦП, таких как двойная гемиплегия (ДГ) V уровень по данным классификации двигательных возможностей составляет до 90%, что соответствует выраженным нарушениям моторных функций. При гемипаретической форме (ГПФ) преобладают I и II уровень – по 39%. Клинически это проявляется незначительными двигательными ограничениями, не требующими дополнительных средств передвижения (коляски, ходунки) и помощи со стороны взрослого. Атонически-астатическая форма (ААФ), согласно полученным данным, является самой благоприятной формой ДЦП, при которой выраженность двигательных нарушений менее выражена. У этих детей уровни моторных функций варьируются от I – 14% до IV – 14%, с преобладанием II уровня – 43%. Именно при этой форме не регистрируется V уровень по GMFCSS. Этот уровень характеризуется самым тяжелым нарушением двигательных функций, имеются очень выраженные ограничения самостоятельных движений и практически всегда невозможность самообслуживания.

Была обнаружена взаимосвязь между степенью тяжести ДЦП и степенью тяжести двигательных расстройств по классификации GMFCSS. Большинство детей со средней степенью тяжести по заболеванию относится к I-III уровню, в то время как с тяжелой степенью к IV-V уровню. Достоверно подтверждено, что между переменными существует корреляционная связь средней силы ( $-0,576$  при  $p < 0,05$ ), отрицательной направленности. У детей, оцененных на III уровень по GMFCSS регистрировался детский церебральный паралич средней тяжести и тяжелый в равной степени.

При сравнительной оценке уровней двигательной активности и частоты встречаемости БЭН (таб. 1) отмечено, что с увеличением степени тяжести двигательных расстройств увеличивается количество детей с БЭН. При легкой степени двигательных расстройств (соответствующей I уровню по GMFCSS) в 50% случаев регистрируется БЭН. В группе детей с тяжелыми двигательными расстройствами (V уровень по GMFCSS) белково-энергетическая недостаточность выявлена в 100% случаев. Таким образом, риск развития нарушения питания у детей, принадлежащих к V уровню в два раза выше, чем на I уровне (статистически подтверждена достоверность различий Pearson Chi-square: 9,48,  $p = 0,002078$ ).

Трудности с приемом пищи чаще испытывают дети, имеющие более тяжелые двигательные нарушения. Так дети, с первым уровнем по классификации GMFCSS, в 14% случаев имеют проблемы с кормлением (таб. 2). При самом тяжелом - V уровне, ограничен волевой контроль за произвольными движениями. Пациенты не могут контролировать положение головы и туловища и противодействовать силе тяжести, нуждаются в помощи взрослых при самообслуживании, передвижении и кормлении. В этой группе трудности кормления отмечаются у 92% обследованных детей. Дети I-III уровней значительно реже испытывают трудности с кормлением, чем на IV-V уровнях. Установлены статистически достоверные различия частоты встречаемости трудностей кормления у детей с I и V уровнем двигательных способностей (Pearson Chi-square: 20,65,  $p = 0,000006$ ).

**Заключение:** в результате проведенного исследования установлено, что частота белково-энергетической недостаточности находится в зависимости от уровня по шкале GMFCSS. Риск развития недостаточности при V уровне в два раза выше, чем при I. Имеется зависимость уровней двигательных возможностей от формы ДЦП и его степени тяжести. Трудности кормления детей с ДЦП напрямую связаны с их двигательными возможностями, такими как самостоятельное передвижение и самообслуживание. Система классификации больших моторных функций GMFCSS является простой в применении методикой и может использоваться для ориентировочной оценки двигательных возможностей у детей с детским церебральным параличом.

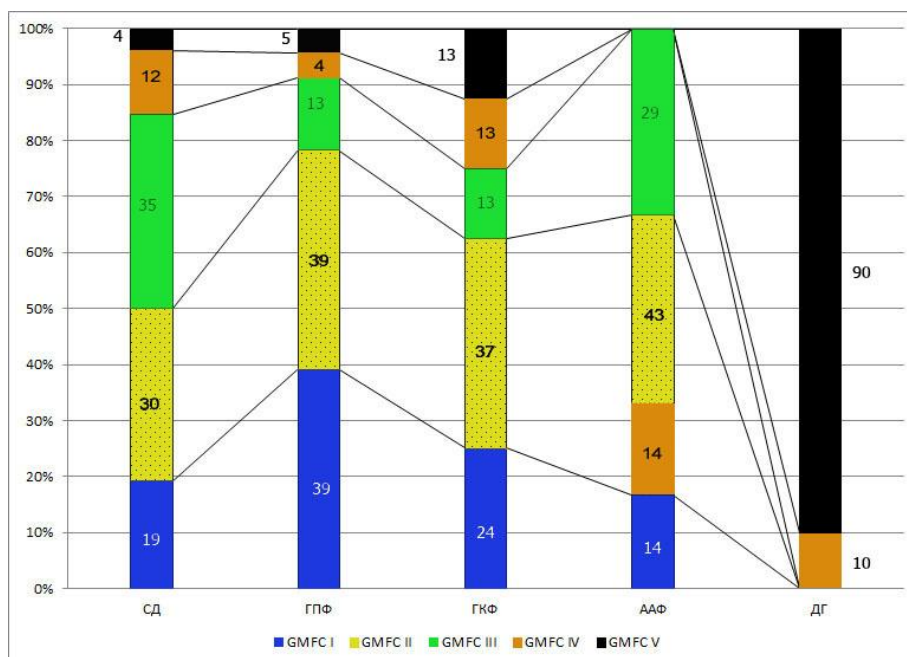


Диаграмма 1 – Частота встречаемости отдельных форм детского церебрального паралича при различных уровнях нарушения двигательных функций по шкале GMFCSS

Таблица 1 – Частота белково-энергетической недостаточности при различных уровнях по шкале GMFCSS

GMFCSS	НАЛИЧИЕ БЕЛКОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ			
	ЕСТЬ (N=63)		НЕТ (N=37)	
	%	абс.	%	абс.
1 (n=22)	50	11	50	11
2 (n=31)	48	15	52	16
3 (n=24)	63	15	38	9
4 (n=10)	90	9	10	1
5 (n=13)	100	13	0	0

Таблица 2 – Частота возникновения трудностей при приеме пищи при различных уровнях нарушения двигательных навыков по GMFCSS (по результатам анкетирования)

GMFCSS	НАЛИЧИЕ ТРУДНОСТЕЙ ВО ВРЕМЯ ПРИЕМА ПИЩИ			
	НЕТ (N=65)		ЕСТЬ (N=35)	
	%	абс.	%	абс.
1 (n=22)	86	19	14	3
2 (n=31)	77	24	23	7
3 (n=24)	63	15	38	9
4 (n=10)	60	6	40	4
5 (n=13)	8	1	92	12

### References

1. Marchand V. A practical approach to nutrition care in neurologically impaired children. Clin Nutrition Highlights 2012, 8:2–9
2. Gorter J.W., Rosenbaum P., Hanna SE et al. Limb distribution, motor impairment, and functional classification of cerebral palsy // Developmental Medicine and Child Neurology. - 2004. - V. 46. - P. 461-467
3. Palisano R., Rosenbaum P., Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol. 1997 Apr; 39(4):214-23
4. Bodkin A.W., Robinson C., Perales FP, Reliability and Validity of the Gross Motor Function Classification System for Cerebral Palsy // Pediatric Physical Therapy. - 2003. - P. 247-252.
5. Basic anthropometric and functional characteristics of children and adolescents for the screening assessment of physical development on the regressive and centile scales, Yaroslavl', 2010.

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС  
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ

Science Index



Мы настоятельно рекомендуем всем нашим авторам зарегистрироваться в системе **Science Index РИНЦ**.

Таким образом, авторы могут более детально контролировать список своих публикаций, не только в нашем журнале, но и во всех научных изданиях, входящих в РИНЦ. Регистрация в системе также позволит узнать индекс научного цитирования автора и его публикаций.

Подробную инструкцию по регистрации в системе Science Index РИНЦ Вы можете найти на нашем сайте <http://research-journal.org/> в разделе «Полезно знать».

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.032

Филиппов Ю.Н.<sup>1</sup>, Позднякова М.А.<sup>1</sup>, Каткова Н.Ю.<sup>1</sup>, Филиппов А.Ю.<sup>2</sup><sup>1</sup>Доктор медицинских наук, <sup>2</sup>аспирант  
ГБОУ ВПО НижГМА Минздрава России**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ПРАВОВОЙ ГРАМОТНОСТИ  
ВРАЧА И ПАЦИЕНТА НА СТЕПЕНЬ РИСКА МЕДИЦИНСКОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА  
В АКУШЕРСКО-ГИНЕКОЛОГИЧЕСКОМ СТАЦИОНАРЕ****Аннотация**

В статье рассматривается вопрос необходимости и готовности всех участников процесса оказания и получения медицинской помощи к углублению своих правовых знаний, связанных с медицинским вмешательством. Обосновывается важность в повышении юридической компетентности не только врачебного персонала, но и потребителя медицинской услуги. Подчеркивается необходимость на законодательном уровне повышения ответственности пациента - как равноправного участника процесса - за принятое согласие на медицинское вмешательство или отказ от него.

**Ключевые слова:** медицинская услуга, согласие на медицинское вмешательство, правовое знание.

Filippov Ju.N.<sup>1</sup>, Pozdnyakova M.A.<sup>1</sup>, Katkova N.Ju.<sup>1</sup>, Filippov A.Ju.<sup>2</sup><sup>1</sup>MD, <sup>2</sup>postgraduate student,  
Nizhny Novgorod State Medical Academy**RESULTS OF RESEARCH ON THE QUESTION OF INFLUENCE OF LEVEL OF LEGAL LITERACY  
OF THE DOCTOR AND THE PATIENT ON DEGREE OF RISK OF MEDICAL INTERVENTION  
IN THE OBSTETRIC AND GYNECOLOGIC HOSPITAL****Abstract**

In article the question of need and readiness of all participants of process of rendering and receiving medical care for deepening of the legal knowledge connected with medical intervention is considered. Importance is proved in increase of legal competence not only medical personnel, but also consumer of medical service. Need at the legislative level of increase of responsibility of the patient - as equal participant of process - for the accepted consent to medical intervention or refusal of him is emphasized.

**Keywords:** medical service, consent to medical intervention, knowledge of the right.

Одной из наиболее актуальных проблем современного здравоохранения остается определение объективных и субъективных факторов, определяющих риски для жизни и здоровья пациентов при выполнении медицинских вмешательств. Как правило, наибольшее внимание в этом плане, как зоне наибольшего риска, уделяются т.н. оперирующим - хирургическим и акушерским специальностям [6]. Признавая важность целой совокупности объективных факторов, влияющих на риски, связанные с медицинской помощью, многие авторы особое внимание уделяют такому, вполне поддающемуся регулированию фактору, как степень правовой грамотности обеих сторон контакта, а именно персонала медицинских организаций и пациентов, являющихся потребителями медицинских услуг. Четкое знание прав и обязанностей обеих сторон способно существенно снизить риски взаимных претензий и вероятность развития конфликтных ситуаций [6, 9].

Учитывая, что одной из лидирующих по количеству претензионных экспертиз, а по резонансности, безусловно возглавляющей этот список, является акушерская помощь, именно этому направлению было посвящено наше исследование.

На первом этапе исследования был проведен анкетный опрос 120 врачей медицинских организаций акушерско-гинекологического профиля г. Нижнего Новгорода и Нижегородской области по вопросам, касающимся соблюдения медицинским персоналом основных прав пациентов, не исполнение которых может стать причиной претензионных требований, а именно: соблюдения «врачебной тайны», полноты предоставляемой пациенту информации, получение информированного добровольного согласия пациента на медицинское вмешательство. Большинство респондентов (76,0±3,8%) по основному месту работы являлись сотрудниками государственных медицинских организаций (МО), 16,8±3,3% – частных МО, 7,2±2,3% – ведомственных. Несмотря на то, что значительное большинство (73,6±3,9%) врачей предвзято обследовали и лечили информированием пациента, тем не менее, каждый пятый врач (20,8±3,6%) делал это уже непосредственно в процессе лечения, а незначительная часть врачей вообще не считала нужным исполнять данное требование.

Практически все опрошенные специалисты показали высокий уровень знания норм законодательства в аспекте определения термина «врачебная тайна», и вместе с тем отметили, что система защиты персональной информации пациента о состоянии здоровья нуждается в серьезном совершенствовании, указав на возможные каналы утечки этой информации. Подавляющее большинство (96±1,7%) специалистов обязательно согласовывали с пациенткой объем информации, предоставляемой родственникам или другим лицам, тем не менее, обнаружилась группа врачей, игнорирующая это право пациента. При возникновении проблемы оказания медицинской помощи пациентам, находящимся в родственной связи с медицинскими работниками, 40,8±4,3% врачей считали возможным нарушить действующее законодательство и были готовы проанализировать результаты исследования родственницы-пациентки без учета ее мнения.

Большинство специалистов (89,6±2,7%) считали свои знания в области медицинского права недостаточными и хотели бы получить дополнительную подготовку, которая позволила бы им более свободно ориентироваться как в вопросах реализации прав пациента, так и в различных видах ответственности, возникающих у врача при выполнении своей профессиональной деятельности.

С целью повышения уровня правовой грамотности врачебного персонала была доработана и расширена программа повышения квалификации специалистов в части нормативно-правового обеспечения медицинской деятельности. Для определения эффективности принятых мер и субъективной самооценки специалистов, в качестве второго этапа исследования, было проведено анкетирование 144 акушеров-гинекологов, прошедших повышение квалификации в соответствии с новыми учебными планами в период с 09.2014 по 09.2015 гг. На вопрос: «Обладаете ли Вы четкой информацией об уголовной ответственности медицинского работника» - из пяти предложенных вариантов ответов - «знаю и хорошо ориентируюсь» - до обучения ответили 2,8±1,4%, после – 86,1±2,9% ( $t=2,88$ ). Аналогичные результаты показали вопросы о гражданско-правовой ответственности медицинского работника (до и после соответственно 2,8±1,4% и 83,3±3,1%,  $t=2,64$ ); о правах и приоритетах пациентов (до и после соответственно 13,9±2,9% и 88,9±2,6%,  $t=2,22$ ). Специалисты, по их мнению, в процессе обучения более четко стали владеть информацией о т.н. «врачебной тайне».

Считаем необходимым отметить, что специалистов, ответивших «мне это не интересно» не было, а ответивших положительно на вопрос «хотелось бы узнать больше» до и после обучения осталось практически на одном уровне. Число врачей, заявивших о необходимости систематического напоминания врачам правовых норм увеличилось с 22,9±3,5% до 96,5±1,5%, ( $t=2,25$ ).

Полученные данные позволяют сделать вывод о высокой заинтересованности врачей в более глубоких знаниях нормативно-правового обеспечения практического здравоохранения и необходимости систематической работе образовательных организаций в этом направлении.

В качестве третьего этапа, одновременно с разработкой и внедрением мероприятий по повышению правовой грамотности врачей, нами, совместно с руководителями и медицинским персоналом профильных медицинских организаций, была проведена организационно-методическая работа по реализации мер, направленных на ликвидацию правовой безграмотности и повышение мотивации будущих матерей к освоению элементарных юридических знаний. Для этого была разработана образовательная программа «Школа юридической грамотности будущей матери», содержащая курс тематических лекций и бесед с будущими матерями.

Результаты опроса 140 женщин доказали ее эффективность: 55,7±1,6% опрошенных пациенток заявили, что они лучше узнали свои права и обязанности и только 14,3±3,0% – что знания остались на прежнем уровне. Более внимательно стали относиться к процедуре оформления ИДС 45,7±4,2% опрошенных женщин, 34,3±4,0% - ответили, что их отношение не требовало изменений, однако 80,7±3,3% пациенток стали фиксировать внимание на факте и времени оформления ИДС (до внедрения Программы – 44,7±3,3%  $\chi^2=46,78$ ,  $p=0,001$ ). Большинство опрошенных женщин (62,9±4,1%) посчитали, что подробная форма ИДС способствует повышению качества оказываемой медицинской помощи.

В целях оценки эффективности внедрения разработанных мероприятий по повышению информированности граждан при оказании акушерско-гинекологической помощи и повышения качества образовательного процесса медицинских работников, был проведен сравнительный анализ структуры жалоб пациентов, получавших медицинскую акушерско-гинекологическую помощь в учреждениях родовспоможения в динамике.

Анализ проведен в 2-х несвязанных группах граждан, обратившихся с жалобами в связи с родами в МЗ НО в период с 2008 по 2014 годы. Первую группу составили жалобы граждан в связи с родами в период 2008 – 2011 гг., до внедрения разработанных программ, вторую - 2013 – 2014 гг. на фоне активного использования предлагаемых методик.

С целью объективной оценки полученных данных был введен интенсивный показатель количества жалоб (ИПЖ), рассчитанный как соотношение числа жалоб в связи с родами к абсолютному числу родов на 10 000 родов. Для оценки достоверности полученных результатов использовались параметрические и непараметрические методы статистики с определением критерия Пирсона ( $\chi^2$ ) с поправкой Йейтса.

$$ИПЖ = \frac{\text{Число жалоб в связи с родами}}{\text{Количество родов}} \times 10\,000.$$

Количество жалоб в изучаемых группах составило 290 и 220, а число родов, согласно данным официальной статистики 139779 и 75389 соответственно [3]. Установлено, что ИПЖ в изучаемых группах увеличился (20,7 и 29,2,  $p=0,001$  соответственно). Вместе с тем, ИПЖ обоснованных жалоб сократился с 4,5 до 2,9 на 10 000 родов ( $p=0,001$ ).

Выявлено, что в структуре обоснованных жалоб в период 2013 – 2014 года значительно реже, чем в 2008 – 2011 гг. пациенты предъявляли жалобы на качество медицинской помощи (40,1% против 72,0%,  $\chi^2=5,3$ ;  $p=0,0213$ ).

Вместе с тем был отмечен рост числа жалоб на организацию работы родовспомогательных учреждений: организацией питания, подарки новорожденным и т.п.), требованиям к санитарно-гигиеническим условиям (22,7% против 1,8±%,  $\chi^2=5,86$   $p=0,0156$ ), что вполне очевидно могло быть следствием повышения требовательности граждан в связи с активной разъяснительной работой медицинских работников.

Как свидетельствуют данные литературных источников, удовлетворенность пациента и уровень качества оказанной медицинской помощи неразрывно связаны с проблемой рисков в здравоохранении, определяющей безопасность медицинской деятельности, как для пациентов – потребителей медицинских услуг, так и для физических и юридических лиц ее оказывающих [4, 5].

Многие авторы обращают внимание на недостаточную проработку в существующей в настоящее время нормативной законодательной базе, регламентирующей профессиональную деятельность медицинских работников, вопросов обеспечивающих их юридическую защищенность. Ведущую роль в этом процессе обязан был сыграть Федеральный закон об обязательном страховании профессиональной ответственности медицинских работников. На настоятельную необходимость принятия такого закона неоднократно указывали многие авторы [1, 2, 7].

Специфика производственной деятельности медицинских работников, тесная связь качества оказанной медицинской помощи с жизнью и здоровьем пациента, заставляет врача в каждом конкретном случае крайне

внимательно анализировать обоснованность предпринятого действия – лечебных или диагностических медицинских вмешательств - на предмет правильности выбранного решения, исключения т.н. «врачебной ошибки».

Вместе с тем считаем не корректным существующее до настоящего времени положение, при котором принято игнорировать влияние ответственности пациента на степень рисков медицинского вмешательства и вероятность их возникновения. Являясь ключевой фигурой в принятии такого решения (или отказе от него) пациент имеет право и обязанность разделить эти риски с медицинским персоналом. В статье 27 действующего в настоящее время Федерального закона №323-ФЗ, обязанности граждан в сфере охраны здоровья обозначены довольно скупо. Степень же ответственности пациента за выбор согласия или отказа на медицинское вмешательство, принимаемого на основе полной и доступной информированности и безусловной добровольности не определена совсем. В тоже время, как показало проведенное исследование, планомерная разъяснительная работа, позволяя повысить ответственность за принимаемое пациентом решение, приводит к изменению структуры жалоб и, таким образом, снижает риск выполняемого медицинского вмешательства.

Таким образом, как показало исследование, в целях снижения рисков медицинских вмешательств, специалисты практического здравоохранения нуждаются в систематической подготовке не только по своим узкопрофессиональным вопросам, но и по проблемам нормативно-правового обеспечения их профессиональной деятельности. Внесение дополнений в статью 27, действующего в настоящее время ФЗ №323-ФЗ, вменяющих в обязанности пациента ответственность за принимаемые совместно с врачом решения о медицинском вмешательстве, способствовало бы более внимательному отношению к оформляемым в лечебно-диагностическом процессе юридическим документам и более взвешенному его подходу при желании предъявить какие-либо претензионные требования к МО.

Кардинальные изменения в существующую в настоящее время проблему рассматриваемых рисков способен и должен внести Федеральный закон об обязательном страховании профессиональной ответственности медицинских работников о необходимости принятия которого в течение последних лет постоянно заявляет медицинское сообщество.

### Литература

1. Аксененко, Е.В. Выявление проблем и перспектив развития системы страхования профессиональной ответственности медицинских работников / Е.В. Аксененко // Актуальные проблемы экономики и права. – 2011. – № 4. – С. 108-114.
2. Еругина, М.В. Страхование профессиональной ответственности при оказании медицинской помощи / М.В. Еругина, В.М. Васильева, А.И. Завьялов, Е.М. Долгова, Г.Ю. Сазанова, Н.В. Абызова // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2011. – № 4. – С. 776-779.
3. Коновалов, А.А. Основные показатели здоровья населения и деятельности государственных медицинских организаций Нижегородской области за 2014 г. : сб. / ред. А.А. Коновалов, Л.Е. Варенова. – Н.Новгород : Б.и, 2015. –232 с.
4. Кучеренко, В.З. Организационно-управленческие проблемы рисков в здравоохранении и безопасности медицинской практики/ В.З. Кучеренко, Н.В. Эккерт // Вестник РАМН. – 2012. – № 3. – С. 4-9.
5. Лудупова, Е.Ю. Управление медицинскими рисками как основа обеспечения безопасности медицинской деятельности в многопрофильном стационаре / Е.Ю. Лудупова, А.М. Данчинова, М.А. Денисова // Вестник Росздравнадзора. – 2015. – № 2. – С. 56-59.
6. Погосян, С.Г. Анализ мнения врачей об их профессиональной подготовленности / С.Г. Погосян, А.Е. Орлов, С.Е. Тептин // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2014. – № 1. – С. 33-36.
7. Сергеев, Ю.Д. Законодательное закрепление правового статуса медицинского работника – актуальная проблема / Ю.Д. Сергеев, С.Б. Кузьмин // Медицинское право. – 2014. – № 4. – С. 3-7.
8. Социальная гигиена и организация здравоохранения / под ред. А.Ф. Серенко, В.В. Ермакова. – М. : Медицина, 1977. –148 с.
9. Трусова, Л.Н. Правовая грамотность – защита профессиональной деятельности врача / Л.Н. Трусова, В.Н. Рассказова // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2014. – № 1. – С. 25-28.

### References

1. Aksenenko, E.V. Vyjavlenie problem i perspektiv razvitiya sistemy strahovaniya professional'noj otvetstvennosti medicinskih rabotnikov / E.V. Aksenenko // Aktual'nye problemy jekonomiki i prava. – 2011. – № 4. – S. 108-114.
2. Erugina, M.V. Strahovanie professional'noj otvetstvennosti pri okazanii medicinskoj pomoshhi / M.V. Erugina, V.M. Vasil'eva, A.I. Zav'jalov, E.M. Dolgova, G.Ju. Sazanova, N.V. Abyzova // Saratovskij nauchno-medicinskij zhurnal. – 2011. – № 4. – S. 776-779.
3. Konovalov, A.A. Osnovnye pokazateli zdorov'ja naselenija i dejatel'nosti gosudarstvennyh medicinskih organizacij Nizhegorodskoj oblasti za 2014 g. : sb. / red. A.A. Konovalov, L.E. Varenova. – N.Novgorod : B.i, 2015. –232 s.
4. Kucherenko, V.Z. Organizacionno-upravlencheskie problemy riskov v zdavoohranenii i bezopasnosti medicinskoj praktiki/ V.Z. Kucherenko, N.V. Jekkert // Vestnik RAMN. – 2012. – № 3. – S. 4-9.
5. Ludupova, E.Ju. Upravlenie medicinskimi riskami kak osnova obespechenija bezopasnosti medicinskoj dejatel'nosti v mnogoprofil'nom stacionare / E.Ju. Ludupova, A.M. Danchinova, M.A. Denisova // Vestnik Roszdravnadzora. – 2015. – № 2. – S. 56-59.
6. Pogosjan, S.G. Analiz mneniya vrachej ob ih professional'noj podgotovlennosti / S.G. Pogosjan, A.E. Orlov, S.E. Teptin // Problemy social'noj gigieny, zdavoohranenija i istorii mediciny. – 2014. – № 1. – S. 33-36.
7. Sergeev, Ju.D. Zakonodatel'noe zakreplenie pravovogo statusa medicinskogo rabotnika – aktual'naja problema / Ju.D. Sergeev, S.B. Kuz'min // Medicinskoe pravo. – 2014. – № 4. – S. 3-7.
8. Social'naja gigiena i organizacija zdavoohranenija / pod red. A.F. Serenko, V.V. Ermakova. – M. : Medicina, 1977. –148 s.
9. Trusova, L.N. Pravovaja gramotnost' – zashhita professional'noj dejatel'nosti vracha / L.N. Trusova, V.N. Rasskazova // Problemy social'noj gigieny, zdavoohranenija i istorii mediciny. – 2014. – № 1. – S. 25-28.

**ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHARMACEUTICS**

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.202

**Оконенко Т.И.<sup>1</sup>, Оконенко Л.Б.<sup>2</sup>, Ляпидовская Е.И.<sup>3</sup>, Хруцкий А.К.<sup>4</sup>, Хруцкая О.А.<sup>5</sup>**<sup>1</sup>Доктор медицинских наук, <sup>2</sup>доктор биологических наук, <sup>3</sup>провизор-интерн,<sup>4</sup>аспирант, Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого;<sup>5</sup>директор Общества с ограниченной ответственностью «Медико-диагностический центр» Великого Новгорода**КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ СЕТЕВЫХ АПТЕК ВЕЛИКОГО НОВГОРОДА****Аннотация**

Конкурентоспособность организации в условиях рынка остается одной из актуальных задач современной фармации. Этот показатель изучен на сетевых аптеках Великого Новгорода. В нашем исследовании коэффициент конкордации равен 0,58, что свидетельствует о согласованности мнений экспертов, которые считают наиболее важными показателями конкурентоспособности расположение аптек, ассортимент товаров, квалификацию персонала и уровень цен в аптеках. Интегральный индекс конкурентоспособности, рассчитанный на основании мнения экспертов и опроса посетителей сетевых аптек, колебался от 0,915 до 0,949, что свидетельствует о том, что все три сетевые аптеки являются достаточно сильными конкурентами. Однако, расчет каждого параметра конкурентоспособности в 3х аптеках с точки зрения покупателей выявил возможности улучшения работы аптек.

**Ключевые слова:** конкурентоспособность, сетевые аптеки, аптечные сети.

**Okonenko T.I.<sup>1</sup>, Okonenko L.B.<sup>2</sup>, Lyapidovskaya E.I.<sup>3</sup>, Khrutsky A.K.<sup>4</sup>, Khrutskaya O.A.<sup>5</sup>**<sup>1</sup>MD, <sup>2</sup>PhD in Biology, <sup>3</sup>Postgraduate student, <sup>4</sup>Postgraduate student, <sup>5</sup>director<sup>1,2,3,4</sup> Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod,<sup>5</sup>Limited Liability Company «Medical and Diagnostic Center», Veliky Novgorod**COMPETITIVENESS NETWORK PHARMACY IN VELIKY NOVGOROD****Abstract**

In market conditions the competitiveness of the organization is one of the important tasks of modern pharmacy. This index is examined on pharmacy chains in Veliky Novgorod. In our study, the concordance coefficient is 0.58, it indicates the consensus of expert opinions. They chose the location of pharmacy, its assortment of goods, staff qualification and the level of prices as the most important factors of the competitiveness. Based on expert opinions and survey of visitors in network pharmacies integral competitiveness index ranged from 0.915 to 0.949, it demonstrates that all three network pharmacies are sufficiently strong competitors. However, the calculation of each parameter of competitiveness from the viewpoint of buyers identified capabilities to improve the work of pharmacies.

**Keywords:** competitiveness, network pharmacy, pharmacy chains.

Изучению конкурентоспособности организации как основополагающего принципа её успешного существования на современном рынке в последнее время посвящено большое количество работ [4]. Однако, в условиях активного роста консолидации аптечных сетей конкурентоспособность представляется как никогда актуальной и важной темой для изучения.

Целью данной работы явилось изучение конкурентоспособности сетевых аптек в условиях фармацевтического рынка.

Материалы и методы исследования. Для изучения конкурентоспособности были выбраны аптеки сетей «Панацея-Н», «Калина-фарм», «Здоровье», расположенные в Великом Новгороде. Все изученные аптечные сети представлены классическими аптеками с закрытой выкладкой и находятся в местах большой проходимости.

Для определения конкурентоспособности был выявлен ряд параметров, значимых для посетителей при выборе аптеки. По данным социологических опросов, проводимых ЦМИ «Фармэксперт», для покупателей наиболее важными факторами идеальной аптеки являются широта ассортимента (69%), доступность цен (65%) и удобное месторасположение (38%). Для полной оценки конкурентоспособности должны учитываться и прочие признаки, отмеченные посетителями: атмосфера аптеки, время работы, торговый зал, квалификация персонала, консультационные услуги, время на обслуживание, скидки и акции, очереди, количество касс.

Однако, не все показатели конкурентоспособности равноценны. Для определения коэффициента весомости параметров использован метод экспертного ранжирования. Согласно рекомендации Вентцель Е.С. для обеспечения репрезентативности выборки в медицинских научных исследованиях применяется доверительная вероятность 90-95% с погрешностью 0,3-0,5. Исходя из таких показателей, определено оптимальное число экспертов, равное 11 [1,3].

Провизорам, выступившим в роли экспертов, была предложена анкета для распределения их предпочтений. Ранг №1 присваивался наиболее важному, по мнению эксперта, показателю; последующие места соответственно до ранга №12 присваивались показателям по мере уменьшения их значимости.

Далее проведена оценка согласованности мнений экспертов, путём расчёта коэффициента конкордации W, который определяется по формуле:

$$W = \frac{12 \cdot \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^k A_{ij} - K \cdot \left( \frac{H+1}{2} \right) \right]^2}{K^2 \cdot (H^3 - H)}$$

$\sum_{j=1}^k A_{ij}$  – сумма рангов, поставленных экспертами;

K – количество экспертов;

H – количество объектов ранжирования.

Коэффициент конкордации может изменяться в диапазоне  $1 > W > 0$ . При  $W=0$  согласованность мнений экспертов отсутствует, а при  $W=1$  согласованность полная.



На основании экспертного мнения определён коэффициент весомости для каждого показателя  $Y_i$ , отражающий его значимость относительно прочих параметров:

$$Y_i = (m \cdot n - S_j) : (m \cdot n - m \cdot R_n)$$

$m$  – число экспертов;

$n$  – число параметров;

$R_n$  – сумма рангов;

$S_j$  – сумма ранговых оценок для показателя.

Следующим шагом для определения конкурентоспособности стал опрос посетителей трёх выбранных нами сетевых аптек. На основании проранжированных показателей была составлена анкета, содержащая все 12 вышеупомянутых параметров и возможность их оценки на 0; 0,5 и 1 балл. Если показатель полностью удовлетворяет требованиям респондента – это 1 балл, частично удовлетворяет – 0,5 балла и, наконец, не удовлетворяет – 0 баллов.

На основании проведённых в аптеке опросов посетителей оценивалась конкурентоспособность каждого показателя  $KC_j$ , представленного в анкете, по представленной ниже формуле:

$$KC_j = (\sum q_i \cdot d_i) : m$$

$q_i$  – оценка критерия, которая может быть равна 0; 0,5 или 1 балл;

$d_i$  – количество посетителей, которые отдали предпочтение  $i$ -ому критерию;

$m$  – количество опрошенных посетителей.

Такой расчет ведётся по всем показателям для каждой аптеки.

Затем рассчитывается интегральный показатель конкурентоспособности каждой аптеки по формуле:

$$KC_{\text{интегр}} = \sum KC_j \cdot Y_i$$

Максимальное значение, которое может принять  $KC_{\text{интегр}} = 1$ .

Результаты исследования. Мнения экспертов отражены в таблице 1.

Наиболее важными эксперты сочли показатели: расположение, ассортимент, квалификация персонала и уровень цен в аптеке.

В нашем исследовании коэффициент конкордации  $W$  равен 0,58. Согласованность мнений экспертов считается вполне достаточной, если  $W \geq 0,5$ , то есть в данном случае мнения провизоров согласованы [5].

Таблица 1 – Ранжирование показателей конкурентоспособности экспертами

Параметр	Эксперт										
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10	№ 11
1. Расположение аптеки	1	3	1	1	1	1	1	1	2	2	3
2. Атмосфера аптеки	4	8	11	8	12	4	11	5	6	10	6
3. Время работы	5	4	3	12	7	8	7	3	8	5	5
4. Торговый зал	12	9	10	7	11	9	12	11	9	12	11
5. Квалификация персонала	2	2	5	3	3	7	2	9	1	3	4
6. Консультационные услуги	10	10	4	5	4	11	3	10	7	8	7
7. Время на обслуживание	7	6	7	9	5	10	8	12	11	9	8
8. Скидки и акции	8	11	9	6	6	12	6	8	4	7	9
9. Очереди	9	7	8	11	9	6	9	7	10	6	10
10. Количество касс	11	5	12	10	10	5	10	4	12	11	12
11. Средняя цена	6	12	6	4	8	3	4	6	5	1	1
12. Ассортимент	3	1	2	2	2	2	5	2	3	4	2

На основании мнения экспертов по каждому параметру рассчитан удельный вес показателей, выраженный в виде коэффициентов (табл. 2).

На последнем этапе определения конкурентности проведен опрос посетителей аптек. В соответствии с литературными данными достоверность результатов опроса обеспечивается при объеме выборки от 120 человек, больший объем показывает схожую достоверность. В связи с этим нами опрошено именно такое количество посетителей в трёх аптеках [6]. Так как мы изучаем мнение респондентов по поводу ряда показателей, то согласно рекомендациям И. Горбачёвой, в каждой аптеке опрошено равное количество человек – 40 [2].



Таблица 2 – Коэффициенты весомости показателей конкурентоспособности

Параметр	Коэффициент весомости
1. Расположение аптеки	0,16
2. Атмосфера аптеки	0,06
3. Время работы	0,09
4. Торговый зал	0,03
5. Квалификация персонала	0,13
6. Консультационные услуги	0,07
7. Время на обслуживание	0,06
8. Скидки и акции	0,06
9. Очереди	0,06
10. Количество касс	0,04
11. Средняя цена	0,1
12. Ассортимент	0,14
Сумма	1,0

В исследовании приняли участие 27% мужчин и 73% женщин. Большинство посетителей принадлежали к возрастной группе от 51 до 60 лет – 19%, далее по 17% - возрастные категории 61-70 и 31-40 лет; 16% - относились к диапазону от 41 и до 50, 13% - в интервале 21-30 лет, 11% респондентов попали в возрастную группу 71-80, младше 20 были 4% опрошенных и старше 80 – 3%.

В опросе приняли участие пенсионеры – 32%; специалисты – 23%; служащие – 16%; рабочие – 11%; студенты, учащиеся – 6%; домохозяйки – 5%; временно не работающие – 5%; 2% отнесли себя к иным социальным статусам.

Согласно распоряжениям правительства Новгородской области № 307-рг от 15.10.2014; № 15-рг от 23.01.2015 и № 89-рз от 31.03.2015, при опросе учитывались данные о прожиточном минимуме по Новгородской области на момент проведения исследования. 79% опрошенных ответили, что их доход выше прожиточного минимума, 16% - что он примерно равен и 5% посчитали его ниже минимума.

Результаты проведённых расчётов показали, что все три сетевые аптеки являются достаточно сильными конкурентами.  $КС_{интегр}$  аптеки сети «Калина-фарм» равен 0,937; сети «Панацея-Н» - 0,915 и аптеки сети «Здоровье» - 0,949. Максимальное значение интегрального показателя конкурентоспособности равно 1.

Такие высокие показатели вполне оправданы. Все изучаемые аптеки находятся в очень выгодно расположенных местах. «Калина-фарм» у железнодорожного и автовокзала, а также вблизи от центра города и часто посещаемого киноцентра. Аптека сети «Панацея-Н» находится на одной из самых оживлённых улиц города, в непосредственной близости от автобусной остановки с большим потоком людей и рядом с различными магазинами и офисами. «Здоровье» располагается в густонаселённом жилом квартале со значительным количеством торговых точек и активно заселяющимися многоэтажными домами.

Кроме того, все аптеки обеспечивают богатый выбор продукции и придерживаются гибкой ценовой политики, развивая при этом дисконтную систему. Крайне редки были негативные отзывы покупателей по поводу квалификации персонала и оказываемых ими консультаций.

Более всего посетители «Калины-фарм» были удовлетворены временем работы и местоположением. Эти параметры абсолютно все опрошенные оценили в 1 балл. Максимальное количество баллов в «Панасее-Н» получили атмосфера аптеки и торговый зал. А безоговорочным лидером среди показателей конкурентоспособности в аптеке «Здоровье» стало ее выгодное расположение.

Каждый из респондентов отдал вышеперечисленным признакам по 1 баллу, тем самым обозначив их как сильные стороны аптек в нашем исследовании.

При рассмотрении в ходе расчётов каждого параметра конкурентоспособности в отдельности, можно сделать вывод, что, с точки зрения покупателей, можно было бы улучшить в аптеке «Панацея-Н» дисконтную систему, более активно внедрять различные акции и уведомлять о них посетителей. Возможно, стоило бы рассмотреть проблему очередей и режим функционирования аптеки в часы максимального наплыва покупателей.

Для аптеки «Калина-фарм», вероятно, полезным было бы увеличение числа работающих касс в моменты скопления большого количества посетителей в аптеке, так как параметр «очереди» имел в ходе расчётов наименьший результат, а значит менее всего удовлетворял респондентов. Аптеке «Здоровье» можно было бы предложить более активно акцентировать внимание посетителей на имеющихся скидках и акциях, проводимых в аптеке, чаще предлагать свои дисконтные карты.

### Литература

1. Борисова О.А., Джупарова И.А. Методические основы оценки конкурентоспособности антигипертензивных лекарственных препаратов на фармацевтическом рынке // Медицина и образование в Сибири. – 2010. – №5. [http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text\\_full.php?id=445](http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=445)
2. Горбачёва И. Краткий курс по методам математической статистики. Электронный ресурс: <http://www.statwork.net>
3. Колкутин В.В., Пинчук П.В., Васнецова О.А. Об отборе экспертов для анализа конкурентоспособности аппаратно-технических средств для проведения судебных экспертиз // Проблемы экспертизы в медицине. – 2005. Т. 5. № 17. – С. 5 – 8

4. Бойко В.Н., Лисовский П.А. Существует ли конкуренция на аптечном рынке России // Новая аптека. Эффективное управление. – 2011. – № 9. – С. 27 – 33.

5. Мансуров Р.Е. Экспертный метод формирования набора показателей конкурентоспособности энергетических предприятий [Административно-управленческий портал]. URL: <http://www.aup.ru>

#### References

1. Borisova O.A., Dzhuparova I.A. Metodicheskie osnovy ocenki konkurentosposobnosti antigipertenzivnyh lekarstvennyh preparatov na farmacevticheskom rynke//Medicina i obrazovanie v Sibiri. – 2010. – №5. Jelektronnyj resurs: [http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text\\_full.php?id=445](http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=445)

2. Gorbachjova I. Kratkij kurs po metodam matematicheskoj statistiki. Jelektronnyj resurs: <http://www.statwork.net>

3. Kolkutin V.V., Pinchuk P.V., Vasnecova O.A. Ob otbore jekspertov dlja analiza konkurentosposobnosti apparatno-tehnicheskikh sredstv dlja provedenija sudebnyh jekspertiz // Problemy jekspertizy v medicine. – 2005. – Т. 5. – № 17. – С. 5 – 8

4. Bojko V.N., Lisovskij P.A. Sushhestvuet li konkurencija na aptechnom rynke Rossii // Novaja apteka. Jefferktivnoe upravlenie. – 2011. № 9. S. 27 – 33.

5. Mansurov R. E. Ekspertnyj metod formirovaniya nabora pokazatelej konkurentosposobnosti energeticheskikh predpriyatij. [Administrativno-upravlencheskij portal] URL: <http://www.aup.ru>

### ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.218

Лопатина А.Б.

Кандидат педагогических наук,

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

#### МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ДНК

#### Аннотация

*Данная работа посвящена описанию методов изучения ДНК и химических реакций, протекающих в клетках бактерий. Успехи современной науки огромны, но даже при таком прогрессивном изучении молекулярных и субмолекулярных процессов, процессы самовосстановления, саморегуляции и репарации ДНК, превосходят все ожидания. Представлено описание метода изучения ДНК посредством проведения полимеразной цепной реакции (ПЦР), что базируется на естественных для самой молекулы ДНК процессах комплементарности и репарации.*

**Ключевые слова:** ДНК, репарация, ПЦР.

Lopatina A.B.

PhD in Pedagogy,

Perm National Research Polytechnic University

#### RESEARCH METHOD DNA

#### Abstract

*This work is devoted to description of methods for studying DNA and chemical reactions in the cells of the bacteria. The success of modern science are enormous, but even with such a progressive study of molecular and submolecular processes, self-healing processes of self-regulation and DNA repair, surpass all expectations. The description of the method of studying the DNA by polymerase chain reaction (PCR), which is based on natural for most molecules of DNA repair processes and complementarity.*

**Keywords:** DNA, repair, PCR.

Статья изъята

Статья изъята

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.219

Лопатина А.Б.

Кандидат педагогических наук,

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

**ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ НАБОРЫ ДЛЯ ПЦР**

**Аннотация**

*Метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) позволяет определить наличие чужеродной ДНК в крови, что является важным диагностическим методом многих инфекционных заболеваний. Высокая чувствительность данного метода осложняет его проведение, поскольку всегда существует риск контаминировать исследуемый материал и лабораторную посуду другими инфекционными агентами, что заставляет проводить исследование в условиях, приближенных к стерильным. Описаны диагностические наборы для проведения ПЦР - диагностики.*

**Ключевые слова:** ДНК, ПЦР, диагностика.

**Lopatina A.B.**

PhD in Pedagogy,

Perm National Research Polytechnic University

**DIAGNOSTIC KITS FOR PCR**

**Abstract**

*Polymerase chain reaction (PCR) method to determine the presence of the foreign DNA in the blood, which is an important diagnostic method for many infectious diseases. The high sensitivity of this method is complicated by his conduct, since there is always a risk to contaminate the test material and laboratory glassware other infectious agents that causes to carry out research in conditions close to sterile. Described diagnostic kits for PCR - diagnosis.*

**Keywords:** DNA, PCR diagnostics.

Статья изъята

Статья изъята

---

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.193

Никитин Ю.Н.<sup>1</sup>, Игизбаев М.Г.<sup>2</sup>, Вайц К.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Доктор технических наук, <sup>2</sup>соискатель, <sup>3</sup>студент,

Сибирский казачий институт технологий и управления (филиал)

ФГБОУ ВО «МГУТУ имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», г. Омск

**О РОЛИ ТЕХУГЛЕРОДА В ИЗМЕНЕНИЯХ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ  
ХИМИЧЕСКИХ СЕТОК НК**

*Аннотация*

*Исследовано влияние содержания техуглерода на аномалии условно-равновесного модуля и изменения формы кривых напряжение-деформация сеток НК. Исследовано влияние структурности техуглерода и концентрации активных цепей на свойства химических сеток с критическим наполнением, превращающим резину в аморфную пластмассу. Изучены особенности влияния структурности техуглерода серийной и макропористых марок на прочностные и электропроводящие свойства резин.*

**Ключевые слова:** техуглерод, резина, растяжение, аномалии модуля.

Nikitin Yu. N.<sup>1</sup>, Igizbaev M. G.<sup>2</sup>, Vaits K.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PhD in Engineering, <sup>2</sup>applicant, <sup>3</sup>student

Siberian Cossack Institute of technology and management (branch) of Federal State budgetary educational institution in «MGUTU name K.G. Razumovsky (First Cossack University)», Omsk

**ABOUT ROLE OF CARBON BLACK IN THE CHANGES  
OF STRUCTURE WITH STRETCHING OF CHEMICAL NETS NR**

*Abstract*

*The influence of carbon content on the anomalies of conditional equilibrium module and change the shape of the stress-strain curves of nets. The influence of structure of carbon black and the concentration of active circuits on the properties of nets with critical content, make the rubber in loose plastic. The influence of the technical architecture of the particularities of the serial and makroporistyh stamps on strength and conductive properties of rubber.*

**Keywords:** carbon black, rubber, stretching, anomalies of the module.

Ранее сообщалось о роли слабых взаимодействий в аномальных изменениях условно-равновесного модуля и механизмах упрочнения и усиления эластомерных сеток при растяжении стандартных вулканизатов НК [1]. Кристаллиты вытянутых цепей (КВЦ) упрочняют ненаполненную сетку с кратности 5, а адсорбционное связывание

сегментов техуглеродом выравнивает длину активных цепей, преодолевая более слабые силы их ориентационной кристаллизации, что сразу усиливает сетку до уровня, не зависящего от кратности растяжения. При этом структурность техуглерода повышает максимальное значение модуля и изменяет механизм диссипации перенапряжений при растяжении сетки от скольжения активных цепей по поверхности небольших агрегатов до разрывов, когда их прочность превысят адсорбционные силы удерживания связанных сегментов [2]. Для исследования роли техуглерода и плотности химического сшивания в усилении сеток готовили смеси по рецепту ASTM D3192 с уменьшением продолжительности смешения на вальцах пропорционально его количеству и вулканизовали в прессе 30 мин при 145°C.

При растяжении ненаполненной сетки НК разрывами коротких цепей снижается истинное напряжение (модуль) и диссипируются перенапряжения, а кристаллизационное упрочнение придаёт кривым S-образную форму (рис.1) [1]. Добавка 10 мас.ч. техуглерода N326 уже выравнивает перенапряжения в сетке без снижения модуля, а наполнение до 50 мас.ч усиливает её и ускоряет кристаллизационное упрочнение оставшихся свободных сегментов цепей, что повышает условные напряжения и модули вулканизатов (кривые чёрного цвета). С увеличением наполнения сетки до 75-100 мас.ч. техуглерода при кратности растяжения 1,5-2 появляется и растёт максимум по модулю с последующим снижением до разрыва образцов и заменяется S-образная на линейную форму зависимости условного напряжения, как у аморфных пластмасс. Высокая структурность техуглерода N375 снижает до 75 мас.ч. максимум наполнения сетки, когда появляются аналогичные деформационные эффекты, а максимум по модулю появляется уже при 50 мас.ч. наполнения (кривые синего цвета). Выявленные взаимосвязи максимума наполнения со структурностью техуглерода и изменениями структуры сеток объясняются уменьшением количества оставшихся свободных сегментов каучука до критического уровня (около 20%), ниже которого из-за нарастающей жёсткости смесей затрудняются процессы диспергирования. Смесей начинают проявлять анизотропность свойств: 2,6 МПа с удлинением при разрыве 530% вдоль вальцевания и 2,1 МПа с удлинением 615% - поперёк вальцевания. Прочность ненаполненной и малонаполненных резин (27-28 МПа) ускоренно снижается до 19-20 МПа в максимуме наполнения, при этом с повышением структурности техуглерода снижение замедляется. Результаты подтверждают вывод о более высокой энергии адсорбционного связывания сегментов каучука техуглеродом по сравнению с их межмолекулярным взаимодействием в КВИЦ [1]. С увеличением доли связанных сегментов каучука укорачиваются активные цепи, что ускоряет упрочнение сетки кристаллитами и уменьшает до нуля вклад такого упрочнения в формирование прочности резины. Введение в смесь с максимумом наполнения высокоструктурным техуглеродом удвоенного и утроенного количества серы и ускорителя повышает угол наклона зависимости условного напряжения от кратности растяжения и соответственно плотность сетки твёрдой резины, но снижает до 16-17 МПа её прочность.

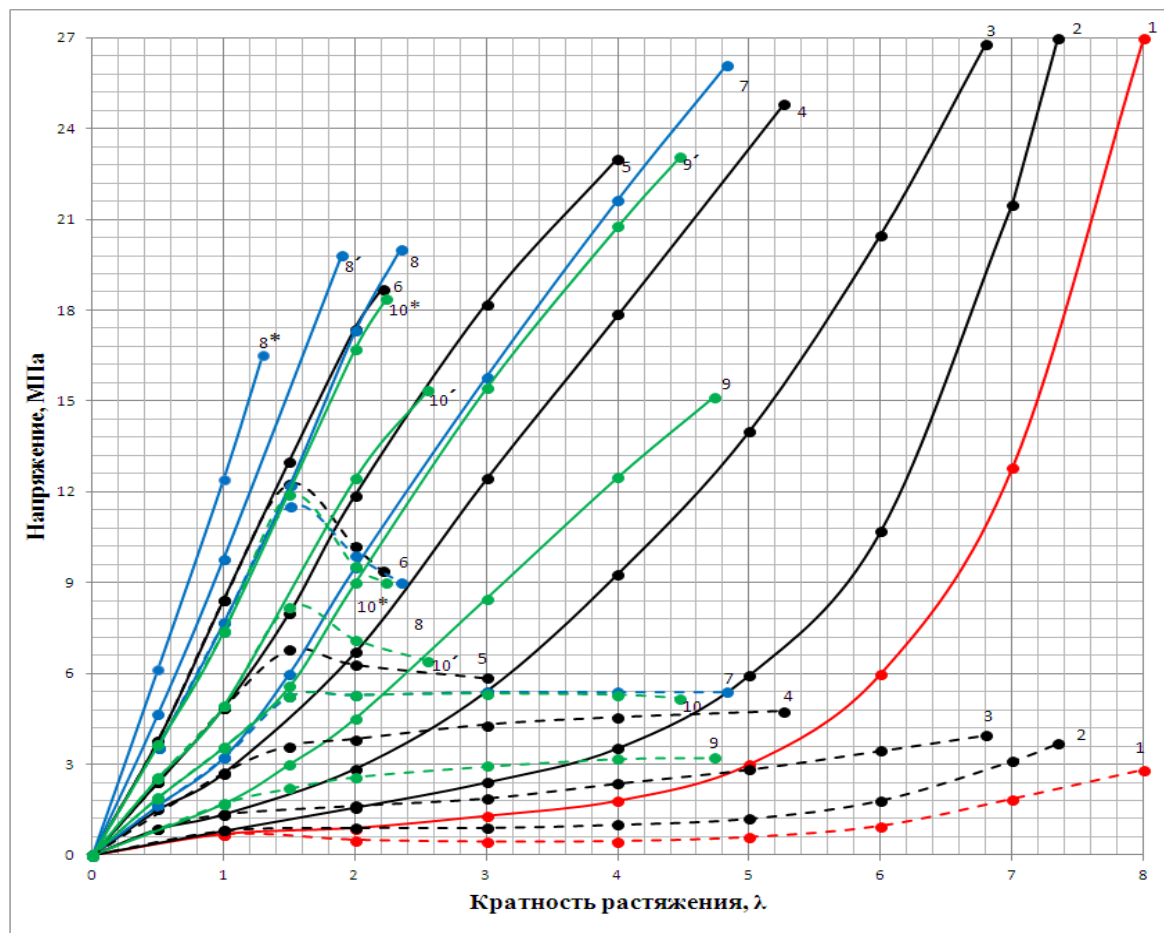


Рис. 1 – Зависимость условного (—) и истинного (---) напряжения от кратности растяжения сеток НК, наполненных техуглеродом (мас.ч.): N326 – 1-0; 2-10; 3-25; 4-50; 5-75; 6-100; N375 – 7-50; 8-75; SN220 – 9-50; 10-75. Количество серы и ускорителя: 8',9',10' – удвоенное; 8\*,10\* – утроенное; в других смесях - стандартное.

Образец техуглерода СН220 из серии пористых марок США с удельными внешней и общей поверхностями 133 и 268 м<sup>2</sup>/г соответственно и расчётными показателями площади макропор 74,3% и микропор - 50,6% является продуктом технологии полуактивного высокоструктурного техуглерода N550 [3,4]. Заниженный уровень его физико-химических свойств указывает на термоокислительный режим разложения сырья с газификацией частиц при их формировании, что уменьшало их диаметр и занижало расчётную макропористость. Подобно другим пористым маркам [5], он акцептирует электроны азотсодержащего ускорителя, снижая эффективность серной вулканизации и соответственно прочность при растяжении стандартной резины до 15 МПа (кривые зелёного цвета). При удвоении в рецепте стандартной резиновой смеси содержания серы и ускорителя он догоняет по напряжениям резины высокоструктурный техуглерод N375, а по прочности при растяжении – даже превосходит N326. Прочность резины с 75 мас.ч. этого техуглерода даже при удвоенной вулканизирующей группе не достигает и 16 МПа, а при утроенной вулканизирующей группе в такой смеси резина догоняет по напряжениям и прочности резину, наполненную 100 мас.ч. активного техуглерода N326. Свойства резин с СН220 значительно повысятся и без усиления вулканизирующей группы смесей после нормализации микроструктуры пористого техуглерода путём перераспределения его олигомеров изнутри частиц на поверхность методом электропрогрева в массе [6]. Поэтому пористые марки на базе полуактивных печных технологий весьма перспективны для применения в производстве композиционных шин и ударопрочных пластмасс.

При испытании на сдвиговом реометре минимальный крутящий момент ( $M_{мин}$ ) информирует о вязкоупругих свойствах резиновой смеси, максимальный ( $M_{макс}$ ) – о степени её вулканизации, а прирост момента ( $\Delta M = M_{макс} - M_{мин}$ ) – о плотности химической сетки резины. Плотность сетки стандартных резин, как и максимум их модуля при растяжении [2], изменяется от структурности техуглерода классических технологий по линейным зависимостям, которые заметно сближаются в области высокой структурности, а прочность при растяжении изменяется незначительно в пределах 22-26 МПа (табл.1). При низкой структурности техуглерода прочность резин не зависит от его дисперсности, а с повышением её несколько растёт у резин с активными марками, что связано увеличением при их диспергировании количества химически связываемого каучука в виде углерод-каучукового геля. Поэтому полуактивный высокоструктурный техуглерод N550 заметно уступает по прочности стандартных резин и полуактивному низкоструктурному N772, и всем активным, особенно техуглероду N375. Техуглерод СН220 отличается от всех печных марок первой американской серии наименьшими значениями скорости вулканизации смесей, плотности их сшивания и прочности резины, что роднит его с П399Э – продуктом газификации в технологии N330 и легко устраняется как недостаток рецептурным способом или термической модификацией [3-6].

Таблица 1 – Влияние структурности техуглерода на свойства стандартных резиновых смесей на основе НК

Наименование свойств	CH220	N347	N375	N326	N550	N660	N772
Абсорбция ДБФ, мл/100г	192,0	123,1	112,0	70,1	122,0	88,7	67,8
Время оптимума вулк. при 160°C, мин	13,64	7,20	7,16	7,42	7,72	8,45	7,91
Миним. крутящий момент ( $M_{мин}$ ), Н·м	4,4	3,52	2,82	2,46	2,08	1,85	1,44
Макс. крутящий момент ( $M_{макс}$ ), Н·м	14,3	17,25	16,41	14,89	15,45	13,69	12,22
Плотность сетки ( $M_{макс} - M_{мин}$ ), Н·м	9,9	13,73	13,59	12,43	13,37	11,84	10,78
Прочность при растяж. резины, МПа	17,9	25,1	25,6	24,8	22,1	22,3	23,5

Усиливающий эффект печного техуглерода не реализуется без сетки химических связей, и с увеличением времени вулканизации и соответственно плотности сшивания цепей растут напряжения и прочность при растяжении резины [7]. Результаты испытания техуглерода СН220 подтвердили это: при минимальной плотности сетки стандартная резина с ним имеет и наименьшую прочность при растяжении (табл.1), а с увеличением плотности сетки в два раза повышается прочность резины (рис.1). Для достижения высокой прочности резины с 75 мас.ч этого техуглерода требуется создание ещё более плотной сетки, а для такой же резины с N375 полезнее уменьшение её плотности. Главной особенностью нового поколения углеродных наполнителей, получаемых выжиганием неупорядоченного материала внутри сферических частиц полуактивных марок, является макропористость и соответственно недостижимые для марок старого поколения показатели абсорбции ДБФ. Каждая частица такого техуглерода – это полупустой внутри агрегат, связывающий много каучука и прочно его удерживающий, что подтверждается высоким минимальным крутящим моментом смесей. Первым из таких наполнителей был П399Э, а наиболее оптимальным может оказаться полученный на базе N772. К сожалению, как получилось и с первой серией американских наполнителей, авторы статей [8] предполагают организацию производства новой пористой серии с целью продажи западным фирмам по производству шин, которые уже запатентовали технологии их улучшения методом электрополимеризации [4]. Поэтому информация больше похожа на рекламу, а реальная тщательно скрывается, результаты исследований и попытки их объяснения вызывают множество вопросов.

#### Литература

1. Никитин Ю.Н. Деформационные изменения структуры эластомерных сеток. // Research Journal International Studies, 2015, №11 (42), Ч. 3 - С.58-62.
2. Никитин Ю.Н., Скрипник А.А., Вайц К.А. О связи деформационных изменений структуры сеток НК со структурностью техуглерода. // Research Journal International Studies, 2016, №3 (45), Ч. 3. - С. 90 – 93.
3. Никитин Ю.Н. К пятидесятилетию технологий активного печного техуглерода СССР. // Research Journal International Studies, 2016, №4 (46), Ч. 6. - С. 153-156.
4. Никитин Ю.Н., Игизбаев М.Г., Вайц К.А., Бодагов Д.Ю. Пятьдесят лет развития печного техуглерода России. // Research Journal International Studies, 2016, №5 (47), Ч. 5. - С. 108-112.

5. Никитин Ю.Н., Родионов В.А., Ходакова С.Я. Особенности рецептуростроения резин с высокопористым печным техуглеродом. // Каучук и резина, 2003, №3.- С. 16-19.
6. Никитин Ю.Н., Ходакова С.Я., Аникеев В.Н. Повышение эффективности применения пористого печного техуглерода электроразогревом в массе. // Каучук и резина. - 2007. - №1. - С. 28 – 29.
7. Никитин Ю.Н., Скрипник А.А., Процкая Л.А. О структуре эластомерных сеток натурального каучука. // Research Journal International Studies, 2015, №7 (38), Ч.2. - С. 54.
8. Караваев М.Ю., Раздьяконова Г.И., Стрижак Е.А. и др. Исследование электропроводного технического углерода серии «ОМКАРБ» // Каучук и резина, 2014, №1.-С.40; 2014, №2.-С.38.

## References

1. Nikitin Ju.N. Deformacionnye izmenenija struktury jelastomernyh setok. // Research Journal International Studies, 2015, №11 (42), Ch. 3 - S.58-62.
2. Nikitin Ju.N., Skripnik A.A., Vajc K.A. O svyazi deformacionnyh izmenenij struktury setok NK so strukturnost'ju tehugleroda. // Research Journal International Studies, 2016, №3 (45), Ch. 3. - S. 90 – 93.
3. Nikitin Ju.N. K pjatidesjatiletiju tehnologij aktivnogo pechnogo tehugleroda SSSR. // Research Journal International Studies, 2016, №4 (46), Ch. 6. - S. 153-156.
4. Nikitin Ju.N., Igizbaev M.G., Vajc K.A., Bodagov D.Ju. Pjat'desjat let razvitija pechnogo tehugleroda Rossii. // Research Journal International Studies, 2016, №5 (47), Ch. 5. - S. 108-112.
5. Nikitin Ju.N., Rodionov V.A., Hodakova S.Ja. Osobennosti recepturostroenija rezin s vysokoporistym pechnym tehuglerodom. // Kauchuk i rezina, 2003, №3.- S. 16-19.
6. Nikitin Ju.N., Hodakova S.Ja., Anikeev V.N. Povyshenie jeffektivnosti primenenija poristogo pechnogo tehugleroda jelektrozogrevom v masse. // Kauchuk i rezina. - 2007. - №1. - S. 28 – 29.
7. Nikitin Ju.N., Skripnik A.A., Prockaja L.A. O strukture jelastomernyh setok natural'nogo kauchuka. // Research Journal International Studies, 2015, №7 (38), Ch.2. - S. 54.
8. Karavaev M.Ju., Razd#jakonova G.I., Strizhak E.A. i dr. Issledovanie jelektroprovodnogo tehničeskogo ugleroda serii «ОМКАРБ» // Kauchuk i rezina, 2014, №1.-S.40; 2014, №2.-S.38.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.168

Рубашкин А.А.<sup>1</sup>, Цыганов А.Б.<sup>2</sup>, Воротынцев М.А.<sup>3</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-9054-0574, Кандидат химических наук, Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-2245-3097, Кандидат физико-математических наук, ООО «Интро-Микро», Санкт-Петербург,<sup>3</sup>ORCID: 0000-0002-0720-4300, Доктор физико-математических наук, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-03-00221

**ТЕОРИЯ  $K^+/Na^+$  СЕЛЕКТИВНОСТИ ВОДНОЙ ПОЛОСТИ В  $K^+$  КАНАЛЕ ДЛЯ ПОЛЮСНЫХ МОДЕЛЕЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ РАСТВОРИТЕЛЯ****Аннотация**

В статье рассмотрено применение нелокально-электростатической теории сольватации ионов к расчету  $K^+/Na^+$  селективности в центральной полости, находящейся в центре  $K^+$  канала. Показано, что при увеличении корреляционной длины воды в полости в три раза по сравнению с ее значением в свободном растворе величина  $K^+/Na^+$  селективности равна двум для расчета по двухполюсной модели диэлектрической функции растворителя. С учетом разницы концентраций  $K^+$  и  $Na^+$  внутри клетки из этого следует, что доля  $K^+$  каналов, в полости которых проникают катионы  $Na^+$ , по крайней мере на порядок меньше, чем количество каналов, свободных для транспорта  $K^+$ .

**Ключевые слова:** энергия сольватации, ионный обмен, нелокальная электростатика.Rubashkin A.A.<sup>1</sup>, Tsyganov A.B.<sup>2</sup>, Vorotyntsev M.A.<sup>3</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-9054-0574, PhD in Chemistry, Institute of Cytology, Russian Academy of Sciences,Saint-Petersburg, Russia, <sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-2245-3097, PhD in Physics and mathematics, Intro-Micro LLC,Saint-Petersburg, Russia, <sup>3</sup>ORCID: 0000-0002-0720-4300, DSci in Physics and mathematics,

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

**THEORY OF  $K^+/Na^+$  SELECTIVITY IN WATER CAVITY OF  $K^+$  CHANNEL FOR THE POLE MODELS OF DIELECTRIC FUNCTIONS OF THE SOLVENT****Abstract**

The article considers the use of nonlocal-electrostatic theory of ion solvation to the calculation of  $K^+/Na^+$  selectivity in the central cavity of  $K^+$  channel. It is shown that by increasing the correlation length of the water in the cavity is three times as compared with its value in free solution the magnitude of  $K^+/Na^+$  selectivity is two for the calculation on the two-pole model of the dielectric function of the solvent. Considering the difference of concentrations  $K^+$  and  $Na^+$  inside the cell follows from this, that the proportion of  $K^+$  channels, in the cavity of which penetrate the cations  $Na^+$ , at least an order of magnitude smaller than the number of channels available for the transport of  $K^+$ .

**Keywords:** solvation energy, ion exchange, nonlocal electrostatics.**Селективность центральной полости в  $K^+$  канале**

В работе [1], выполненной в лаборатории Р. Маккиннона (R. MacKinnon) и за которую в 2003 г. он получил нобелевскую премию по химии, было экспериментально доказано существование центральной водной полости в середине бактериального  $KcsA$  канала. Эта работа обсуждалась в известной монографии Хилле [2], а существование водной полости в  $K^+$  каналах другого типа было показано в [3].



В [4-6] применялись теоретические методы для моделирования водной полости  $K^+$  канала. Так в [4] Маккиннон с соавтором применил методы молекулярной динамики и классической электростатики для моделирования процесса стабилизации катиона  $K^+$  в этой полости, а в [5-6] использовались методы квантовой механики для анализа селективности полости.

Величина  $K^+/Na^+$  селективности  $K^+$  канала определяется селективным фильтром [1-3], однако водная полость канала также должна обладать некоторой  $K^+/Na^+$  селективностью, хотя и значительно меньшей, чем его селективный фильтр. В противном случае значительная часть центральных полостей  $K^+$  каналов были бы заполнены катионами  $Na^+$ , которые не могли бы двигаться дальше через канал из-за того, что селективный фильтр  $K^+$  канала не пропускал бы их. В этом случае катионы  $Na^+$  в полости находились бы в состоянии ион обменного равновесия с раствором, а катионы  $K^+$  не смогли бы проходить через такие каналы из-за электростатического отталкивания с катионами  $Na^+$ .

В настоящей работе проведено изучение  $K^+/Na^+$  селективности полости методами нелокальной электростатики [7-8], при этом использовались полюсные [9-10] модели диэлектрической функции растворителя.

#### Расчет энергии сольватации ионов методами нелокальной электростатики

Энергия сольватации  $W$  иона в свободном растворе будет вычисляться по формулам нелокально-электростатической теории [9-10] для случая, когда заряд иона имеет сферически-симметричное распределение и находится на борновской сфере радиуса, равному радиусу иона  $r_i$ .

Приведем формулы для моделей нелокального диэлектрического отклика растворителя (заполняющего все пространство)  $\epsilon(k)$ , на которые будем ссылаться в дальнейшем изложении. В литературе эти модели называются "приближениями нескольких (1, 2 или 3) дискретных мод" или "полюсными моделями" [8]. В этих формулах  $k$  - волновой вектор,  $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$  - диэлектрические проницаемости, а  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  - корреляционные длины, соответствующие электронным (индекс 1), инфракрасным (индекс 2) и дебаевским (индекс 3) степеням свободы. Согласно [8] численные значения диэлектрических проницаемостей для воды:  $\epsilon_1 = 1.8$ ,  $\epsilon_2 = 5$ ,  $\epsilon_3 = \epsilon_s = 78$  ( $\epsilon_s$  - статическая диэлектрическая проницаемость воды), а корреляционных длин:  $\lambda_1 = 0.5 \text{ \AA}$ ,  $\lambda_2 = 1 \text{ \AA}$ , а величина наибольшей из корреляционных длин  $\lambda_3$  ( $\lambda_3 = \Lambda_0$  - корреляционная длина в цепочках водородной связи, где  $\Lambda_0$  - ее значение в свободном растворе) используется в качестве подгоночного параметра, который для свободного раствора принимается равным:  $\Lambda_0 = 3 \text{ \AA}$ .

В трёхполюсной модели  $\epsilon(k)$  имеет вид:

$$\frac{1}{\epsilon(k)} = 1 - \frac{1 - 1/\epsilon_1}{1 + (k\lambda_1)^2} - \frac{1/\epsilon_1 - 1/\epsilon_2}{1 + (k\lambda_2)^2} - \frac{1/\epsilon_2 - 1/\epsilon_3}{1 + (k\lambda_3)^2} \quad (1)$$

Поскольку  $\lambda_1$  мало, то в знаменателе второго члена в правой части (1)  $1 \gg (k\lambda_1)^2$  для интервала значений  $k$ , дающих основной вклад в энергию сольватации. При этом модель (1) переходит в двухполюсную модель [9], в которой  $\epsilon(k)$  имеет вид:

$$\frac{1}{\epsilon(k)} = \frac{1}{\epsilon_1} - \frac{1/\epsilon_1 - 1/\epsilon_2}{1 + (k\lambda_2)^2} - \frac{1/\epsilon_2 - 1/\epsilon_3}{1 + (k\lambda_3)^2} \quad (2)$$

Приведем формулы для энергий сольватации в теории Корнышева [8-10] для модели, когда заряд иона равномерно распределен по поверхности сферы радиуса, совпадающего с радиусом иона (борновская модель иона). Энергия выражается через вспомогательную функцию  $f(y)$ :

$$f(y) = 1 - (1 - \exp(-y)) / y \quad (3)$$

В двухполюсной модели [9] энергия сольватации  $W_0$  зависит от радиуса иона  $r_i$ :

$$W_0(r_i) = (e^2 / 2r_i) [C_1 + C_2 f(2r_i / \lambda_2) + C_3 f(2r_i / \Lambda_0)], \quad (4)$$

где  $e$  - заряд электрона,  $r_i$  - радиус иона. Коэффициенты  $C_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) определяются через диэлектрические константы:

$$C_1 = 1 - 1/\epsilon_1 = 0.444; \quad C_2 = 1/\epsilon_1 - 1/\epsilon_2 = 0.352; \quad C_3 = 1/\epsilon_2 - 1/\epsilon_3 = 0.191.$$

Для качественных оценок часто используется однополюсная модель  $\epsilon(k)$  [10], которая получается пренебрежением дисперсии диэлектрического отклика в промежуточном интервале длин волн:  $\epsilon_2 = \epsilon_1$ . Тогда формула (2) переходит в формулу:

$$\frac{1}{\epsilon(k)} = \frac{1}{\epsilon_1} - \left( \frac{1}{\epsilon_1} - \frac{1}{\epsilon_3} \right) \frac{1}{1 + (k\lambda_3)^2} \quad (5)$$

Для однополюсной модели [10] энергия сольватации  $W_0$  рассчитывается по следующей формуле, в которой функция  $f(y)$  определяется формулой (3).

$$W_0(r_i) = (e^2 / 2r_i) \{C_1 + [C_1 + C_3] f(2r_i / \Lambda_0)\}. \quad (6)$$

**Расчет изменения энергии сольватации при переходе катионов  $K^+$  и  $Na^+$  из свободного раствора в центральную полость  $K^+$  канала. Ионный обмен между раствором и полостью.**

В этом разделе нелокально-электростатическая теория ионной сольватации [7-10] применяется к моделированию ионного обмена  $K^+$  и  $Na^+$  между раствором и полостью, окруженной белковым веществом. Наш подход к этому явлению основывается на предположении о том, что этот процесс определяется изменением энергии сольватации ионов  $\delta W$  при их переходе из свободного раствора в полость. В соответствии с нелокальной электростатикой энергия  $\delta W$  зависит как от радиусов ионов, так и от параметров воды в полости (корреляционных длин, коротковолновой и статической диэлектрических проницаемостей). Согласно [11], корреляционная длина воды в окрестности белков

значительно превышает ее значение  $\Lambda_o$  в объёме раствора. Для полости это приводит к тому, что величина  $\delta W$  отличается от нуля, и как следствие к возникновению  $K^+/Na^+$  селективности в ней.

Энергия  $K^+$  и  $Na^+$  в полости состоит из трех слагаемых. Первые из этих слагаемых  $\delta W_{K^+}$  и  $\delta W_{Na^+}$  определяются энергией пересольватации  $K^+$  и  $Na^+$  из-за перехода этих катионов в среду с другими параметрами, поскольку корреляционная длина воды в полости  $\Lambda_{Cav}$  (нижний индекс 'Cav' от английского 'cavity') превышает ее значение в свободном растворе  $\Lambda_o$ . Второе слагаемое  $W_{im}$  обусловлено ролью спиральных фрагментов белковых молекул, ограничивающих центральную полость канала [1-4]. Роль этого эффекта в изменении энергии иона при его переходе в полость для случая сферической полости была изучена нами в [12]. Вторые слагаемые  $W_{im}(K^+)$  и  $W_{im}(Na^+)$  для  $K^+$  и  $Na^+$  в полости можно считать одинаковыми из-за того, что разница радиусов  $K^+$  и  $Na^+$  значительно меньше размеров центральной полости  $K^+$  канала. Третьи слагаемые - электростатическое взаимодействие ионов в полости с заряженными группами белков, окружающих полость:  $e\phi_{Cav}$ , где  $\phi_{Cav}$  - электростатический потенциал в полости.

При расчете  $S_{K^+/Na^+}$  - величины  $K^+/Na^+$  селективности полости по формуле (7) множители, содержащие  $\exp(W_{im})$ , как и множители  $\exp(e\phi_{Cav})$ , сокращаются, и ее величина определяется только энергиями  $\delta W_K$  и  $\delta W_{Na}$ :

$$S_{K^+/Na^+} = \exp\{-[\delta W(r_{K^+}) + W_{im} + e\phi_{Cav}] / kT\} / \exp\{-[\delta W(r_{Na^+}) + W_{im} + e\phi_{Cav}] / kT\} \quad (7)$$

При выводе формулы (7) мы использовали равенство электрохимических потенциалов ионов в полости и в свободном растворе, нашли их концентрации в полости, а  $K^+/Na^+$  селективность полости определили, как отношение концентрации  $K^+$  в полости к концентрации  $Na^+$ .

Энергия сольватации  $W_{Cav}$  в полости зависит от радиуса иона и от корреляционной длины  $\Lambda_{Cav}$  воды в полости. Формула (4), по которой энергия сольватации рассчитывалась для двухполюсной модели  $\epsilon(k)$  при  $\lambda_3 = \Lambda_o$ , для иона в полости ( $\lambda_3 = \Lambda_{Cav}$ ) имеет вид:

$$W_{Cav}(r_i) = (e^2 / 2r_i)[C_1 + C_2 f(2r_i / \lambda_2) + C_3 f(2r_i / \Lambda_{Cav})], \quad (8)$$

а для случая однополюсной модели  $\epsilon(k)$  формула (6) для  $W_{Cav}$  переходит в:

$$W_{Cav}(r_i) = (e^2 / 2r_i)\{C_1 + [C_1 + C_3] f(2r_i / \Lambda_{Cav})\}. \quad (9)$$

Разница энергии сольватации иона  $\delta W$  между её значением в свободном растворе и водной полости канала:

$$\delta W(r_i) = W_o(r_i) - W_{Cav}(r_i). \quad (10)$$

Пользуясь формулой (10), определим энергии пересольватации  $Na^+$  и  $Cl^-$  с помощью соотношений:

$$\delta W_{Na^+} = \delta W(r_{Na^+}); \quad \delta W_{K^+} = \delta W(r_{K^+}) \quad (11)$$

Селективность в полости определяется формулой (12), которая следует из формулы (7):

$$S_{K^+/Na^+} = \exp\{[-\delta W_{K^+} + \delta W_{Na^+}] / kT\}. \quad (12)$$

#### Результаты расчета $K^+/Na^+$ селективности водной полости

На Рис. 1 представлены результаты расчета  $K^+/Na^+$  селективности водной полости, окруженной белками.

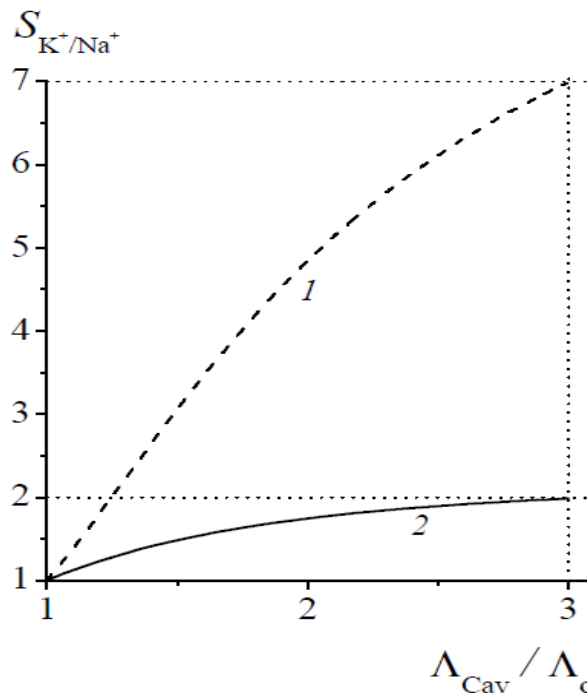


Рис. 1 –  $K^+/Na^+$  селективность в водной полости  $S_{K^+/Na^+}$  в зависимости от корреляционной длины  $\Lambda_{Cav}$  в полости

По оси ординат:  $S_{K^+/Na^+}$  рассчитанная по формуле (12). По оси абсцисс: отношение корреляционной длины воды  $\Lambda_{Cav}$  в полости к  $\Lambda_o$  – значению корреляционной длины в свободном растворе, равному 3 Å. Штриховая кривая 1 рассчитана для однополюсной модели  $\epsilon(k)$ , а сплошная кривая 2 - для двухполюсной модели  $\epsilon(k)$ . Радиусы  $Na^+$  и  $K^+$  взяты по шкале Гурари и Адриана [13]:  $r_{Na^+} = 1.17$  Å,  $r_{K^+} = 1.49$  Å.

**Выводы из расчетов  $K^+/Na^+$  селективности полости**

При увеличении корреляционной длины воды в полости в 3 раза величина  $S_{K^+/Na^+}$  увеличивается в два раза для расчета, выполненного для двухполосной модели  $\epsilon(k)$ , и в семь раз для однополосной модели. Отметим, что согласно [8, 9] расчет изменения энергии сольватации ионов по двухполосной модели  $\epsilon(k)$  более точен, чем по однополосной.

Главный вывод заключается в том, что водная полость в белковом окружении обладает  $K^+/Na^+$  селективностью для обеих моделей диэлектрической функции. Из этого следует, что центральная полость в  $K^+$  канале будет преимущественно пропускать катионы  $K^+$ , даже если концентрации  $K^+$  и  $Na^+$  в клетке сравнимы. В реальности концентрация  $K^+$  во внутриклеточной среде в несколько раз превосходит концентрацию  $Na^+$ . Учитывая полученные результаты по селективности, из этого следует, что доля  $K^+$  каналов, в полости которых проникают катионы  $Na^+$ , по крайней мере на порядок меньше, чем количество каналов, свободных для  $K^+$ .

**Литература**

1. Doyle DA, Morais Cabral J, Pfuetzner RA, Kuo A, Gulbis JM, Cohen SL, Chait BT, MacKinnon R. The structure of the potassium channel: molecular basis of  $K^+$  conduction and selectivity // *Science*. – 1998. - V. 280. - № 5360. – P. 69-77.
2. Hille B. Ion channels of excitable membrane. (3rd ed.) Sunderland, Massachusetts U.S.A.: Sinauer Associates, Inc., 2001. 814 p.
3. Hite R. K., Yuan P., Li Z., Hsuing Y., Walz T., MacKinnon R. Cryo-electron microscopy structure of the Slo 2.2  $Na^+$  - activated  $K^+$  channel // *Nature*. – 2015. - V. 527. - № 7577. – P. 198-203.
4. Roux B., MacKinnon R. The cavity and pore helices in the KcsA  $K^+$  channel: electrostatic stabilization of monovalent cations // *Science*. – 1999. - V. 285. - № 5424. – P. 100-102.
5. Kariev A., Green M. E. Quantum calculations on water in the KcsA channel cavity with permeant and non-permeant ions. // *Biochim. Biophys. Acta*. – 2009. - V. 1788. - № 5 – P. 1188-1192.
6. Kariev A. M., Green M. E. Quantum mechanical calculations on selectivity in the KcsA channel: the role of the aqueous cavity // *J. Phys. Chem. B*. – 2008. - V. 112. № 4. – P. 1293-1298.
7. Dogonadze R., Kornyshev A. A. Polar-solvent structure in theory of ionic solvation // *J. Chem. Soc. Faraday Trans. Pt.II*. – 1974. - V. 70. – P. 1121-1132.
8. Воротынцев М. А., Корнышев А. А. Электростатика сред с пространственной дисперсией. М.: Наука, 1993. С. 20-35.
9. Kornyshev A. A., Volkov A.G. On the evaluation of standard Gibbs energies of ion transfer between 2 solvents // *J. Electroanal. Chem.* – 1984. - V. 180. – P. 363-381.
10. Kornyshev A. A. Nonlocal screening of ions in a structured polar liquid - new aspects of solvent description in electrolyte theory // *Electrochim Acta*. – 1981. - V. 26. – P. 1-20.
11. Ebbinghaus S., Kim S. J., Heyden M., Yu X., Heugen U., Gruebele M., Leitner D. M., Havenith M. An extended dynamical hydration shell around proteins. // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. – 2007. - V. 104. – P. 20749 -20752.
12. Рубашкин А. А. Роль пространственной дисперсии диэлектрической проницаемости сферической водной полости в уменьшении свободной энергии переноса иона в полость // *Электрохимия*. – 2014. - Т. 50. - № 11. – С. 1212-1217.
13. Gourary B. S., Adrian F. J. Wave Function for Electron-Excess Color Centers in Alkali Halide Crystals // *Solid State Phys.* – 1960. - V. 10. – P. 127-247.

**References**

1. Doyle DA, Morais Cabral J, Pfuetzner RA, Kuo A, Gulbis JM, Cohen SL, Chait BT, MacKinnon R. The structure of the potassium channel: molecular basis of  $K^+$  conduction and selectivity // *Science*. – 1998. - V. 280. - № 5360. – P. 69-77.
2. Hille B. Ion channels of excitable membrane. (3rd ed.) Sunderland, Massachusetts U.S.A.: Sinauer Associates, Inc., 2001. 814 p.
3. Hite R. K., Yuan P., Li Z., Hsuing Y., Walz T., MacKinnon R. Cryo-electron microscopy structure of the Slo 2.2  $Na^+$  - activated  $K^+$  channel // *Nature*. – 2015. - V. 527. - № 7577. – P. 198-203.
4. Roux B., MacKinnon R. The cavity and pore helices in the KcsA  $K^+$  channel: electrostatic stabilization of monovalent cations // *Science*. – 1999. - V. 285. - № 5424. – P. 100-102.
5. Kariev A., Green M. E. Quantum calculations on water in the KcsA channel cavity with permeant and non-permeant ions. // *Biochim. Biophys. Acta*. – 2009. - V. 1788. - № 5 – P. 1188-1192.
6. Kariev A. M., Green M. E. Quantum mechanical calculations on selectivity in the KcsA channel: the role of the aqueous cavity // *J. Phys. Chem. B*. – 2008. - V. 112. № 4. – P. 1293-1298.
7. Dogonadze R., Kornyshev A. A. Polar-solvent structure in theory of ionic solvation // *J. Chem. Soc. Faraday Trans. Pt.II*. – 1974. - V. 70. – P. 1121-1132.
8. Vorotyntsev M. A., Kornyshev A. A. Elektrostatika sred s prostranstvennoj dispersiej. M.: Nauka, 1993. S. 20-35.
9. Kornyshev A. A., Volkov A. G. On the evaluation of standard Gibbs energies of ion transfer between 2 solvents // *J. Electroanal. Chem.* – 1984. - V. 180. – P. 363-381.
10. Kornyshev A. A. Nonlocal screening of ions in a structured polar liquid - new aspects of solvent description in electrolyte theory // *Electrochim Acta*. – 1981. - V. 26. – P. 1-20.
11. Ebbinghaus S., Kim S. J., Heyden M., Yu X., Heugen U., Gruebele M., Leitner D. M., Havenith M. An extended dynamical hydration shell around proteins. // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. – 2007. - V. 104. – P. 20749 -20752.
12. Rubashkin A. A. The role of spatial dispersion of the dielectric constant of spherical water cavity in the lowering of the free energy of ion transfer to the cavity // *Russ. J. Electrochem.* – 2014. - Т. 50. - № 11. – P. 1090-1094.
13. Gourary B. S., Adrian F. J. Wave Function for Electron-Excess Color Centers in Alkali Halide Crystals // *Solid State Phys.* – 1960. - V. 10. – P. 127-247.

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS**

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.166

**Беляев И.В.<sup>1</sup>, Лощилова Н.А.<sup>2</sup>, Масленников Д.А.<sup>3</sup>, Катаева Л.Ю.<sup>4</sup>**<sup>1</sup>Аспирант, <sup>2</sup>кандидат физико-математических наук,<sup>3</sup>ORCID: 0000-0002-7819-4007, кандидат физико-математических наук, доцент,<sup>4</sup>ORCID: 0000-0001-9217-9324, доктор физико-математических наук, профессор,

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №15-31-50488

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМБИНАЦИИ ИСКУССТВЕННОЙ И ЕСТЕСТВЕННОЙ ПРЕГРАДЫ  
ДЛЯ ТУШЕНИЯ ЛЕСНОГО ПОЖАРА****Аннотация**

В статье рассмотрено математическое моделирование распространения лесного пожара при наличии естественной и искусственной преграды. Естественная преграда представляет собой область повышенной влажности, а искусственная преграда – модельная конструкция, обеспечивающая подачу воды, в количестве, позволяющем снизить температуру до заданной величины. Представлены результаты физико-математического моделирования взаимодействия естественной и искусственной преград, расположенных на разных расстояниях при различных значениях влажности в естественной преграде.

**Ключевые слова:** тушение лесных пожаров, математическое моделирование, естественная и искусственная преграда.

**Belyaev I.V.<sup>1</sup>, Loschilova N.A.<sup>2</sup>, Maslennikov D.A.<sup>3</sup>, Kataeva L.Yu.<sup>4</sup>**<sup>1</sup>Postgraduate student, <sup>2</sup>PhD in Physics and Mathematics,<sup>3</sup>ORCID: 0000-0002-7819-4007, PhD in Physics and Mathematics, associate professor,<sup>4</sup>ORCID: 0000-0001-9217-9324, PhD in Physics and Mathematics, professor,

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev

**INVESTIGATION OF THE COMBINATION ARTIFICIAL  
AND NATURAL BARRIERS FOR FOREST FIRE EXTINGUISHING****Abstract**

The paper deals with the mathematical modeling of propagation a forest fire in the presence of natural and artificial barriers. The natural barrier is an area of excessive moisture, and artificial obstacles - a model structure providing the water supply in quantity allowing reduce the temperature to a predetermined value. Shown results of physical and mathematical modeling of the interaction of natural and artificial barriers, located at different distances for different values of moisture in a natural barrier.

**Keywords:** extinguishing of forest fire, mathematical modeling, natural and artificial barriers.

Структура ЛГМ (лесных горючих материалов) оказывает существенное влияние на распространение пожара. Так, наличие естественных преград (просек, ручьев, дорог) препятствует распространению огня. Данных преград не всегда достаточно для остановки распространения горения, однако их можно использовать как базисные линии, около которых целесообразно развернуть другие средства ликвидации пожара.

В работе используется модель тушения лесного пожара с использованием физико-математической постановки [1-3] с учетом комбинации естественной и искусственной преграды. Естественная преграда - область повышенной влажности (ЛГМ), обусловленная наличием естественного источника воды.

Растительность в конкретных условиях может иметь неоднородную влажность по высоте. Для учета влияния этого фактора при моделировании распространения и тушения лесного пожара было использовано упрощенное соотношение для нахождения влагосодержания ЛГМ

$$w(x, z) = \frac{2(h_f - z)}{h_f} \left( w_e + w_{nb} \exp \left( \left( \frac{x - x_{nb}}{\Delta_{nb}} \right)^2 \right) \right) \quad (1)$$

где  $w_{nb}$  - пик увеличения влагосодержания ЛГМ,  $x_{nb} = 40 \text{ м}$  - центр естественной преграды,  $\Delta_{nb} = 5 \text{ м}$  - ширина естественной преграды,  $z$ , м - высота точки,  $h_f$ , м - высота слоя ЛГМ,  $w(x)$  - общее влагосодержание,  $w_e = 0,135$  - влагосодержание без учета естественной преграды.

Под искусственной преградой будем понимать модельную конструкцию, подающую воду в близости от очага пожара, при этом количество воды, которое подается в данную точку равно количеству требуемое для прекращения кипения воды (в данной точке температура не превышает 373 К). Высота искусственной преграды соответствует высоте слоя ЛГМ. Предполагается, что аэродинамическое сопротивление, теплоемкость и объем конструкции - пренебрежимо малые величины.

В отличие от работы [4], где преграда рассматривалась как область, содержащая определенный запас воды на начальный момент моделирования, в данной работе в искусственной преграде вода подается по мере потребности. Искусственная преграда имеет координату  $x_{ab}$ . В искусственной преграде всегда достаточно воды и критерием эффективности подавления пожара является масса воды, израсходованная на полное тушение пожара в расчете на единицу фронта. Благодаря этому, мы можем определить расходы воды для данных параметров, не используя метод

дихотомии как в работах [4-7]. Тем самым мы добиваемся того, что требуемый объем вычислений сокращается на порядок, что позволяет варьировать одновременно положение  $x_{ab}$  и пиковую влажность  $W_{nb}$  в ней.

В данной работе выполнен анализ влияния положения естественной и искусственной преграды относительно друг друга на количество воды, которое потребуется для тушения лесного пожара. Для этого были выполнены расчёты с вариацией параметров влагосодержания лесных горючих материалов ( $w_{nb}$ ) и положений барьера ( $x_{ab}$ ). Результаты моделирования подавления волны горения при различных значениях параметров на различные моменты времени показаны на рис. 1-5. Синяя линия указывает на положение искусственной преграды. Темно-бирюзовая линия показывает начальное значение осредненной по высоте влажности ЛГМ. Отклонение данной линии вниз означает повышение влажности из-за влияния естественной преграды.

По причине варьирования структуры влажности происходит увеличение скорости распространения горения в верхней части слоя ЛГМ и уменьшение скорости распространения в нижней части слоя. Постепенное развитие этого процесса показано на рис. 1. В начале распространения пожара момент 6 с, пламя слабо отклоняется от вертикального направления, и потоки газовой фазы имеют в основном горизонтальную направленность. В момент времени 12 с при развитии пожара угол наклона факела пламени увеличивается, но его форма и температура при этом принципиально не меняются. В дальнейшем в момент времени 18-24 с пожар формируется, и пламя все более искривляется и удлиняется его пологая часть. Главный поток нагретой газовой фазы обтекает нетронутую часть слоя ЛГМ и температура в пологой части уменьшается до 1200-1500 К.

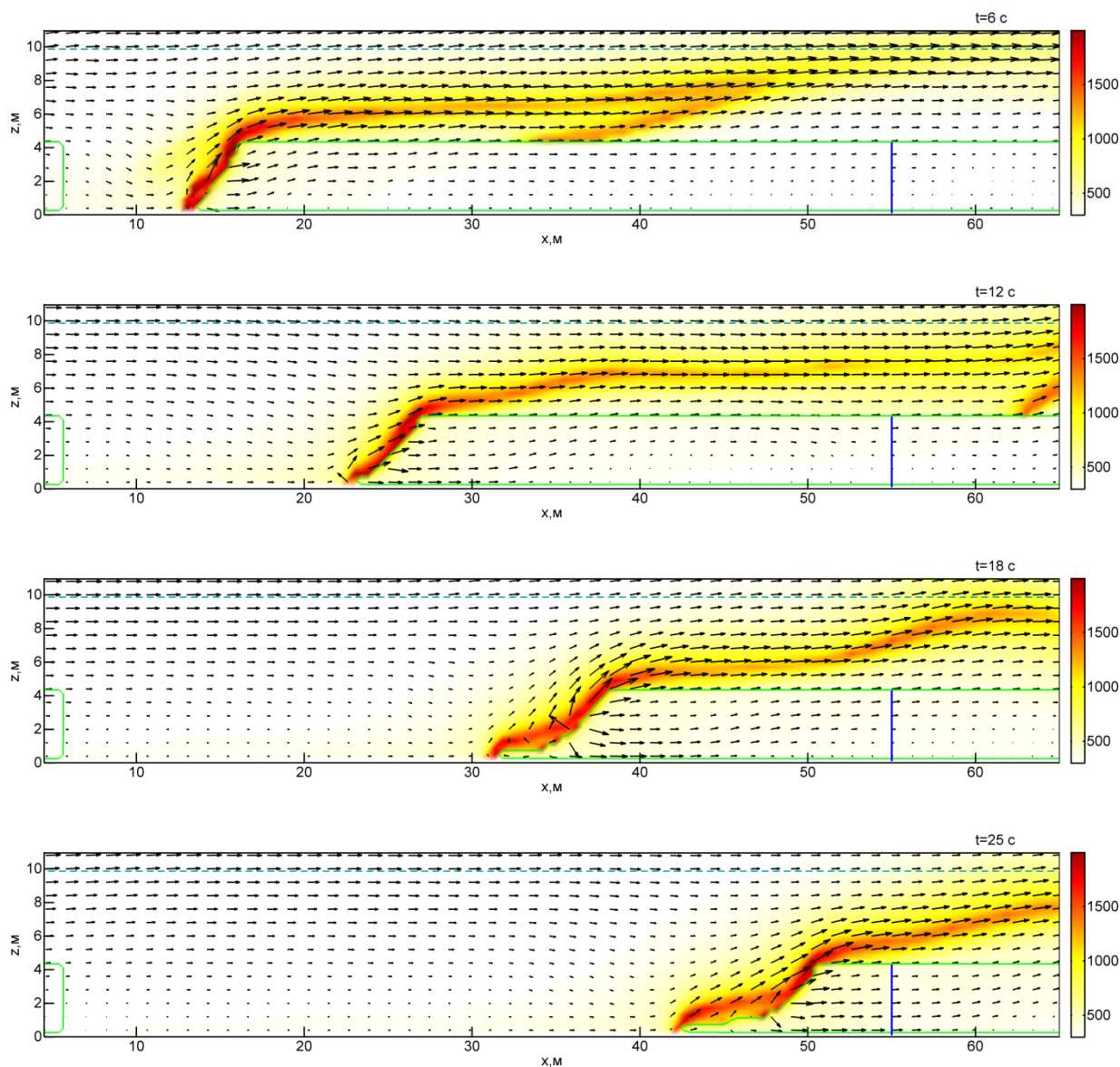


Рис. 1 – Динамика распространения пожара при положении искусственной преграды  $x_{ab} = 55\text{ м}$  без естественной преграды с учетом неоднородной структуры влажности ЛГМ

На рис. 1 показана динамика тушения лесного пожара искусственной преградой в случае её различного расположения. При анализе рисунка видно, что до искусственной преграды верхняя часть слоя ЛГМ выгорела и горение не распространяется за препятствием. Догорание ЛГМ происходит в это же время в нижней части слоя и действие потока газовой фазы происходит напрямую на преграду, что приводит к увеличению расхода воды.

Приближение к очагу возгорания искусственной преграды приводит к тому, что фронт пожара не успевает растянуться, что сокращает время его действия на водную преграду и уменьшает расход воды.

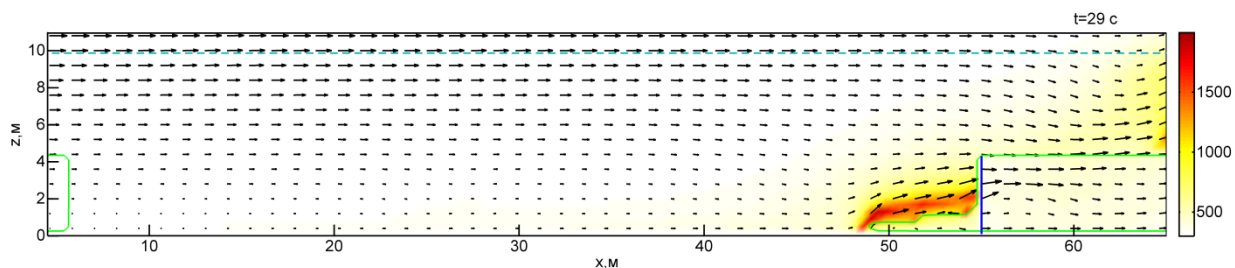


Рис. 2 – Динамика тушения пожара при положении искусственной преграды  $x_{ab} = 35\text{ м}$  и  $x_{ab} = 55\text{ м}$  без естественной преграды с учетом неоднородной структуры влажности ЛГМ

Динамика расширения пожара через естественную преграду с влагосодержанием  $w_{nb} = 0,15$  показана на рис. 3. Согласно (2) состав распределения влаги в естественной преграде находится в обратной зависимости от высоты. По причине этого горение в нижней части слоя становится малоустойчивым. Нестабильность горения в нижней его части приводит к тому, что фронт пожара растягивается. В дальнейшем этот эффект показывает, что присутствие естественной преграды повышает количество воды, необходимое для тушения и препятствует ликвидации пожара.

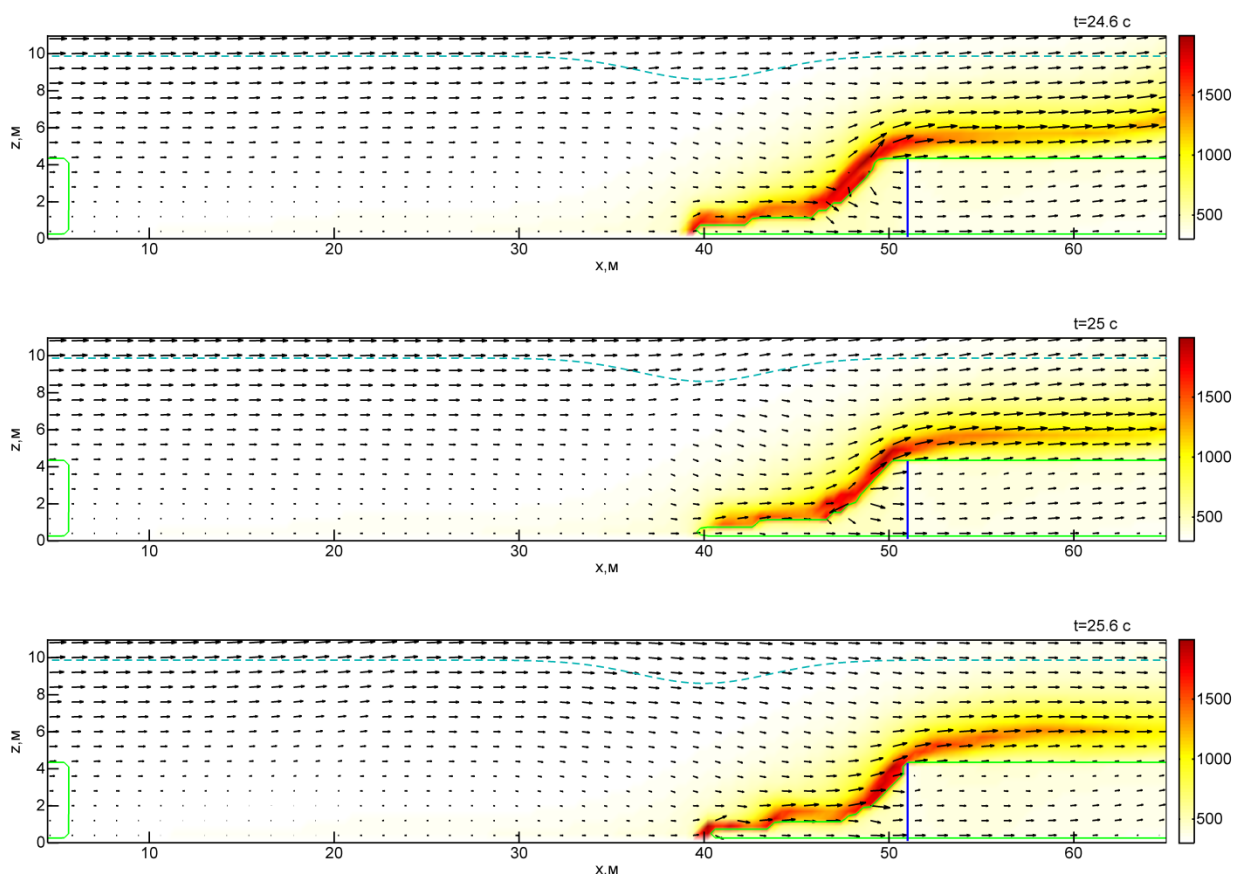


Рис. 3 – Динамика неустойчивого горения нижней части слоя ЛГМ при положении искусственной преграды  $x_{ab} = 51\text{ м}$  и  $w_{nb} = 0,15$  с учетом неоднородной структуры влажности

При росте влагосодержания естественной преграды, воды содержащейся в ней становится достаточно, чтобы потушить нижнюю неустойчивую часть фронта пожара. На рис.4 показана динамика этого процесса. Около центра естественной преграды влажность нижней части слоя ЛГМ достаточно велика, чтобы потушить основание фронта пожара.



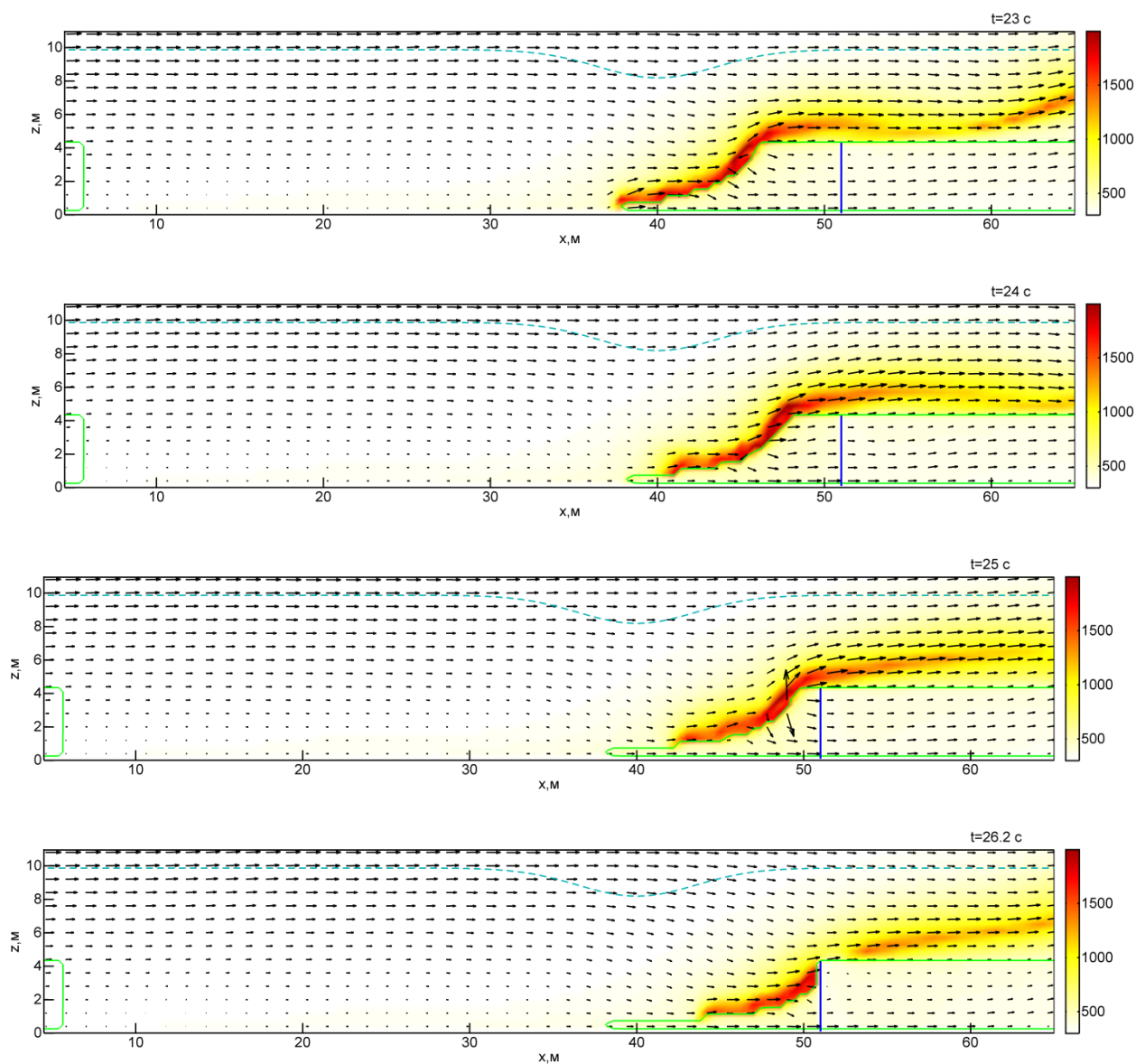


Рис. 4 – Динамика тушения нижней части слоя ЛГМ естественной преградой при  $x_{ab} = 51\text{ м}$  и  $w_{nb} = 0,20$  с учетом неоднородной структуры влажности

Динамика распространения пожара при значениях  $w_{nb} = 0,30$  и  $x_{ab} = 55\text{ м}$  показана на рис. 5. Пожар достаточно свободно распространяется по верхней части слоя ЛГМ по причине неоднородности влагосодержания естественной преграды, хотя за это время к моменту 24 с нижняя часть пожара тушится. Отметим также незначительный угол наклона основной части факела пламени к горизонту. Вследствие этих процессов, пожар развивается в большей части слоя ЛГМ и после прохождения естественной преграды. Расход воды в искусственной преграде соответственно уменьшается, но все же остается достаточно существенным.

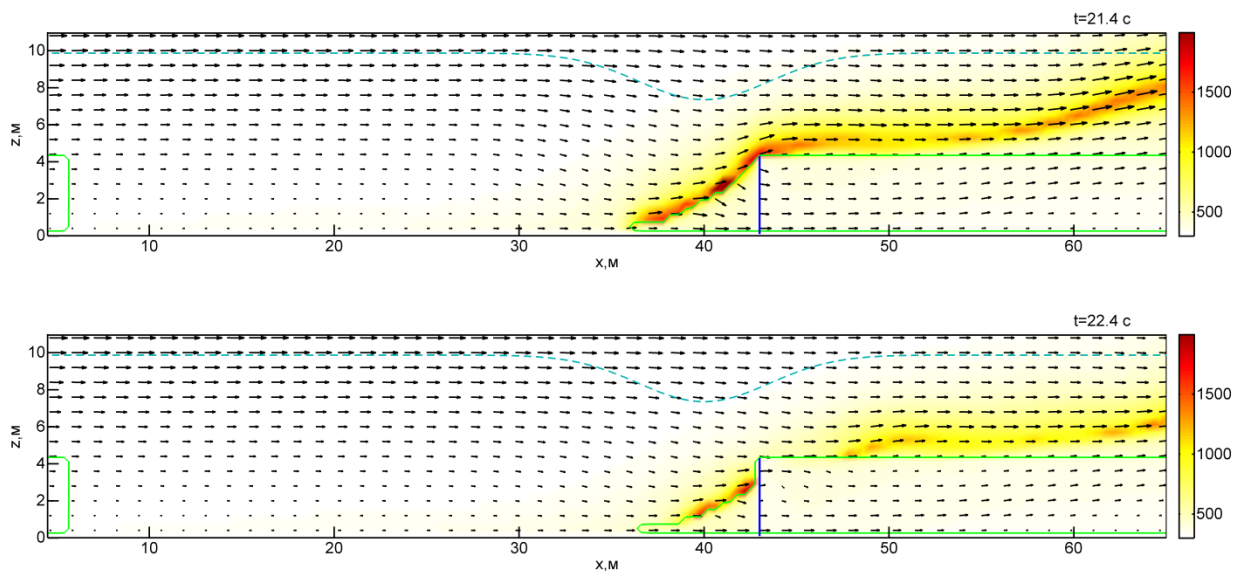


Рис. 5 – Динамика тушения пожара совместным действием естественной и искусственной преграды при  $x_{ab} = 43\text{ м}$  и  $w_{nb} = 0,30\text{ с}$  учетом неоднородной структуры влажности

На рис. 6 показано количество воды на единицу длины фронта (кг/м), потраченное в случае неоднородной структуры влажности для тушения пожара.

По мере удаления искусственной преграды от пожара при несуществовании естественной преграды либо малого её влагосодержания (до 10%), необходимое количество воды увеличивается по причине удлинения фронта пожара. В результате увеличивается время действия пожара на искусственную преграду. Если влагосодержание естественной преграды 15%, то возможна дестабилизация нижней части фронта пожара, характеризующаяся попеременным затуханием и возобновлением пламени в этой зоне. Впоследствии происходит растягивание фронта пожара по горизонтали и соответственно увеличение количества воды, требуемого для его тушения.

Естественная преграда, влажностью которой 20% и более способствует ликвидации лесного пожара в нижней части слоя ЛГМ и временному ослаблению фронта горения. Согласно проведенным расчётам при естественной преграде влажностью 20% и более, оптимальное положение искусственной преграды  $x_{ab} = 43\text{ м}$ . Эффект действия естественной преграды при ее расположении ближе к очагу возгорания уменьшается. Если же, искусственная преграда находится правее этой позиции, то пожар успевает вновь нарастить свою энергию и для его тушения потребуется больше воды.

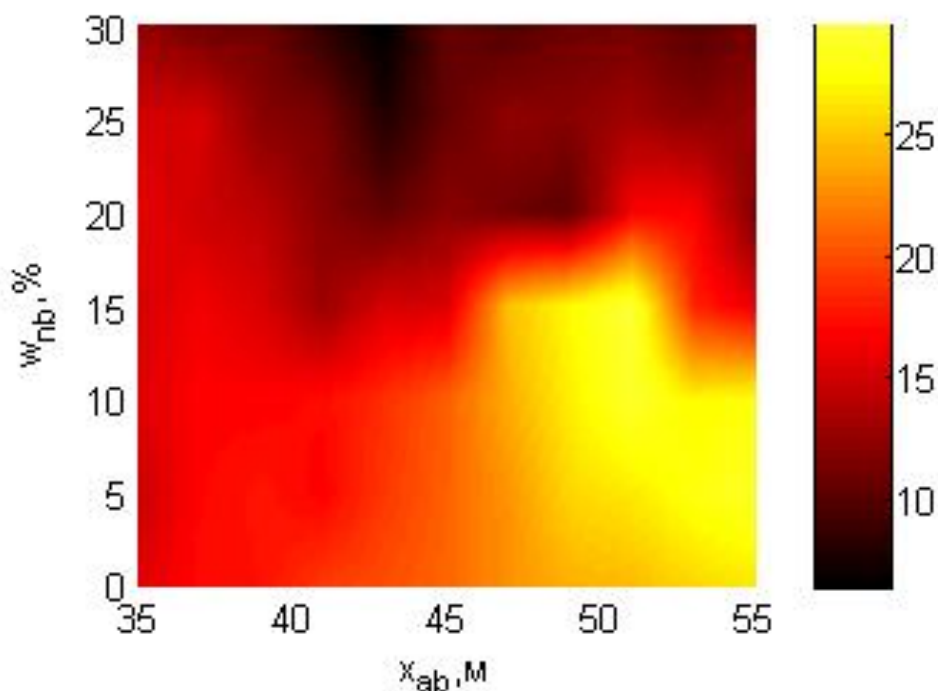


Рис. 6 – Влияние увеличения влагосодержания ЛГМ и положения барьера на количество воды, требуемое для тушения лесного пожара в случае линейной зависимости влагосодержания от высоты



Расход воды на тушения кромки лесного пожара по данным в работах [9, 10] составляет около  $5 \text{ л/м}^2$ . По расчётам, показанным в работе Абдурагимов [11], на завершения пламенного горения килограмма топлива с теплотой сгорания  $40\text{--}50 \text{ МДж/кг}$  путем поглощения тепла требуется 2 л воды и отмечается при этом, что на практике это значение выше в 5-10 раз. В данном случае ключевой эффект воды - охлаждающий и логично рассчитывать её расход пропорционально теплотворной способности топлива. Рассчитанная плотность ЛГМ составляет  $8 \text{ кг/м}^2$ , теплотворная ЛГМ способность  $11 \text{ МДж/кг}$ , следовательно расчётное значение необходимого количества воды  $4 \text{ кг/м}^2$ . Использование этих данных требует информации о ширине кромки пожара. Выполненные расчёты продемонстрировали, что ширина кромки значительно зависит от структуры влажности. Удлинение кромки пожара приводят к горению ЛГМ не по всей высоте одновременно. Для определения эффективной ширины кромки пожара необходимо вычислить площадь области внутри слоя ЛГМ, где  $T > 700 \text{ К}$ , которая делится на высоту слоя.

При значении  $x_{ab} = 55 \text{ м}$  и в отсутствии естественной преграды в случае постоянной влажности в момент  $t=25 \text{ с}$  ширина кромки составила 1,8 м и 6,2 м в случае влажности, линейно убывающей с ростом высоты. Следовательно, расчётное необходимого количества воды на тушение пожара равно 7,2 и  $24,8 \text{ кг/м}$  соответственно, что немного меньше результатов, полученных при помощи физико-математической модели. Этот эффект объясняется свойством работы искусственной преграды, которая при условии превышения температурой среды точки кипения воды подает воду, что является несколько избыточным.

### Литература

1. Гришин, А.М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними / А.М. Гришин. - Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1992. - 405 с.
2. Конев, Э.В. Физические основы горения растительных материалов / Э.В. Конев. - Новосибирск: Наука, 1977.- 239 с.
3. Катаева Л.Ю., Масленников Д.А., Белоцерковская И.Е. Численное моделирование динамики пожара с учетом рельефа местности и внешнего поля скоростей: Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 12. С. 49-58.
4. Романова Н.А., Масленников Д.А., Белоцерковская И.Е., Катаева Л.Ю. Влияние водного барьера на эффективность тушения лесного пожара // Инновации в науке. № 11 (24): сборник статей по материалам XXVII международной научно-практической конференции, 2013.
5. Постнов А.Д. Влияние скорости ветра на динамику тушения лесных пожаров/ А.Д. Постнов, Л.Ю. Катаева, И.В. Кольчик, Д.А. Масленников, Н.А. Романова // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. С. 621.
6. Романова Н.А., Лощилов А.А., Беляев И.В., Катаева Л.Ю. О зависимости массового расхода воды для успешного тушения лесного пожара от температуры точки прицела // Фундаментальные исследования. 2014. № 6-7. С. 1380-1383.
7. Федосеева Т.А. Исследование зависимости эффективности тушения лесного пожара стационарным источником от диапазона температур зоны подачи воды / Т.А. Федосеева, А.Д. Постнов, И.В. Беляев, Л.Ю. Катаева, Д.А. Масленников, Н.А. Лощилова, А.А. Лощилов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 11-2. С. 204-209.
8. Катаева Л.Ю., Постнов А.Д., Лощилов С.А., Масленников Д.А. О влиянии водного барьера на динамику развития лесного пожара в зависимости от рельефа местности // Пожаровзрывобезопасность. - 2014. - Т. 23, № 1. - С. 30-37.
9. Гундар С.В. Риск потерь воды при тушении лесных пожаров / С.В. Гундар, А.Н. Денисов // Системы безопасности - 2011: материалы XX научно-технич. конф. [электронный ресурс] URL :: window.edu.ru/resource/045/80045/files/PTB-2013.pdf (дата обращения: 24.06.2014).
10. Гундар, С.В., Денисов А.Н., Трифонов Н.Я. Приемлемый пожарный риск / С.В. Гундар, А.Н. Денисов, Н.Я. Трифонов // Пожаровзрывобезопасность. - 2009. - №3. - С. 57-66.
11. Абдурагимов, И.М. Физико-химические основы развития и тушения пожаров / И.М. Абдурагимов, В.Ю. Говоров, В.Е. Макаров. - М.: ВИПТИ МВД СССР, 1980. - С. 195-198.

### References

1. Grishin, A.M. Matematicheskoe modelirovanie lesnyh pozharov i novye sposoby bor'by s nimi / A.M. Grishin. - Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe otdelenie, 1992. - 405 s.
2. Konev, Je.V. Fizicheskie osnovy gorenija rastitel'nyh materialov / Je.V. Konev. - Novosibirsk: Nauka, 1977.- 239 s.
3. Kataeva L.Ju., Maslennikov D.A., Belocerkovskaja I.E. Chislennoe modelirovanie dinamiki pozhara s uchetoм rel'efa mestnosti i vneshnego polja skorostej: Pozharovzryvobezopasnost'. 2012. T. 21. № 12. S. 49-58.
4. Romanova N.A., Maslennikov D.A., Belocerkovskaja I.E., Kataeva L.Ju. Vlijanie vodnogo bar'era na jeffektivnost' tushenija lesnogo pozhara // Innovacii v nauke. № 11 (24): sbornik statej po materialam XHVII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, 2013.
5. Postnov A.D. Vlijanie skorosti vetra na dinamiku tushenija lesnyh pozharov/ A.D. Postnov, L.Ju. Kataeva, I.V. Kol'chik, D.A. Maslennikov, N.A. Romanova // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. № 4. S. 621.
6. Romanova N.A., Loshhilov A.A., Beljaev I.V., Kataeva L.Ju. O zavisimosti massovogo rashoda vody dlja uspeshnogo tushenija lesnogo pozhara ot temperatury točki pricela // Fundamental'nye issledovanija. 2014. № 6-7. S. 1380-1383.
7. Fedoseeva T.A. Issledovanie zavisimosti jeffektivnosti tushenija lesnogo pozhara stacionarnym istochnikom ot diapazona temperatur zony podachi vody / T.A. Fedoseeva, A.D. Postnov, I.V. Beljaev, L.Ju. Kataeva, D.A. Maslennikov, N.A. Loshhilova, A.A. Loshhilov // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2014. № 11-2. S. 204-209.
8. Kataeva L.Ju., Postnov A.D., Loshhilov S.A., Maslennikov D.A. O vlijanii vodnogo bar'era na dinamiku razvitija lesnogo pozhara v zavisimosti ot rel'efa mestnosti // Pozharovzryvobezopasnost'. - 2014. - T. 23, № 1. - S. 30-37.

9. Gundar S.V. Risk poter' vody pri tushenii lesnyh pozharov / S.V. Gundar, A.N. Denisov // Sistemy bezopasnosti – 2011: materialy XX nauchno-tehnich. konf. [jelektronnyj resurs] URL :: window.edu.ru/resource/045/80045/files/PTB-2013.pdf (data obrashheniya: 24.06.2014).

10. Gundar, S.V., Denisov A.N., Trifonov N.Ja. Priemlymyj pozharlyj risk / S.V. Gundar, A.N. Denisov, N.Ja. Trifonov // Pozharovzryvbezopasnost'. - 2009. - №3. - S. 57-66.

11. Abduragimov, I.M. Fiziko-himicheskie osnovy razvitiya i tusheniya pozharov / I.M. Abduragimov, V.Ju. Govorov, V.E. Makarov. – M.: VIPTSh MVD SSSR, 1980. S. 195-198.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.057

Жданов К.Е.

ORCID: 0000-0003-2290-6324, аспирант,

Санкт-Петербургский государственный университет, факультет прикладной математики–процессов управления

**УЛУЧШЕНИЕ МЕТОДА D-MORPH ДЛЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО КВАНТОВОГО УПРАВЛЕНИЯ**

*Аннотация*

*В работе рассмотрен известный алгоритм D-MORPH для поиска оптимального управления квантовой системой в задаче реализации желаемой унитарной эволюции системы к конечному моменту времени, и выводятся новые математические выражения для поправок разного порядка малости к данному алгоритму, которые включают информацию о коммутаторах гамильтониана квантовой системы. Включение в алгоритм таких поправок приводит к более быстрому нахождению оптимального управления с высокой точностью, т.е. позволяет экономить ресурсы.*

**Ключевые слова:** квантовые системы, оптимальное управление, оператор эволюции.

Zhdanov K.E.

ORCID: 0000-0003-2290-6324, postgraduate student,

Saint-Petersburg state university, department of applied mathematics and control processes

**AN IMPROVEMENT OF D-MORPH METHOD FOR FINDING QUANTUM OPTIMAL CONTROL**

*Abstract*

*The paper examines the prominent algorithm D-MORPH to search for the optimal control of a quantum system in order to implement desired unitary evolution of the quantum system at the final time, and reveals new mathematical expressions for various orders' corrections to the algorithm, that include information about the commutators of the system's Hamiltonian. Inclusion of such corrections results in faster optimal quantum control's search with high precision, i.e. allows saving of computational resources.*

**Keywords:** quantum systems, optimal control, evolution operator.

### Введение

В работах некоторых выдающихся специалистов в области квантового управления [1–5] встречается метод построения оптимального квантового управления D-MORPH, основанный на введении новой переменной  $s$ , которая описывает прогресс оптимизационного алгоритма на пути к экстремуму критерия качества. Эта переменная  $s$  обладает тем свойством, что при увеличении  $s$  оптимизационный алгоритм должен давать такие управления, которые будут переводить систему все ближе и ближе к желаемому состоянию с минимальным значением критерием качества.

Данный оптимизационный алгоритм является приближенным, потому что основан на численном решении системы обыкновенных дифференциальных уравнений с помощью популярной функции MATLAB ode45, реализующей метод Рунге–Кутты четвертого порядка с переменным шагом. Как было много раз продемонстрировано в работах [1–5], данный алгоритм позволяет построить управления, которые будут давать близкие к оптимальным значения критерия качества с большой точностью. Недостатком данного метода является то, что он дает большую точность только при решении системы дифференциальных уравнений на большом отрезке  $[0, S]$ , что требует немалых вычислительных затрат.

В данной работе представлен способ улучшения вышеописанного алгоритма — выводятся новые формулы, представляющие собой поправки разного порядка к оригинальному методу, которые позволяют получить необходимую точность приближения критерия качества, заданного как дистанция между действительной эволюцией квантовой системы и желаемой эволюцией, к оптимальному значению за меньшее число шагов численного метода решения системы дифференциальных уравнений и, следовательно, за меньшее вычислительное время. Данные поправки к алгоритму позволяют быстро производить поиск близких к оптимальным управлений даже на обычных компьютерах с умеренной вычислительной мощностью.

### Оригинальный метод и поправки к нему

Рассмотрим  $N$ -мерную квантовую систему, на которую влияют  $n$  управляющих воздействий. Поставим задачу: найти такие управления  $\mathcal{E}_k(t)$ ,  $k = \overline{1, n}$ , квантовой системой, чтобы к моменту времени  $T$  квантовая система реализовала желаемый оператор эволюции  $U_D$  как можно точнее. Точность выражается функционалом качества  $J$ , который отражает дистанцию между действительной эволюцией системы  $U(T, 0)$  и желаемой эволюцией  $U_D$ .

Тогда оригинальный алгоритм формулируется следующим образом. Вводится дополнительная переменная  $s$ , от которой зависят функционал качества  $J(s)$  и управления  $\mathcal{E}_k(s, t)$ , и вычисляется производная

$$\frac{dJ}{ds} = \sum_{k=1}^n \int_0^T \frac{\partial J}{\partial \varepsilon_k(s,t)} \frac{d\varepsilon_k(s,t)}{ds} dt.$$

Для поиска минимума функционала качества  $J(s)$ , необходимо потребовать, чтобы  $dJ/ds \leq 0$ . Тогда при увеличении  $s$  значение  $J(s)$  будет уменьшаться.

Разобьем отрезок  $[0, T]$  на  $L$  интервалов одинаковой длины  $\Delta t$ . Будем считать, что управления заданы кусочно-постоянными по  $t$  функциями

$$\varepsilon_k(s, t) = \sum_{l=1}^L \varepsilon_k^l(s) \chi_{[t_{l-1}, t_l]}(t),$$

$$\chi_{[t_{l-1}, t_l]}(t) = \begin{cases} 1, & t \in [t_{l-1}, t_l] \\ 0, & t \notin [t_{l-1}, t_l] \end{cases} \text{ — характеристическая функция отрезка } [t_{l-1}, t_l].$$

Тогда условие  $dJ/ds \leq 0$  запишется как

$$\frac{dJ}{ds} = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^L \int_{t_{l-1}}^{t_l} \frac{\partial J}{\partial \varepsilon_k(s, t)} \frac{d\varepsilon_k^l(s)}{ds} dt \leq 0.$$

Это условие будет заведомо выполнено, если положить

$$\frac{d\varepsilon_k^l(s)}{ds} = -\frac{\partial J}{\partial \varepsilon_k(s, t)}, \quad t \in [t_{l-1}, t_l], l = \overline{1, L}, k = \overline{1, n} \quad (0.1)$$

Таким образом, в оригинальном методе получается система дифференциальных уравнений (0.1), где искомыми функциями являются  $\varepsilon_k^l(s)$ . Причем, так как зависимость функционала качества  $J$  от управлений  $\varepsilon_k(s, t)$  считается известной, то выражение справа от знака равенства тоже считается известным. Стоит отметить, что выражение справа от знака равенства зависит сразу от всех переменных  $\varepsilon_k^l(s)$ .

В работах [1–5] такую систему дифференциальных уравнений решают методом Рунге–Кутты четвертого порядка с переменным шагом ode45 на отрезке  $[0, S]$ , где  $S$  — большое число. Тогда искомое приближенное оптимальное управление получится при  $S = \bar{S}$ , так как данный метод гарантирует, что функционал качества, по крайней мере, не будет увеличиваться по мере увеличения  $s$ .

В данной работе вышеописанный оригинальный алгоритм модифицируется таким образом, чтобы для заданной точности получить приближенное оптимальное управление при меньшем конечном значении  $S$ , чем в оригинальном методе. Уменьшение отрезка интегрирования  $[0, S]$  приведет к уменьшению времени на решение системы дифференциальных уравнений методом ode45, что будет полезно при проведении вычислений на компьютерах со средней производительностью.

Так как правая часть вышеописанной системы (0.1) дифференциальных уравнений зависит от времени, а левая часть нет, то проинтегрируем каждое уравнение данной системы по времени  $t$  от  $t_{l-1}$  до  $t_l$ :

$$\int_{t_{l-1}}^{t_l} \frac{d\varepsilon_k^l}{ds} dt = - \int_{t_{l-1}}^{t_l} \frac{\partial J}{\partial \varepsilon_k(s, t)} dt, \quad l = \overline{1, L}, k = \overline{1, n},$$

$$\frac{d\varepsilon_k^l}{ds} = -\frac{1}{\Delta t} \int_{t_{l-1}}^{t_l} \frac{\partial J}{\partial \varepsilon_k(s, t)} dt, \quad l = \overline{1, L}, k = \overline{1, n}.$$

Далее будем вычислять интеграл от функции справа от знака равенства. Для задачи реализации оператора эволюции функционал качества в оригинальном методе берут в следующем виде [1, 3]:

$$J = \frac{1}{2} - \frac{1}{2N} \text{Re Tr}[U_D^* U(T, 0)].$$

Данный функционал качества отражает дистанцию между желаемым оператором эволюции  $U_D$  и фактическим оператором эволюции  $U(T, 0)$  к моменту времени  $T$ . Производная  $J$  по управлениям имеет выражение [3]:

$$\frac{\partial J}{\partial \varepsilon_k(s,t)} = -\frac{1}{2N} \text{Im Tr} \left[ U_D^* U(T,t) H_k U(t,0) \right],$$

а интеграл от данного выражения вычисляется по формуле

$$\begin{aligned} \int_{t_{l-1}}^{t_l} \frac{\partial J}{\partial \varepsilon_k(s,t)} dt &= -\frac{1}{2N} \text{Im Tr} \left[ U_D^* \int_{t_{l-1}}^{t_l} U(T,t) H_k U(t,0) dt \right] = \\ &= -\frac{1}{2N} \text{Im Tr} \left[ U_D^* U(T,0) \int_{t_{l-1}}^{t_l} U^*(t,0) H_k U(t,0) dt \right]. \end{aligned}$$

В общем случае оператор эволюции квантовой системы с оператором Гамильтона

$H(s,t) = H_0 + \sum_{k=1}^n \varepsilon_k(s,t) H_k$  выражается формулой ( $\hbar = 1$ ) [1]:

$$U(T,0) = T \exp \left( -i \int_0^T H(s,\tau) d\tau \right),$$

где  $T$  — оператор упорядочивания по времени (оператор Дайсона).

Так как управления заданы кусочно-постоянными функциями, то оператор эволюции превращается в композицию матричных экспонент

$$U(T,0) = \exp \left( -i \int_{t_{L-1}}^T H(s,\tau) d\tau \right) \exp \left( -i \int_{t_{L-2}}^{t_{L-1}} H(s,\tau) d\tau \right) \cdots \exp \left( -i \int_0^{t_1} H(s,\tau) d\tau \right).$$

Используя свойства оператора эволюции

$$U(t,0) = U(t,t_{l-1}) U(t_{l-1},t_{l-2}) \cdots U(t_1,0) = U(t,t_{l-1}) U(t_{l-1},0), \quad t \in [t_{l-1}, t_l],$$

$$U^*(t,0) = U^*(t_1,0) \cdots U^*(t_{l-1},t_{l-2}) U^*(t,t_{l-1}) = U^*(t_{l-1},0) U^*(t,t_{l-1}), \quad t \in [t_{l-1}, t_l]$$

находим, что

$$\int_{t_{l-1}}^{t_l} U^*(t,0) H_k U(t,0) dt = U^*(t_{l-1},0) \int_{t_{l-1}}^{t_l} U^*(t,t_{l-1}) H_k U(t,t_{l-1}) dt U(t_{l-1},0).$$

Используем выражение оператора эволюции через матричную экспоненту.

$$\begin{aligned} \int_{t_{l-1}}^{t_l} U^*(t,t_{l-1}) H_k U(t,t_{l-1}) dt &= \int_{t_{l-1}}^{t_l} \exp[(t-t_{l-1})X] H_k \exp[-(t-t_{l-1})X] dt = \\ &= \int_{t_{l-1}}^{t_l} \text{Ad}_{\exp[(t-t_{l-1})X]} H_k dt, \end{aligned}$$

где  $X = i \left( H_0 + \sum_{k=1}^n \varepsilon_k^l(s) H_k \right)$ ,  $\text{Ad}_A B = ABA^{-1}$ . В теории групп Ли хорошо известно выражение

$$\text{Ad}_{\exp(A)} B = \exp(\text{ad}_A) \circ B,$$

где  $\text{ad}_A B = [A, B] = AB - BA$ . Используя данное выражение получаем, что

$$\int_{t_{l-1}}^{t_l} \text{Ad}_{\exp[(t-t_{l-1})X]} H_k dt = \int_{t_{l-1}}^{t_l} \exp(\text{ad}_{(t-t_{l-1})X}) \circ H_k dt.$$

Разложим оператор  $\exp(\text{ad}_{(t-t_{l-1})X})$  в ряд Тейлора и используем тождество  $\text{ad}_{(t-t_{l-1})X} = (t-t_{l-1}) \text{ad}_X$ :

$$\exp(\text{ad}_{(t-t_{l-1})X}) = \sum_{j=0}^{\infty} \frac{(t-t_{l-1})^j}{j!} \text{ad}_X^j,$$

затем произведем интегрирование и получим

$$\int_{t_{l-1}}^{t_l} \exp(\text{ad}_{(t-t_{l-1})X}) \circ H_k dt = \Delta t \left( H_k + \frac{\Delta t}{2!} [X, H_k] + \frac{(\Delta t)^2}{3!} [X, [X, H_k]] + \dots \right).$$

Окончательно получаем

$$\int_{t_{l-1}}^{t_l} \frac{\partial J}{\partial \varepsilon_k(s, t)} dt = -\frac{\Delta t}{2N} \text{Im Tr} \left[ U_D^* U(T, t_{l-1}) \left( H_k + \frac{\Delta t}{2!} [iH(t_l), H_k] + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{(\Delta t)^2}{3!} [iH(t_l), [iH(t_l), H_k]] + \dots \right) U(t_{l-1}, 0) \right].$$

Исходная система (0.1) примет окончательный вид:

$$\frac{d\varepsilon_k^l}{ds} = \frac{1}{2N} \text{Im Tr} \left[ U_D^* U(T, t_{l-1}) \left( H_k + \frac{\Delta t}{2!} [iH(t_l), H_k] + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{(\Delta t)^2}{3!} [iH(t_l), [iH(t_l), H_k]] + \dots \right) U(t_{l-1}, 0) \right], \quad l = \overline{1, L}, k = \overline{1, n}.$$

Решение данной системы дифференциальных уравнений на отрезке  $[0, S]$  методом ode45 будет давать управления, которые будут более точно реализовывать желаемый оператор эволюции, чем в оригинальном методе. Данное улучшение обеспечивается тем, что предложенный метод использует информацию о коммутаторах гамильтониана.

Ожидается, что чем больше включить членов в правую часть системы, тем точнее можно получить приближенное оптимальное управление. Конечно же, включение членов порядка  $(\Delta t)^j$  потребует вычисления вложенных коммутаторов порядка  $j$ , что в общем случае является очень трудоемкой задачей. Поэтому необходимо разумно выбирать предельный порядок включения членов в правую часть вышеуказанной системы дифференциальных уравнений, чтобы ускорение алгоритма ode45 не свелось на нет из-за возросших вычислительных затрат на вычисление коммутаторов.

#### Численный эксперимент

Для подтверждения ускорения вычислений, обеспечиваемого разработанными формулами, была рассмотрена квантовая система, состоящая из двух частиц со спином  $1/2$  ( $N=4$ ), которая моделируется безразмерным гамильтонианом ( $\hbar=1$ )

$$H(t) = \sum_{i=1}^2 S_z^i \omega_i + \sum_{k=1}^2 \varepsilon_k(t) S_x^i + C_x^{(12)} S_x^1 S_x^2 + C_y^{(12)} S_y^1 S_y^2 + C_z^{(12)} S_z^1 S_z^2,$$

где  $\omega_1 = 20$ ,  $\omega_2 = 30$ ,  $C_x^{(12)} = 110$ ,  $C_y^{(12)} = 120$ ,  $C_z^{(12)} = 130$ ,

$$S_i^1 = S_i \otimes I, \quad S_i^2 = I \otimes S_i, \quad i = x, y, z,$$

$$S_x = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad S_y = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}, \quad S_z = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}, \quad I = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Требовалось реализовать как можно точнее два оператора эволюции

$$U_D^1 = e^{\frac{i\pi}{4}} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad U_D^2 = e^{\frac{i\pi}{4}} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

которые представляют собой квантовый гейт CNOT (контролируемое отрицание) и квантовый гейт SWAP (обмен значениями), соответственно.

Проведем сравнение двух моделей (оригинальной и улучшенной):

$$\frac{d\varepsilon_k^l}{ds} = \frac{1}{2N} \text{Im Tr} [U_D^* U(T, t_{l-1}) H_k U(t_{l-1}, 0)], \quad l = \overline{1, L}, k = \overline{1, n}, \quad (0.2)$$

$$\frac{d\varepsilon_k^l}{ds} = \frac{1}{2N} \text{ImTr} \left[ U_D^* U(T, t_{l-1}) \left( H_k + \frac{\Delta t}{2!} [iH(t_l), H_k] \right) U(t_{l-1}, 0) \right], l = \overline{1, L}, k = \overline{1, n}. \quad (0.3)$$

Решение данных систем производилось с помощью функции ode45 с параметром абсолютной толерантности ошибки  $AbsTol = 10^{-4}$ . Для гейта CNOT начальные управления выбирались нулевыми, а для гейта SWAP начальные управления выбирались в виде  $\varepsilon_k(t) = 10^{-5} \sin(t/T)$ , так как для нулевых начальных управлений методы не давали оптимальных управлений.

Структура заданного гамильтониана облегчает данную задачу, так как

$$[H(t), H_k] = [H_0 + \sum_{k=1}^2 \varepsilon_k(t) H_k, H_k] = [H_0, H_k].$$

В качестве  $T$  брались различные значения:  $T = 0.5, 1, 5, 10$ . Количество отрезков разбиения  $L$  принимало два значения:  $L = 150, 300$ . Число  $S$  принимало кратные 100 значения:  $S = 100, 200, 300, 400, \dots$

Для вышеописанных моделей проводилось сравнение времени решения системы дифференциальных уравнений и длины отрезка  $[0, S]$ , требуемых для получения желаемого квантового гейта с ошибкой не больше  $10^{-7}$ . Вычисления производились в среде MATLAB на ноутбуке с четырехъядерным процессором Intel Core i7-4702MQ 2.20 ГГц, 8 Гб ОЗУ. Результаты сравнения для гейта CNOT приведены в таблице 1 и в таблице 2, для гейта SWAP — в таблице 3 и в таблице 4. Время вычислений является приблизительным и вычислялось функциями MATLAB tic() и toc().

Таблица 1 – Результаты расчетов для гейта CNOT.

	$T=10, L=300$		$T=10, L=150$		$T=5, L=300$		$T=5, L=150$	
Метод	(0.2)	(0.3)	(0.2)	(0.3)	(0.2)	(0.3)	(0.2)	(0.3)
$S$	400	100	×	600	900	200	1200	400
Время	73.76	35.76	×	46.98	97.53	39.17	29.92	20.27
Ошибка	4.09	3.94	×	4.12	1.007	1.85	3.54	3.19
	$10^{-9}$	$10^{-8}$		$10^{-9}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$

\* Метод не дал точных результатов.

Таблица 2 – Результаты расчетов для гейта CNOT (продолжение)

	$T=1, L=300$		$T=1, L=150$		$T=0.5, L=300$		$T=0.5, L=150$	
Метод	(0.2)	(0.3)	(0.2)	(0.3)	(0.2)	(0.3)	(0.2)	(0.3)
$S$	1000	800	1000	700	3900	3600	4000	3600
Время	36.68	37.66	11.66	10.39	66.22	63.21	19.52	18.65
Ошибка	2.2	1.4	3.36	5.1	9.36	9.41	7.80	6.93
	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$

Таблица 3 – Результаты расчетов для гейта SWAP.

	$T=10, L=300$		$T=10, L=150$		$T=5, L=300$		$T=5, L=150$	
Метод	(0.2)	(0.3)	(0.2)	(0.3)	(0.2)	(0.3)	(0.2)	(0.3)
$S$	900	300	×	300	3200	400	1900	800
Время	143.96	85.99	×	21.52	245.22	46.68	35.13	19.31
Ошибка	1.08	1.55	×	2.59	4.79	8.14	8.43	2.37
	$10^{-8}$	$10^{-12}$		$10^{-11}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$

\* Метод не дал точных результатов.

Таблица 4 – Результаты расчетов для гейта SWAP (продолжение)

	$T=1, L=300$		$T=1, L=150$		$T=0.5, L=300$		$T=0.5, L=150$	
Метод	(0.2)	(0.3)	(0.2)	(0.3)	(0.2)	(0.3)	(0.2)	(0.3)
$S$	2700	2600	2900	2500	3100	3200	3400	3200
Время	67.25	65.67	22.22	22.77	52.05	48.67	17.69	16.01
Ошибка	9.005	7.57	9.57	6.9	9.42	4.24	9.42	4.94
	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$

Для  $T = 0.01$  и  $T = 0.001$  оба метода не дали точных результатов, что согласуется с тем, что в подобных задачах существует некоторое минимальное время, за которое возможно реализовать управление [5].

Из результатов расчетов видно, что предложенный в данной работе улучшенный метод почти всегда достигает заданной точности за меньшее время и на меньшем отрезке  $[0, S]$ , чем оригинальный метод. Данное улучшение заметно лишь для больших  $T$  и для довольно больших  $\Delta t$ , что согласуется с тем, что введенные поправки пропорциональны  $\Delta t$ , и при малых  $\Delta t$  они будут тоже очень малы. К тому же для некоторых больших значений  $\Delta t$  оригинальный метод вовсе не сходится, а улучшенный метод достигает требуемой точности.

#### Выводы

Были выведены новые формулы для расчета оптимальных управлений в квантовой системе в виде поправок к формулам из оригинального метода D-MORPH [1–5]. На численном эксперименте из области квантовых вычислений было продемонстрировано, что новые формулы действительно дают ускорение вычислений по сравнению с оригинальным методом, т. е. позволяют достичь заданной точности реализации желаемого оператора эволюции за меньшее число шагов метода ode45 и за меньшее время, даже при включении только одного дополнительного поправочного коэффициента, пропорционального  $\Delta t$ . Таким образом, включение в метод дополнительной информации о гамильтониане системы (коммутаторы) положительно сказалось на точности результатов и на скорости их получения, что является преимуществом при проведении расчетов на компьютерах со средней производительностью.

#### Литература

1. Moore, K.W. Search complexity and resource scaling for the quantum optimal control of unitary transformations / R. Chakrabarti, G. Riviello, H. Rabitz // Phys. Rev. A. 2011. Vol. 83(1).
2. Moore, K.W. Exploring constrained quantum control landscapes / H. Rabitz // The Journal of Chemical Physics. 2012. Vol. 137(13).
3. Moore Tibbetts, K. Exploring the trade-off between fidelity and time optimal control of quantum unitary transformations / C. Brif, M.D. Grace, A. Donovan, et. al. // Phys. Rev. A. 2012. Vol. 86(6).
4. Riviello, G. Searching for quantum optimal controls in the presence of singular critical points / C. Brif, R. Long, R. Wu, K. Moore Tibbetts, T. Ho, H. Rabitz // Phys. Rev. A. 2014. Vol. 90(1).
5. Riviello, G. Searching for quantum optimal controls under sever constraints / K. Moore Tibbetts, C. Brif, R. Long, et. al. // Phys. Rev. A. 2015. Vol. 91(4).

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.139

Перов А.И.<sup>1</sup>, Каверина В.К.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Доктор физико-математических наук,  
Воронежский государственный университет

<sup>2</sup>Кандидат физико-математических наук,  
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-01-00197

#### НЕЛИНЕЙНЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ВЫСШИХ ПОРЯДКОВ

#### Аннотация

В статье изучается вопрос существования периодических решений у возмущенного дифференциального уравнения  $N$ -го порядка. Полученные теоремы навеяны проблемой В.И. Зубова и связаны с понятиями асимптотической устойчивости в целом и устойчивости по Дирихле. Доказательства этих теорем носят топологический характер и опираются на понятие степени отображения. Рассматривается периодически возмущенная автономная система обыкновенных дифференциальных уравнений, указываются достаточные условия, при которых система имеет периодическое решение.

**Ключевые слова:** нелинейные скалярные дифференциальные уравнения высшего порядка, периодические решения (свободные и вынужденные колебания), топологическая степень отображения, метод направляющих функций.

Perov A.I.<sup>1</sup>, Kaverina V.K.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD in Physics and Mathematics,  
Voronezh State University,

<sup>2</sup>PhD in Physics and Mathematics,  
Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

#### NON-LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS OF HIGHER ORDER

#### Abstract

In this article we study the problem of the existence of periodic solutions of the perturbed differential equations of higher order. These theorems were inspired by the work of V.I. Zubov and associated with such notions as asymptotically stability in the large and stability in the Dirichlet's sense in the large. Proofs of these theorems have a topological sense. We consider periodically perturbed autonomous system of the ordinary differential equations and denote the sufficient conditions of the existence of periodic solution.

**Keywords:** nonlinear scalar differential equations of higher order, periodic solutions (free and forced oscillations), topological degree of mapping, method of guiding functions.

Let  $n$  be some positive integer. We consider the ordinary nonlinear differential scalar equations of order  $n$

$$x^{(n)} = f(x, \dot{x}, \dots, x^{(n-1)}), \quad (1)$$

where  $f(x_1, x_2, \dots, x_n): \mathbb{R} \times \dots \times \mathbb{R} (n - \text{раз}) \rightarrow \mathbb{R}$  has the following properties:

- 1<sup>0</sup>.  $f(0, 0, \dots, 0) = 0$ ,
- 2<sup>0</sup>.  $f(x_1, 0, \dots, 0) \neq 0$ , if  $x_1 \neq 0$ ,
- 3<sup>0</sup>.  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  is a continuous function,
- 4<sup>0</sup>.  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  is a locally Lipschitz function

$$|f(x_1, x_2, \dots, x_n) - f(y_1, y_2, \dots, y_n)| \leq \sum_{i=1}^n l_i |x_i - y_i|, \quad (2)$$

$x, y \in K$ , where  $K$  is any bounded set in the phase space  $\mathbb{R}^n$ ,  $l_i = l_i(K)$ ,  $i = 1, \dots, n$ .

One equation of order  $n$  (1) is equivalent to the system of  $n$  first-order equations

$$\dot{x}_1 = x_2, \dot{x}_2 = x_3, \dots, \dot{x}_{n-1} = x_n, \dot{x}_n = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (3)$$

or

$$\dot{x} = F(x), \quad (4)$$

where  $x \in \mathbb{R}^n$ , the mapping  $F(x): \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$  be defined in a natural way. Condition 1<sup>0</sup> and 2<sup>0</sup> mean, that  $F(0) = 0$  and  $F(x) \neq 0$  for  $x \neq 0$ , i.e. the origin is a equilibrium state and this equilibrium state is single. Condition 3<sup>0</sup> tells us that the mapping  $F(x): \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$  is continuous, and condition 4<sup>0</sup> means that it is a locally Lipschitz mapping.

As the vector field  $F(x): \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$  is continuous, we can tell about  $\text{ind}(F, 0)$  Kronecker-Poincare index of singular points 0 [5, p. 89]. If  $\Omega$  is any nonempty bounded open set in  $\mathbb{R}^n$ , the singular points 0 does not lie in its boundary  $\partial\Omega$  (i.e.  $0 \notin \partial\Omega$ ), and so  $F(x) \neq 0$  if  $x \in \partial\Omega$ , then degree of mapping is defined  $\deg(F, \partial\Omega) \equiv \deg(F, \Omega)$ . Let us note that degree of mapping can take on only the values of  $-1, 0, +1$  in the discussed case.

Together with equation (1) we consider perturbed equation

$$x^{(n)} = f(x, \dot{x}, \dots, x^{(n-1)}) + h(t), \quad (5)$$

where  $h(t): \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  is a continuous  $\omega$ -periodic function

$$h(t + \omega) = h(t),$$

where  $\omega > 0$  – some positive number.

This equation is equivalent to periodic perturbed system

$$\dot{x}_1 = x_2, \dot{x}_2 = x_3, \dots, \dot{x}_{n-1} = x_n, \dot{x}_n = f(x_1, x_2, \dots, x_n) + h(t),$$

or

$$\dot{x} = F(x) + h(t),$$

where  $h(t)$  is a continuous  $\omega$ -periodic vector function

$$h(t + \omega) = h(t),$$

$$h(t) = \text{col}(0, \dots, 0, h(t)): \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^n.$$

Let be satisfied two more conditions:

- 5<sup>0</sup>. Any solution  $x(t)$  of the equation (1) is defined for all  $t: 0 \leq t < +\infty$ .

(It is referred to the system (4).)

- 6<sup>0</sup>. Differential equation (1) is asymptotically stable in the large, i.e. its zero solution  $x(t) \equiv 0$  is stable and for any other solution  $x(t)$

$$x(t), \dot{x}(t), \dots, x^{(n-1)}(t) \rightarrow 0 \text{ if } t \rightarrow \infty.$$

(It is referred to the system (4).)

**Theorem 1.** Let us consider differential equation (1) under conditions 1<sup>0</sup> – 6<sup>0</sup>. Then periodic perturbed differential equation (5) with any continuous  $\omega$ -periodic function  $h(t)$  has at least one  $\omega$ -periodic solution  $x(t)$

$$x(t + \omega) = x(t),$$

(forced oscillation), if this condition is satisfied

$$f(\mathbb{R}, 0, \dots, 0) = \mathbb{R}.$$

This theorem was inspired by the work of V.I. Zubov [1], [3, c. 220].

Let follow to study differential equation (1). Let be satisfied two more conditions:

- 7<sup>0</sup>. Any solution  $x(t)$  of the equation (1) is defined for all  $t$ ,  $-\infty < t < +\infty$ .

- 8<sup>0</sup>. Any solution  $x(t)$  is bounded with its derivatives up to  $n-1$  order



$$|x(t)| \leq c_1, |\dot{x}(t)| \leq c_2, \dots, |x^{(n-1)}(t)| \leq c_{n-1}, -\infty < t < +\infty. \quad (6)$$

Under condition 7<sup>0</sup> system (3) (or (4)) define a dynamical system in  $\mathbf{R}^n$  [7, p. 272].

Condition 8<sup>0</sup> means that equation (1) is stable in the Dirichlet's sense in the large, i.e. its zero solution is stable in the Dirichlet's sense and condition (6) is satisfied for any other solution.

If the bounded solution of the equation (1) is periodic  $x(t+\sigma)=x(t)$ , then it is a free oscillation. Since Lipschitz condition (2) is satisfied near the periodic solution, by York theorem [6, p. 20], [9] period  $\sigma > 0$  is bounded below some number  $\sigma_0$ , depending on Lipschitz constants  $l_1, l_2, \dots, l_n$ .

9<sup>0</sup>. Suppose that periods of all natural oscillations of the system (3) (see also (4)) are bounded below

$$0 < \sigma_0 \leq \sigma.$$

**Theorem 2.** Let us consider differential equation (1) under conditions 1<sup>0</sup> – 4<sup>0</sup> and 7<sup>0</sup> – 9<sup>0</sup>. Then periodic perturbed differential equation (5) with any continuous  $\omega$ -periodic function  $h(t)$  has at least one  $\omega$ -periodic solution  $x(t)$

$$x(t+\omega)=x(t),$$

(forced oscillation), if the period  $\omega$  is small enough

$$0 < \omega < \sigma_0.$$

and

$$f(\mathbf{R}, 0, \dots, 0) = \mathbf{R}.$$

Checking the stability (one way or the other) is the most difficult thing in the theorem 1 and 2.

This checking can be easy if there are Lyapunov functions  $u(\mathbf{x}): \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}$  with defined properties [2, c. 344]:

1<sup>0</sup>.  $u(0) = 0$ ,

2<sup>0</sup>.  $u(\mathbf{x}) > 0$  for  $\mathbf{x} \neq 0$ ,  $\mathbf{x} \in \mathbf{R}^n$ ,

3<sup>0</sup>.  $u(\mathbf{x})$  is a continuous function,

4<sup>0</sup>.  $u(\mathbf{x})$  is a continuously differentiate function,

$$\text{grad } u(\mathbf{x}) = \text{col} \left\{ \frac{\partial u(\mathbf{x})}{\partial x_1}, \frac{\partial u(\mathbf{x})}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial u(\mathbf{x})}{\partial x_n} \right\},$$

5<sup>0</sup>.  $\text{grad } u(0) = 0$ ,

6<sup>0</sup>.  $\text{grad } u(\mathbf{x}) \neq 0$  for  $\mathbf{x} \neq 0$ ,  $\mathbf{x} \in \mathbf{R}^n$ .

In theorem 1 we suppose that the condition

$$(\text{grad } u(\mathbf{x}), F(\mathbf{x})) < 0 \text{ if } \mathbf{x} \neq 0 \quad (7)$$

is satisfied.

In theorem 2 we suppose that the condition

$$(\text{grad } u(\mathbf{x}), F(\mathbf{x})) = 0 \text{ if } \mathbf{x} \neq 0 \quad (8)$$

is satisfied.

7<sup>0</sup>. To ensure the stability in the large we need to demand that

$$u(\mathbf{x}) \rightarrow +\infty \text{ if } \|\mathbf{x}\| \rightarrow \infty. \quad (9)$$

In case (8) we have a compact dynamic system on the level surfaces

$$u(\mathbf{x}) = c > 0, \mathbf{x} \in \mathbf{R}^n.$$

$n-1$  dimension. In this case the space  $\mathbf{R}^n$  is even-dimensional:  $n=2k$  ( $k$  – a positive integer).

Standard application is

$$\ddot{x} + f(x)\dot{x} + g(x) = h(t)$$

Lienart equation to theorem 1 and

$$\ddot{x} + g(x) = h(t)$$

– to theorem 2.

Different nonlinear differential equations of order 3 and 4 to which the developed theory can be apply are discussed in the monograph [11].

Now we study the more general case. Let us consider the autonomous system of ODE in vector form

$$\dot{\mathbf{x}} = G(\mathbf{x}), \mathbf{x} \in \mathbf{R}^n, \quad (10)$$

where  $G(\mathbf{x}): \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^n$  is a locally Lipschitz mapping for which  $G(0) = 0$  and  $G(\mathbf{x}) \neq 0$  for  $\mathbf{x} \neq 0$ . We suppose that zero stationary solution of system (10)  $\mathbf{x}(t) \equiv 0$  is asymptotically stable in the large.

The problem is to prove or disprove following statement: in order that non-autonomous system of ODE

$$\dot{\mathbf{x}} = G(\mathbf{x}) + h(t), \quad (11)$$

with any continuous vector function  $h(t): \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^n$ ,  $h(t+\omega)=h(t)$  has a periodic solution  $x(t+\omega)=x(t)$  it is necessary and sufficient that the mapping  $G$  is a mapping onto

$$G(\mathbb{R}^n)=\mathbb{R}^n. \quad (12)$$

We prove the sufficiency of these condition if we demand that the condition of coercitivity of mapping  $G$ :

$$\|G(x)\| \rightarrow +\infty \text{ if } \|x\| \rightarrow +\infty \quad (13)$$

is satisfied in addition to condition (12).

As zero solution of system (10) is asymptotically stable in the large then by Krasovskii-Barbashin theorem [12, p. 37] there is a continuously differentiate function  $u(x): \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$  which is satisfied properties  $1^0 - 6^0$  and conditions (7), (9) (where  $F(x)=G(x)$ ). In this case the topological degree of gradient mapping  $\text{grad } u: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$  on the boundary of any ball containing zero of the space as an internal point is

$$\deg(\text{grad } u(x), S^n)=1$$

[4, p. 111]. From condition (7) it follows that vector fields  $\text{grad } u(x)$  and  $-G(x)$  are homotopy on the boundary of the ball  $S^n$  and that's why

$$\deg(-G(x), S^n)=(-1)^n. \quad (14)$$

We suppose that any solution  $x(t, t_0, x_0)$  of the system (11) with initial condition  $x(t_0)=x_0$  is defined for  $0 \leq t < +\infty$ .

Let us show that perturbed system (11) has at least one periodic solution  $x(t+\omega)=x(t)$  for any function  $h(t+\omega)=h(t)$ . It is well known that the initial value with  $t=0$  of the  $\omega$ -periodic solution is a fixed point of the Poincare mapping  $p(x): \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$  where  $p(x)=x(t, t_0, x_0)$ , i.e.  $x=p(x)$ .

Let  $k=\max\|h(t)\|$ ,  $0 \leq t \leq \omega$ . Because of coercitivity property (13) of mapping  $G(x)$  we can indicate such  $r$  that  $\|G(x)\| > k$  for  $\|x\|=r$ .

By Rouché theorem using (14) we get

$$\deg(G(x)+h(t), S^n)=(-1)^n, \quad 0 \leq t \leq \omega. \quad (15)$$

Let us assume  $q(x)=p(x)-x$ ,  $q(x): \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$ . If  $q(\xi)=0$  for some  $\xi \in \partial S^n$  then perturbed system (11) has  $\omega$ -periodic solution  $x(t) \equiv x(t, 0, \xi)$ . Let  $q(\xi) \neq 0$  for  $\xi \in \partial S^n$ , i.e. vector field  $q(x)$  on  $\partial S^n$  is nonsingular. The main part of the proof is to prove formula

$$\deg(q(x), S^n)=(-1)^n. \quad (16)$$

By Kronecker theorem [13, p.162] it follows that mapping  $q(x)$  has zero in  $S^n$ . Let it will be point  $\xi$  then  $x(t) \equiv x(t, 0, \xi)$  will be  $\omega$ -periodic solution of the perturbed system (11) and our statement is proved.

Let us note that method of guiding functions also serve for the proof of the existence of the periodic and bounded solutions of the nonlinear system of differential equations and based on the topological notion of degree of mapping, guiding functions resemble Lyapunov functions by their properties [4], [8], [10].

#### References

1. Evchenko V.K. About one problem from the theory of oscillations // Tambov University Reports. – 2015. – Volume 20, issue 5. – P. 1136-1137.
2. Borovskikh A.V., Perov A.I. Lectures on the ordinary differential equations. Moscow-Izhevsk: Regular and Chaotic Dynamics, 2004. – 540 p.
3. Zubov V.I. The theory of oscillations. M.: "Vusshaya Shkola", 1979. – 400 p.
4. Krasnosel'skii M.A., Perov A.I. About one principle of the existence of the periodic and almost periodic solutions of the system of ordinary differential equations. DAN USSR, 1958. – Volume 128, №2. – P. 235-238.
5. Krasnosel'skii M.A. The shift operator on the path of the differential equations. M.: Nauka, 1960. – 332 p.
6. Krukov B.I. Forced oscillations of the essentially nonlinear system. M.: Mechanical Engineering, 1984. – 216 p.
7. Petrovskii I.G. Lectures on the ordinary differential equations. M.: Nauka, 1964. – 272 p.
8. Perov A.I. Some questions of the qualitative theory of the differential equations. Cand. of phys.-math. scien. thesis – Voronezh, 1959. – 123 p.
9. Perov A.I. York theorem and Wirtinger inequality // Mathematical Notes, 2001. – Volume 70, issue 2. – P. 237-245.
10. Perov A.I., Evchenko V.K. Method of guiding functions. Voronezh: Publisher's printed center VGU, 2012. – 182 p.
11. Reissig R., Sansone G., Conti R. Non-linear differential equations of higher order. Leyden: Noordhoff International Publishing, 1974. – 670 p.
12. Krasovskii N.N. Some problems of theory of dynamic stability. M.: Physmathlit, 1959. – 212 p.
13. Ortega J., Rheinboldt W.C. Iterative solution of nonlinear equations in several variables. M.: Mir, 1975. – 558 p.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.137

Солохин Н.Н.

Кандидат физико-математических наук,  
Донской государственный технический университет

## НЕКОТОРЫЕ УСЛОВИЯ КВАЗИКОРРЕКТНОСТИ СМЕШАННОГО КРАЕВОГО УСЛОВИЯ

Аннотация

В теории бесконечно малых изгибов поверхностей наиболее общими внешними связями являются связи, определяющие при бесконечно малом изгибе зависимость между смещением точек края и поворотом касательных плоскостей поверхности вдоль края – смешанные внешние связи. Такие связи являются обобщением краевых условий обобщенного скольжения и обобщенного поворота. В данной работе изучаются бесконечно малые изгибы поверхностей второго порядка положительной кривизны с краем, подчинённых на краю внешней связи смешанного типа. При этом рассматривается случай, когда заданное векторное поле не принадлежит поверхности.

**Ключевые слова:** поверхность положительной кривизны, бесконечно малые изгибы, поле смещений, поле вращений.

Solokhin N.N.

PhD in Physics and mathematics, associate professor,  
Don State Technical University

## SOME CONDITIONS QUASI-CORRECTNESS MIXED BOUNDARY CONDITIONS

Abstract

In the theory of infinitesimal bendings of surfaces the most common external communications are communications defining an infinitesimal bending of the relationship between the shift points of the edge and turning the tangent planes of the surface along the edge - mixed external relations. Such links are a generalization of the boundary conditions of generalized sliding and generalized rotation. In this paper we study infinitesimal deformation of surfaces of the second order of positive curvature with boundary subordinates on the edge of the external communication of the mixed type. At the same time, the case where a given vector field does not belong to the surface.

**Keywords:** a surface of positive curvature, infinitesimal bendings, a field of displacement, a field of rotations.

В данной работе изучается кинематическая внешняя связь

$$a(\vec{U}) + b(\vec{V}\vec{n}) = c \quad (1)$$

где  $\vec{U}$  – вектор деформации поверхности,  $\vec{V}$  – вектор вращения бесконечно малого изгиба поверхности,  $a, b, c$  – вещественные функции, заданные на краю  $\partial S$  поверхности  $S$ ,  $\vec{l}$  – заданное векторное поле класса  $C^{1,\mu}$ ,  $0 < \mu < 1$ , не принадлежащее поверхности,  $\vec{n}$  – единичный вектор нормали к поверхности.

**Теорема.** При выполнении условий 1)  $a(s)b(s) < 0$ , 2)  $\text{Ind}(\vec{a} + i\vec{b}) = 0$  и 3)  $(\vec{l}, \vec{l}) < 0$ , существуют константы

$C_0 > 0$  и  $\alpha_0 > 0$ ,  $\frac{\pi}{2} - \alpha_0 < \alpha(s) < \frac{\pi}{2}$  зависящие от поверхности  $S$ , края  $\partial S$  и векторного поля  $\vec{l}$ , такие, что

при  $C_0 \leq \max \left| \frac{a \cos \alpha}{b \sqrt{K}} \right| < \infty$  поверхность второго порядка с внешней связью (1) является почти жёсткой.

**Доказательство:** Имеем  $\vec{l} = \vec{l}_0 \cos \alpha - \vec{n} \sin \alpha$ , где  $\vec{l}_0 \in S$  – единичный вектор направления  $\vec{l}$ ,  $\vec{l}_0$  – проекция вектора  $\vec{l}$  на касательную плоскость.  $\alpha = \angle(\vec{l}_0, \vec{l})$ ,  $\alpha \in (0, \pi)$ . Положим  $\vec{l}_0 = \vec{t} \sin \beta + \vec{\eta} \cos \beta$ , где  $\vec{t}$  – тангенциальный вектор края  $\partial S$ ,  $\vec{\eta}$  – тангенциальная нормаль,  $\beta = \beta(s) = \angle(\vec{\eta}, \vec{l}_0)$ .

Краевое условие (1) приводится к виду

$$a \left[ -\frac{1}{\sqrt{gK}} \text{Re}(\partial_z w + \partial_z \ln \sqrt{K} w) \sin \alpha + (u_1 l^1 + u_2 l^2) \cos \alpha \right] - \frac{b}{\sqrt{g}} \text{Re}(i \partial_z w) = c \quad (2)$$

Для поверхностей второго порядка основное уравнение бесконечно малых изгибов можно записать в виде:  $\partial_z w = 0$ .

Однородное краевое условие (2) ( $c = 0$ ) запишем в виде:

$$\text{Re} \left\{ (-b \sqrt{K} + a \sin \alpha i) \partial_z w + (ia \partial_z \ln \sqrt{K} \sin \alpha + a \overline{\lambda(z)} \sqrt{K} \cos \alpha) w \right\} = 0. \quad (3)$$

где  $b(z) = l^1 + i l^2$ ,  $w = u_1 + i u_2$ ,  $w(z) = i \omega(z)$ ,  $\lambda(z) = i \sqrt{g} b(z) = i \sqrt{g} (l^1 + i l^2)$ .

Так как по условию  $\beta_0(s) \in \left(-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2}\right)$ , то  $\text{Ind } \lambda = 1$ . Кроме того, по условию вектор  $\vec{l}_\tau = \{l^1, l^2, 0\}$  ни в одной точке не касается к границе  $\partial S$  поверхности  $S$ , поэтому в силу топологического отображения куска поверхности  $S$  с границей  $\partial D$ , его образ  $\{l^1, l^2\}$  ни в одной точке не касается к  $\partial D$ .

Пусть  $\vec{t} = t^i \vec{r}_i = t^1 \vec{r}_x + t^2 \vec{r}_y$ ,  $\vec{l}_\tau = l^i \vec{r}_i = l^1 \vec{r}_x + l^2 \vec{r}_y$ . Так как  $\vec{n}_0 \perp \vec{t}$ , то  $\vec{n}_0 = \{t^2, -t^1\}$ , где  $\vec{n}_0$  – внешняя нормаль к  $\partial S$ . Пусть далее  $\vec{l}_0 = \{-l^2, l^1\}$ . Так как по условию теоремы  $(\vec{t}\vec{l}) = l^1 t^1 + l^2 t^2 < 0$ , то  $(\vec{n}_0 \vec{l}_0) = -l^1 t^1 - l^2 t^2 > 0$ .

Следовательно, угол между векторами  $\vec{n}_0$  и  $\vec{l}_0$  острый.

Предположим, что некоторая внутренняя точка поверхности второго порядка закреплена вместе с касательной плоскостью в ней. В качестве такой точки можно взять точку  $z = 0$ , тогда искомая функция  $\omega(z)$  представима в виде  $\omega(z) = z^2 \omega_1(z)$ , где  $\omega_1(z)$  – регулярная в области  $D$  функция. Закрепив эту точку, мы исключаем всякие тривиальные изгибания.

Выполняем замену функции  $\omega(z) = \chi(z) \omega_1(z)$ , где  $\chi(z)$  – аналитическая функция, непрерывная в  $D + \partial D$ , причём  $\chi(0) = 0$ ,  $\chi(z) \neq 0$  на границе и удовлетворяет краевому условию  $\text{Re}\{i\overline{\lambda(z)}\chi(z)\} = 0$ .

Искомая функция  $\chi$  имеет вид  $\chi(z) = z\chi^*(z)$ , где  $\chi^*(z)$  – некоторая функция, не обращающаяся в нуль ни в одной точке области и на её границе. Эту функцию можно представить в виде  $\chi^*(z) = i\beta_0 e^{i\gamma_0(z)}$ , где  $\beta_0 \neq 0$ ,  $\text{Im } \beta_0 = 0$ ,  $\gamma_0 = \frac{1}{\pi i} \int_{\partial D} \frac{\arg \lambda(\tau)}{\tau - z} d\tau + \frac{1}{2\pi i} \int_{\partial D} \arg \lambda(\tau) d\bar{\tau}$ , где  $\partial_z \gamma_0$  – непрерывная в  $D + \partial D$  функция, тогда  $\partial_z \chi^*$  – непрерывная в замкнутой области  $D$  функция.

Тогда получаем

$$\text{Re}\left\{\left(-b\sqrt{K} + a \sin \alpha\right)\left(\chi \partial_z \omega_1 + \chi_z \omega_1\right) + ia \partial_z \ln \sqrt{K} \sin \alpha \chi \omega_1 + ad^2(z) \sqrt{K} \text{Re}\{\omega_1\} \cos \alpha\right\} = 0, \quad \text{где}$$

$$d^2(z) = \text{Re}\{\overline{\lambda(z)}\chi(z)\} \neq 0.$$

Обозначим  $\chi(z) = \chi_1 + i\chi_2$ ,  $z \in \partial D$ ,  $\omega_1(z) = U + iV$ , где  $U(z), V(z)$  – гармонические функции:  $U_x = V_y$ ,  $U_y = -V_x$ , тогда  $\Delta U = 0$ ,  $U(0,0) = V(0,0) = 0$  при  $z = x + iy = 0$ .

Заметим, что  $\text{Re}\{i\overline{\lambda(z)}\chi(z)\} = \text{Re}\{\sqrt{g}(l^1 \chi_1 + l^2 \chi_2) + i(l^1 \chi_2 - l^2 \chi_1)\}$ , откуда следует, что  $l^1 \chi_1 + l^2 \chi_2 = 0$ . Это означает, что векторы  $\{\chi_1, \chi_2\}$  и  $\{l^1, l^2\}$  ортогональны в плоскости  $z = x + iy$  и поэтому вектор  $\{\chi_1, \chi_2\}$  совпадает с направлением вектора  $\vec{l}_0 = \{-l^2, l^1\}$ . В силу предыдущих утверждений  $\chi(z) \neq 0$ ,  $\lambda(z) \neq 0$  на  $\partial D$ , функция  $\text{Re}\{\overline{\lambda(z)}\chi(z)\}$  нигде не обращается в нуль.

Выполняем преобразования краевого условия к виду

$$a^{(l_0)} \frac{\partial U}{\partial \vec{l}_0} + g^2 d^2(z) \sqrt{K} U + d_1 U + d_2 V - h^2 a^{(l_0)} \frac{\partial V}{\partial \vec{l}_0} - h^2 d_1 V + h^2 d_2 U -$$

$$- h^2 \partial_z \ln \sqrt{K} (\chi_2 U + \chi_1 V) = 0.$$

$$\text{где } 2d_1 = \chi_{1x} + \chi_{2y}, \quad 2d_2 = \chi_{1y} - \chi_{2x}, \quad -\frac{a \cos \alpha}{b\sqrt{K}} = g^2, \quad -\frac{a \sin \alpha}{b\sqrt{K}} = h^2$$

Таким образом, приходим к решению задачи:

$$\begin{cases} \Delta U = 0, \quad U(0,0) = V(0,0) = 0 \\ a^{(l_0)} \frac{\partial U}{\partial \vec{l}_0} + g^2 d^2(z) \sqrt{K} U + d_1 U + d_2 V - h^2 a^{(l_0)} \frac{\partial V}{\partial \vec{l}_0} - h^2 d_1 V + h^2 d_2 U - \\ - h^2 \partial_z \ln \sqrt{K} (\chi_2 U + \chi_1 V) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Теперь покажем, что данная задача имеет только нулевое решение. Рассмотрим выражение  $U \Delta U = (U_x U)_x + (U_y U)_y - U_x^2 - U_y^2$ .

Возьмём двойной интеграл

$$\iint_D U \Delta U dx dy = \iint_D \left[ (U_x U)_x + (U_y U)_y - U_x^2 - U_y^2 \right] dx dy - \iint_D (U_x^2 + U_y^2) dx dy$$

По формуле Грина имеем

$$\iint_D U \Delta U dx dy = \int_{\partial D} (-U_y U) dx + (U_x U) dy - \iint_D (\nabla U)^2 dx dy$$

Для гармонических функций имеем

$$\iint_D (\nabla U)^2 dx dy = \int_{\partial D} U \frac{\partial U}{\partial \vec{n}} \geq 0$$

Пусть внешняя нормаль к  $\partial D$   $\vec{n}_0 = \{\dot{y}, -\dot{x}\}$ , тогда производная функции  $U$  по направлению  $\vec{n}_0$  будет иметь вид  $\frac{\partial U}{\partial \vec{n}_0} = U_x \dot{y} - U_y \dot{x}$ , где считаем, что кривая  $\partial D$  на плоскости  $z$  задана уравнением:  $x = x(s)$ ,  $y = y(s)$ ,  $s$  – длина дуги.

Так как угол между векторами  $\vec{n}_0$ ,  $\vec{l}_0$  острый и  $\vec{l}_0$  не касается к  $\partial D$ , то  $\frac{\partial U}{\partial \vec{l}_0} = \cos \psi \frac{\partial U}{\partial \vec{n}_0} + \sin \psi \frac{\partial U}{\partial s}$ , где

$$\psi = \angle(\vec{n}_0, \vec{l}_0) \neq 0.$$

Отсюда получаем

$$U \frac{\partial U}{\partial \vec{n}_0} = \left( \frac{-g^2 d^2(z) \sqrt{K} + d_{10} + h^2 d_{20} + h^2 \partial_z \ln \sqrt{K} \chi_2}{a^{(l_0)} \cos \psi} \right) U^2 + \frac{h^2}{a^{(l_0)} \cos \psi} \frac{\partial V}{\partial \vec{l}_0} U +$$

$$+ \left( \frac{d_{20} - h^2 d_{10} + h^2 \partial_z \ln \sqrt{K} \chi_1}{a^{(l_0)} \cos \psi} \right) UV - \operatorname{tg} \psi U \frac{\partial U}{\partial s}$$

где  $d_{10} = -d_1$ ,  $d_{20} = -d_2$ .

Возвращаемся к  $\iint_D (\nabla U)^2 dx dy = \int_{\partial D} U \frac{\partial U}{\partial \vec{n}} \geq 0$ , т.е.

$$\int_{\partial D} \left( \frac{g^2 d^2(z) \sqrt{K} - d_{10} - h^2 d_{20} - h^2 \partial_z \ln \sqrt{K} \chi_2}{a^{(l_0)} \cos \psi} \right) U^2 ds \leq - \int_{\partial D} \operatorname{tg} \psi U \frac{\partial U}{\partial s} ds +$$

$$+ \int_{\partial D} \frac{h^2}{a^{(l_0)} \cos \psi} \frac{\partial V}{\partial \vec{l}_0} U ds + \int_{\partial D} \left( \frac{d_{20} - h^2 d_{10} + h^2 \partial_z \ln \sqrt{K} \chi_1}{a^{(l_0)} \cos \psi} \right) UV ds.$$

В итоге

$$\left| \int_{\partial D} \left( \frac{g^2 d^2(z) \sqrt{K} - d_{10} - h^2 d_{20} - h^2 \partial_z \ln \sqrt{K} \chi_2}{a^{(l_0)} \cos \psi} \right) U^2 ds \right| \leq \left| - \int_{\partial D} \operatorname{tg} \psi U \frac{\partial U}{\partial s} ds \right| +$$

$$+ \left| \int_{\partial D} \frac{h^2}{a^{(l_0)} \cos \psi} \frac{\partial V}{\partial \vec{l}_0} U ds \right| + \left| \int_{\partial D} \left( \frac{d_{20} - h^2 d_{10} + h^2 \partial_z \ln \sqrt{K} \chi_1}{a^{(l_0)} \cos \psi} \right) UV ds \right|.$$

Проведём необходимые оценки. Имеем

$$\left| \int_{\partial D} \operatorname{tg} \psi U \frac{\partial U}{\partial s} ds \right| = \left| - \frac{1}{2} \int_{\partial D} \frac{\partial \operatorname{tg} \psi}{\partial s} U^2 ds \right| \leq M_1 \int_{\partial D} U^2 ds, \text{ где } M_1 = \operatorname{const} < \infty.$$

Так как функции  $U, V$  гармонически сопряжены и  $U(0,0) = V(0,0) = 0$ , то  $\|U\|_{L_2} = \|V\|_{L_2}$ . Поэтому

$$\left| \int_{\partial D} \left( \frac{d_{20} - h^2 d_{10} + h^2 \partial_z \ln \sqrt{K} \chi_1}{a^{(l_0)} \cos \psi} \right) UV ds \right| \leq M_2 \int_{\partial D} U^2 ds,$$

$$\text{где } M_2 = \max \left| \frac{d_{20} - h^2 d_{10} + h^2 \partial_z \ln \sqrt{K} \chi_1}{a^{(l_0)} \cos \psi} \right|.$$

Итак, получаем

$$\left| \int_{\partial D} \left( \frac{g^2 d^2(z) \sqrt{K} - d_{10} - h^2 d_{20} - h^2 \partial_z \ln \sqrt{K} \chi_2}{a^{(l_0)} \cos \psi} \right) U^2 ds \right| \leq (M_1 + M_2) \|U\|_{L_2}^2 + M_3$$

Оценим интеграл в последнем неравенстве. Обозначим

$$M_4 = \min \left| \frac{g^2 d^2(z) \sqrt{K} - d_{10} - h^2 d_{20} - h^2 \partial_z \ln \sqrt{K} \chi_2}{a^{(l_0)} \cos \psi} \right|,$$

получим  $M_4 \|U\|_{L_2}^2 \leq (M_1 + M_2) \|U\|_{L_2}^2 + M_3$ .

Пусть  $\|U\|_{L_2} \neq 0$ , тогда имеем  $M_4 \leq M_1 + M_2 + \frac{M_3}{\|U\|_{L_2}^2}$ .

Константа  $M_4$  зависит от функций  $a(s), b(s)$ , причем мы можем их произвольно выбирать так, что

$C_0 \leq \max \left| \frac{a \cos \alpha}{b \sqrt{K}} \right| < \infty$ , причём достаточно большой максимум достигается при  $\alpha \rightarrow 0$ . Отсюда и из неравенства

$M_4 \leq M_1 + M_2 + \frac{M_3}{\|U\|_{L_2}^2}$  получим противоречие.

Таким образом, наше предположение неверно, т.е.  $\|U\|_{L_2} = 0$  на  $\partial D$ . Но  $U$  – гармоническая функция, поэтому она во внутренней области  $D$  должна быть равна нулю ( $U = 0$  в  $D + \partial D$ ), а  $V$  отличается от  $U$  на константу. По предположению задачи  $V(0, 0) = 0$ , откуда следует, что  $V = 0$  в  $D + \partial D$ .

В связи с этими результатами краевая задача (4) имеет только нулевое решение. Тогда с помощью преобразования  $\omega_1(z) = U + iV$  имеем  $\omega_1 = 0$  в  $D + \partial D$ . Значит, задача

$$\begin{cases} \partial_{\bar{z}} \omega(z) = 0, \omega(0) = 0, z \in D, \\ \operatorname{Re} \left\{ (-b \sqrt{K} + a \sin \alpha i) \partial_{\bar{z}} \omega + (ia \partial_{\bar{z}} \ln \sqrt{K} \sin \alpha + a \overline{\lambda(z)} \sqrt{K} \cos \alpha) \omega(z) \right\} = 0 \end{cases}$$

имеет только нулевое решение.

Итак, можно утверждать, что существует константа  $C_0$ , зависящая от поверхности  $S$ , края  $\partial S$  и векторного

поля  $\vec{l}$ , такая, что при  $C_0 \leq \max \left| \frac{a \cos \alpha}{b \sqrt{K}} \right| < \infty$  поверхность второго порядка с условием (3) является жёсткой.

Доказательство существования константы  $\alpha_0 > 0$ , при которой поверхность второго порядка с условием (3)

является жёсткой, если  $\frac{\pi}{2} - \alpha_0 < \alpha(s) < \frac{\pi}{2}$  проводится аналогично методом от противного.

#### Литература

1. В.Т.Фоменко. О квазикорректности внешних связей в теории бесконечно малых изгибаний // СМЖ. – 1974. – Т.15. №1. – С.152-161.
2. В.Т.Фоменко. О квазикорректности внешних связей в теории бесконечно малых изгибаний поверхностей // ДАН. – 1973. – Т.212. №6. – С.1305-1308.
3. Векуа, И.Н. Обобщённые аналитические функции. М.: Физматлит, 1959. – 509 с.

#### References

1. V.T.Fomenko. O kvazikorrektnosti vneshnih svyazey v teorii beskonечно malyh izgibanij // SMZh. – 1974. – Т.15. №1. – С.152-161.
2. V.T.Fomenko. O kvazikorrektnosti vneshnih svyazey v teorii beskonечно malyh izgibanij poverhnostey // DAN. – 1973. – Т.212. №6. – С.1305-1308.
3. Vekua, I.N. Obobshhjonnye analiticheskie funkicii. M.: Fizmatlit, 1959. – 509 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.196

Филимонова А.П.<sup>1</sup>, Юрьева Т.А.<sup>2</sup><sup>1</sup>Кандидат физико-математических наук, доцент,<sup>2</sup>кандидат педагогических наук,

Амурский государственный университет

**ЕДИНСТВЕННОСТЬ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ МОНЖА-АМПЕРА НЕКОТОРОГО КЛАССА НА СФЕРЕ КАК ДВУМЕРНОМ МНОГООБРАЗИИ****Аннотация**

Восстановление поверхностей по заданным геометрическим характеристикам является одной из важных и сложных задач современной дифференциальной геометрии. В статье приводится доказательство теоремы единственности решения отрицательно эллиптического дифференциального уравнения Монжа-Ампера на сфере как двумерном многообразии методом линеаризации. На основании рассмотренной теоремы доказывается следствие о единственности выпуклой гомеоморфной сфере поверхности в евклидовом пространстве с заданной функцией гауссовой кривизны. Сформулированы условия единственности поверхности в гиперболическом пространстве и эллиптическом пространстве.

**Ключевые слова:** отрицательно эллиптическое уравнение, кривизна поверхности, двумерное многообразие, квадратичная форма.

Filimonova A.P.<sup>1</sup>, Yuryeva T.A.<sup>2</sup><sup>1</sup>PhD in Physics and Mathematics, associate professor,<sup>2</sup>PhD in Pedagogy,

The Amur State University

**UNIQUENESS OF SOLUTIONS OF THE MONGE-AMPERE A CLASS AT A SPHERE AS TWO-DIMENSIONAL MANIFOLDS****Abstract**

Restoring surfaces for given geometric characteristics is one of the most important and difficult tasks of modern differential geometry. The article presents the proof of uniqueness of solutions adversely elliptical differential equation of the Monge-Ampere equation on the sphere as a two-dimensional manifold linearization method. On the basis of the theorem proved considered a consequence of the uniqueness of a convex surface homeomorphic to a sphere in Euclidean space with a predetermined function of the Gaussian curvature. The conditions for the uniqueness of the surface in the hyperbolic space and elliptic space.

**Keywords:** negative elliptical equation, curvature of the surface, two-dimensional manifold, quadratic form.

Рассмотрим на единичной сфере  $S_1^2$  как двумерном многообразии дифференциальное уравнение Монжа-Ампера:

$$\rho_{11}\rho_{22}-\rho_{12}^2-\rho_{11}[f(\rho)\cdot\rho_v^2+\varphi(\rho)\cdot\varphi_1(u,v)]+2\rho_{12}f(\rho)\cdot\rho_u\rho_v-\rho_{22}[f(\rho)\cdot\rho_u^2+\varphi(\rho)\cdot\varphi_2(u,v)]+ \\ +\bar{D}(u,v,\rho,\rho_u,\rho_v)=\psi(u,v,\rho)\cdot\bar{D}_1(u,v,\rho,\rho_u,\rho_v). \quad (1)$$

В уравнении (1)  $(u,v)\in S_1^2$  (локальные географические координаты),  $\rho\in R^+$ , а  $\rho_{11}$ ,  $\rho_{12}$ ,  $\rho_{22}$  – вторые ковариантные производные функции  $\rho(u,v)$  относительно метрики единичной сферы  $S_1^2$ .

Наложим следующие ограничения на входящие в уравнение (1) функции:  $\varphi(\rho)>0$ ,  $\varphi_1(u,v)>0$ ,  $\varphi_2(u,v)>0$ .

Далее введем обозначения:  $A=f(\rho)\cdot d(u,v)\cdot\rho_v^2+\varphi(\rho)\cdot\varphi_1(u,v)$ ,  $B=f(\rho)\cdot d(u,v)\cdot\rho_u\rho_v$ ,  $C=f(\rho)\cdot d(u,v)\cdot\rho_u^2+\varphi(\rho)\cdot\varphi_2(u,v)$ , то есть  $A$ ,  $B$  и  $C$  являются соответственно коэффициентами при  $-\rho_{11}$ ,  $2\rho_{12}$  и  $-\rho_{22}$ .

В таком случае условие  $AC-B^2-\bar{D}+\psi\bar{D}_1>0$  обеспечивает отрицательную эллиптичность уравнения (1). Здесь  $\bar{D}=\bar{D}(u,v,\rho,\rho_u,\rho_v)$  и  $\bar{D}_1=\bar{D}_1(u,v,\rho,\rho_u,\rho_v)$ .

Действительно, пусть  $\rho(u,v)$  есть решение уравнения  $\Phi(u,v,\rho,\rho_u,\rho_v,\rho_{uu},\rho_{vv},\rho_{uv})=0$ .

Квадратичная форма  $T(\Phi,\rho)=\frac{\partial\Phi}{\partial\rho_{uu}}(\rho)\cdot\alpha^2+\frac{\partial\Phi}{\partial\rho_{uv}}(\rho)\cdot\alpha\beta+\frac{\partial\Phi}{\partial\rho_{vv}}(\rho)\cdot\beta^2$  ( $\alpha,\beta\in R$ ), для нашего

уравнения (1) имеет следующий вид:  $(\rho_{22}-f(\rho)\cdot\rho_v^2-\varphi(\rho)\cdot\varphi_2(u,v))\cdot\alpha^2-2(\rho_{12}-f(\rho)\cdot\rho_u\rho_v)\cdot\alpha\beta+(\rho_{11}-f(\rho)\cdot\rho_u^2-\varphi(\rho)\cdot\varphi_1(u,v))\cdot\beta^2$ . Или  $T(\Phi,\rho)=$   
 $=(\rho_{22}-A)\cdot\alpha^2-2(\rho_{12}-B)\cdot\alpha\beta+(\rho_{11}-C)\cdot\beta^2$ .

Ее дискриминант равен:  $(\rho_{22}-A)\cdot(\rho_{11}-C)-(\rho_{12}-B)^2=\rho_{11}\rho_{22}-(\rho_{12})^2-A\rho_{11}+2B\rho_{12}-C\rho_{22}+AC-B^2=AC-B^2-\bar{D}+\psi\bar{D}_1$ , что следует из уравнения (1). Так как  $AC-B^2-\bar{D}+\psi\bar{D}_1>0$  в силу наложенного выше условия, то  $T(\Phi,\rho)$  определена. Далее, так как в точке максимума функции  $\rho(u,v)$  имеем  $\rho_{22}\leq 0$ ,  $-A=-f(\rho)\cdot d(u,v)\cdot\rho_v^2-\varphi(\rho)\cdot\varphi_1(u,v)<0$  (по условию  $f(\rho)$ ,  $\varphi(\rho)$ ,  $\varphi_1(u,v)$  – положительные функции), то отсюда следует, что  $T(\Phi,\rho)$  для уравнения (1) определена отрицательно. Это и показывает отрицательную эллиптичность исходного уравнения (1).

Далее введем в рассмотрение новую функцию:  $\omega = \int \frac{d\rho}{\varphi(\rho)}$  ( $\varphi(\rho) > 0$ ).

**Теорема.** Дифференциальное уравнение (1) имеет на единичной сфере  $S_1^2$  как двумерном многообразии не более одного решения  $\rho = \rho(u, v)$  при выполнении следующих условий:

- 1)  $\varphi \in C^2, \psi \in C^2, D \in C^2, D_1 \in C^1$ ;
- 2)  $\varphi'(\rho) - f(\rho) \cdot \varphi(\rho) = C(u, v)$ , то есть не зависит от  $\rho$ ;
- 3)  $\left[ \frac{D - \psi D_1}{\varphi^2(\rho)} \right]_\rho \geq 0, D = D(u, v, \rho, \omega_u, \omega_v), D_1 = D_1(u, v, \rho, \omega_u, \omega_v)$ .

**Доказательство.** В силу замены переменной в уравнении (1):  $\omega = \int \frac{d\rho}{\varphi(\rho)}$  имеем  $\rho_u = \omega_u \cdot \varphi(\rho), \rho_v = \omega_v \cdot \varphi(\rho)$ ,

$$\rho_{11} = \omega_{11} \cdot \varphi(\rho) + \omega_u^2 \cdot \varphi'(\rho) \cdot \varphi(\rho), \rho_{12} = \omega_{12} \cdot \varphi(\rho) + \omega_u \omega_v \cdot \varphi'(\rho) \cdot \varphi(\rho), \rho_{22} = \omega_{22} \cdot \varphi(\rho) + \omega_v^2 \cdot \varphi'(\rho) \cdot \varphi(\rho).$$

Подставим в уравнение (1) вместо  $\rho_u, \rho_v, \rho_{11}, \rho_{12}, \rho_{22}$  их выражения через производные функции  $\omega$ . В результате получим:  $[\omega_{11} \cdot \varphi(\rho) + \omega_u^2 \cdot \varphi'(\rho) \cdot \varphi(\rho)] \cdot [\omega_{22} \cdot \varphi(\rho) + \omega_v^2 \cdot \varphi'(\rho) \cdot \varphi(\rho)] - [\omega_{12} \cdot \varphi(\rho) + \omega_u \omega_v \cdot \varphi'(\rho) \cdot \varphi(\rho)]^2 - [\omega_{11} \cdot \varphi(\rho) + \omega_u^2 \cdot \varphi'(\rho) \cdot \varphi(\rho)] \cdot [f(\rho) \cdot \omega_v^2 \cdot \varphi^2(\rho) + \varphi(\rho) \cdot \varphi_1(u, v)] + 2[\omega_{12} \cdot \varphi(\rho) + \omega_u \omega_v \cdot \varphi'(\rho) \cdot \varphi(\rho)] \cdot f(\rho) \cdot \omega_u \omega_v \cdot \varphi^2(\rho) - [\omega_{22} \cdot \varphi(\rho) + \omega_v^2 \cdot \varphi'(\rho) \cdot \varphi(\rho)] \cdot [f(\rho) \cdot \omega_u^2 \cdot \varphi^2(\rho) + \varphi(\rho) \cdot \varphi_2(u, v)] + \overline{D}(u, v, \rho, \omega_u, \omega_v) = \psi(u, v, \rho) \cdot \overline{D}_1(u, v, \rho, \omega_u, \omega_v)$ , где  $\rho = \rho(\omega(u, v))$ .

Проведя соответствующие преобразования, для функции  $\omega$  получим следующее уравнение:

$$\omega_{11}\omega_{22} - \omega_{12}^2 + \omega_{11}[\omega_u^2 \cdot \varphi'(\rho) - \omega_v^2 \cdot \varphi(\rho) f(\rho) - \varphi_1(u, v)] - 2\omega_{12}[\omega_u \omega_v \cdot \varphi'(\rho) - \varphi(\rho) f(\rho) \omega_u \omega_v] + \omega_{22}[\omega_u^2 \cdot \varphi'(\rho) - \varphi(\rho) f(\rho) \omega_u^2 - \varphi_2(u, v)] + \frac{D(u, v, \rho, \omega_u, \omega_v)}{\varphi^2(\rho)} = \psi(u, v, \rho) \frac{D_1(u, v, \rho, \omega_u, \omega_v)}{\varphi^2(\rho)}. \quad (2)$$

Здесь  $\rho = \rho(\omega(u, v))$ .

Полученное уравнение (2) отрицательно эллиплично. Доказательство аналогично таковому для уравнения (1). Если  $\omega = \omega(u, v)$  есть решение уравнения (2), то соответствующая квадратичная форма  $T(\Phi, \rho) = (\omega_{22} + A) \cdot \alpha^2 - 2(\omega_{12} + B) \cdot \alpha\beta + (\omega_{11} + C) \cdot \beta^2$ , где  $A, B$  и  $C$  коэффициенты при  $\omega_{11}, -2\omega_{12}, \omega_{22}$  соответственно:  $A = \omega_u^2 \cdot \varphi'(\rho) - \omega_v^2 \cdot \varphi(\rho) f(\rho) - \varphi_1(u, v)$ ,  $B = \omega_u \omega_v \cdot \varphi'(\rho) - \varphi(\rho) f(\rho) \omega_u \omega_v$ ,  $C = \omega_v^2 \cdot \varphi'(\rho) - \varphi(\rho) f(\rho) \omega_u^2 - \varphi_2(u, v)$ ;  $\alpha, \beta \in R$ . Дискриминант  $T(\Phi, \rho)$  равен:  $(\omega_{22} + A) \cdot (\omega_{11} + C) - (\omega_{12} + B)^2 = \omega_{11}\omega_{22} - \omega_{12}^2 + A \cdot \omega_{11} - 2B \cdot \omega_{12} + C \cdot \omega_{22} + A \cdot C - B^2 = A \cdot C - B^2 - \frac{D(u, v, \rho, \omega_u, \omega_v)}{\varphi^2(\rho)} + \psi(u, v, \rho) \frac{D_1(u, v, \rho, \omega_u, \omega_v)}{\varphi^2(\rho)}$ . При наложении условия  $A \cdot C - B^2 - \frac{D(u, v, \rho, \omega_u, \omega_v)}{\varphi^2(\rho)} + \psi(u, v, \rho) \frac{D_1(u, v, \rho, \omega_u, \omega_v)}{\varphi^2(\rho)} > 0$ , где  $D = D(u, v, \rho, \omega_u, \omega_v), D_1 = D_1(u, v, \rho, \omega_u, \omega_v)$ , дискриминант  $T(\Phi, \rho)$  положителен, следовательно форма  $T(\Phi, \rho)$  определена.

Отрицательная определенность формы  $T(\Phi, \rho)$  следует из того, что в точке максимума функции  $\omega = \omega(u, v)$  имеем:  $\omega_{22} \leq 0, A = \omega_u^2 \cdot \varphi'(\rho) - \omega_v^2 \cdot \varphi(\rho) f(\rho) - \varphi_1(u, v) = -\varphi_1(u, v) < 0$ , так как по условию теоремы  $\varphi_1(u, v) > 0$ . Таким образом, уравнение (2) отрицательно эллиптическое при выполнении указанного выше условия:  $A \cdot C - B^2 - \frac{D(u, v, \rho, \omega_u, \omega_v)}{\varphi^2(\rho)} + \psi(u, v, \rho) \frac{D_1(u, v, \rho, \omega_u, \omega_v)}{\varphi^2(\rho)} > 0$ .

Предположим, что уравнение (2) имеет два различных решения  $\omega = \omega(u, v)$  и  $\tilde{\omega} = \tilde{\omega}(u, v)$ , разность  $\tilde{\omega} - \omega$  обозначим через  $\delta$ :  $\tilde{\omega} - \omega = \delta$ . Имеют место соотношения:  $\tilde{\omega}_u = \delta_u + \omega_u, \tilde{\omega}_v = \delta_v + \omega_v, \tilde{\omega}_{11} = \delta_{11} + \omega_{11}, \tilde{\omega}_{12} = \delta_{12} + \omega_{12}, \tilde{\omega}_{22} = \delta_{22} + \omega_{22}$ . Можно показать, что при выполнении условия теоремы:  $\varphi'(\rho) - f(\rho) \cdot \varphi(\rho) = C(u, v)$  (то есть независимости данного выражения от функции  $\rho$ ) и применении теоремы о конечных приращениях функция  $\delta$  удовлетворяет линейному однородному уравнению следующего вида:



$$\frac{1}{2} \delta_{11}(\tilde{\omega}_{22}+A_1+\omega_{22}+A)-\delta_{12}(\tilde{\omega}_{12}+B_1+\omega_{12}+B)+\frac{1}{2} \delta_{22}(\tilde{\omega}_{11}+C_1+\omega_{11}+C)+$$

$$+\Phi_1(u, v) \delta_u+\Phi_2(u, v) \delta_v+\left[\frac{D-\psi D_1}{\varphi^2(\rho)}\right]_{\rho}^{\wedge} \cdot \varphi(\rho) \cdot \delta=0. \quad (3)$$

Здесь  $A, B$  и  $C$  и  $A_1, B_1$  и  $C_1$  – коэффициенты при  $\omega_{11}, -2\omega_{12}, \omega_{22}$  и  $\tilde{\omega}_{11}, \tilde{\omega}_{12}, \tilde{\omega}_{22}$  соответственно в уравнении (2) для  $\omega=\omega(u, v)$  и  $\tilde{\omega}=\tilde{\omega}(u, v)$ , которые являются его решениями. Знак  $\wedge$  обозначает, что соответствующая функция вычисляется в промежуточной точке.

Уравнение (3) отрицательно эллиплично, так как квадратичная форма  $\frac{1}{2}(\tilde{\omega}_{22}+A_1+\omega_{22}+A) \cdot \alpha^2 - (\tilde{\omega}_{12}+B_1+\omega_{12}+B) \cdot \alpha \cdot \beta + \frac{1}{2}(\tilde{\omega}_{11}+C_1+\omega_{11}+C) \cdot \beta^2 = \frac{1}{2}[(\tilde{\omega}_{22}+A_1) \cdot \alpha^2 - 2(\tilde{\omega}_{12}+B_1) \cdot \alpha \cdot \beta + (\tilde{\omega}_{11}+C_1) \cdot \beta^2 + (\omega_{22}+A) \cdot \alpha^2 - 2(\omega_{12}+B) \cdot \alpha \cdot \beta + (\omega_{11}+C) \cdot \beta^2]$  отрицательно определена в силу отрицательной эллиптичности уравнения (2) на решениях  $\omega=\omega(u, v)$  и  $\tilde{\omega}=\tilde{\omega}(u, v)$ .

Итак, (3) является линейным однородным отрицательно эллиптическим уравнением относительно  $\delta$ . Из условий

теоремы следует, что коэффициент  $\left[\frac{D-\psi D_1}{\varphi^2(\rho)}\right]_{\rho}^{\wedge} \cdot \varphi(\rho)$  неотрицателен. В силу принципа максимума,

рассмотренного для уравнения (3) на сфере  $S_1^2$  как компактном многообразии получаем, что  $\delta \equiv 0$ . Следовательно,

$\tilde{\rho} - \rho = \frac{\tilde{\omega} - \omega}{\tilde{\omega}' \rho} \equiv 0$ , следовательно  $\tilde{\rho} \equiv \rho$ . Единственность решения уравнения (1) доказана.

**Следствие 1.** Рассмотрим геометрическую задачу. Пусть в трехмерном евклидовом пространстве  $E^3$  фиксирована некоторая точка  $O$ . Пусть, далее,  $S_1^2$  – сфера единичного радиуса с центром в этой точке. Будем рассматривать класс регулярных выпуклых гомеоморфных сфере  $S_1^2$  поверхностей, звездных относительно точки  $O$ . Произвольная поверхность  $F$  этого класса может быть задана уравнением  $F: \rho=\rho(u, v)$ , где  $u, v, \rho$  – сферические координаты в  $E^3$ . Рассмотрим  $S_1^2$  как двумерное многообразие и выберем атлас так, чтобы в локальных координатах  $u, v$  каждой карты выполнялось неравенство:  $\sin u \geq x > 0$ . Тогда, если в  $E^3 \setminus \{O\}$  определена функция  $K(u, v, \rho) \in S_1^2 \times R^+$ , задающая поверхность  $F$ , в каждой точке которой гауссова кривизна равна значению функции  $K$  в той же точке, является решением отрицательно эллиптического уравнения типа Монжа-Ампера, которое на сфере  $S_1^2$  имеет следующий вид [1]:

$$\rho_{11}\rho_{22}-\rho_{12}^2-\rho_{11}\frac{\rho_v^2+\rho^2\sin^2u}{\rho}+2\rho_{12}\frac{\rho_u\rho_v}{\rho}-\rho_{22}\frac{\rho_u^2+\rho^2}{\rho}=$$

$$=K(u, v, \rho)\frac{(\rho_u^2\sin^2u+\rho_v^2+\rho^2\sin^2u)}{\sin^2u}-(2\rho_u^2\sin^2u+2\rho_v^2+\rho^2\sin^2u), \sin^2u>0. \quad (4)$$

Существует не более одной поверхности  $F: \rho=\rho(u, v)$ , указанного выше класса, гауссова кривизна которой в каждой точке совпадает со значением функции  $K$  в этой точке, если выполняются условия: 1)  $K \in C^1$ , 2)  $(K\rho)'_{\rho} \leq 0$ .

Действительно, задача сводится к нахождению достаточных условий единственности решения уравнения (4). Уравнение (4) является частным случаем уравнения (1).

Имеем  $\varphi(\rho) = \rho > 0$ ,  $f(\rho) = \frac{2}{\rho}$ ,  $\varphi_1(u, v) = \sin^2 u > 0$ ,  $\varphi_2(u, v) = 1 > 0$ .

Далее  $\varphi'(\rho) - \varphi(\rho)f(\rho) = 1 - \frac{2}{\rho}\rho = -1 = \text{const}$  (не зависит от  $\rho$ );

$$\left[ \frac{D - \psi D_1}{\varphi^2(\rho)} \right]'_{\rho} = (2\omega_u^2 \rho^2 \sin^2 u + 2\omega_v^2 \rho^2 + \rho^2 \sin^2 u - \\ - K(u, v, \rho) \frac{(\omega_u^2 \rho^2 \sin^2 u + \omega_v^2 \rho^2 + \rho^2 \sin^2 u)}{\sin^2 u} \frac{1}{\rho^2})'_{\rho} = \\ = (-K\rho^2)'_{\rho} (\omega_u^2 \sin^2 u + \omega_v^2 + \sin^2 u)^2 \frac{1}{\sin^2 u} \geq 0$$

при условии  $(K\rho^2)'_{\rho} \leq 0$ . Здесь  $\omega = \int \frac{d\rho}{\rho}$ .

Результат следствия 1 теоремы совпадает с результатом работы [1], где теорема единственности решения уравнения (4) была доказана геометрическим методом.

**Следствие 2.** Условия единственности поверхности для аналогично сформулированной задачи в гиперболическом пространстве  $H^3$  и эллиптическом пространстве  $\mathcal{E}^3$  соответственно имеют вид:  $(K_{ext} sh^2 \rho ch^2 \rho)'_{\rho} \leq 0$  ( $H^3$ ) и  $(K_{ext} tg^2 \rho)'_{\rho} \leq 0$  ( $\mathcal{E}^3$ ).

Для пространства Лобачевского  $H^3$  результат был получен в работе [2]. Для пространства  $\mathcal{E}^3$  результат получен как следствие сформулированной в статье теоремы. Аналогичная задача единственности решения квазилинейного уравнения на сфере в пространствах постоянной кривизны рассмотрена в работе [3].

#### Литература

1. Верещагин Б.М. Восстановление замкнутой выпуклой поверхности по данной функции гауссовой кривизны // Вопросы глобальной геометрии: Сб. научн. трудов. – ЛГПИ им. А.И. Герцена. – Л., 1979. – С. 7-12.
2. Филимонова А.П. Оценки в метрике  $S^2$  и единственность выпуклой гомеоморфной сфере поверхности с заданной гауссовой кривизной в  $H^3$  // Вопросы глобальной геометрии: Сб. научн. трудов. – ЛГПИ им. А.И. Герцена. – Л., 1979. – С. 64-68.
3. Филимонова А.П., Юрьева Т.А. Линеаризация как метод доказательства единственности решения для некоторого класса нелинейных дифференциальных уравнений на сфере // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. – 2016. – № 73. – С. 25-28.

#### References

1. Vereshhagin B.M. Vosstanovlenie zamknutoj vypukloj poverhnosti po dannoj funkcii gaussovoj krivizny // Voprosy global'noj geometrii: Sb. nauchn. trudov. – LGPI im. A.I. Gercena. – L., 1979. – S. 7-12.
2. Filimonova A.P. Ocenki v metrike  $S^2$  i edinstvennost' vypukloj gomeomorfnoj sfere poverhnosti s zadannoj gaussovoj kriviznoj v // Voprosy global'noj geometrii: Sb. nauchn. trudov. – LGPI im. A.I. Gercena. – L., 1979. – S. 64-68.
3. Filimonova A.P., Yuryeva T.A. Linearizacija kak metod dokazatel'stva edinstvennosti reshenija dlja nekotorigo klassa nelinejnyh differencial'nyh uravnenij na sfere // Vestnik Amurskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Estestvennye i jekonomicheskie nauki. – 2016. – № 73. – S. 25-28.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.198

Хидиров Х.С.<sup>1</sup>, Кулобиев М.А.<sup>2</sup><sup>1</sup>Кандидат физико-математических наук,<sup>2</sup>ассистент кафедры «Высшая математика»

Институт технологии и инновационного менеджмента г.Куляб, Таджикистан

**ИССЛЕДОВАНИЕ УРАВНЕНИЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО ТИПА ВТОРОГО ПОРЯДКА НАГРУЖЕННЫМИ СВОБОДНЫМ ЧЛЕН И С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ УСЛОВИЯМИ****Аннотация***В настоящей работе исследовано уравнение гиперболического типа нагруженным свободным членом и с дополнительными условиями и приведено к исследованию линейно алгебраические уравнения.***Ключевые слова:** уравнения-гиперболические типа-нагруженные-дополнительные условия.Khidirov.Kh.S.<sup>1</sup>, Kulobiev M.A.<sup>2</sup><sup>1</sup>PhD in Physics and Mathematics,<sup>2</sup>assistant chair «Higher Mathematics»

Institute of Technology and Innovation Management Kulyab, Tajikistan.

**STUDY EQUATIONS OF HYPERBOLIC TYPE SECOND-ORDER INTERCEPT AND LADEN WITH ADDITIONAL CONDITIONS****Abstract***In this paper we investigate the equation of hyperbolic type loaded free member and additional terms and reduced to the study of linear algebraic equations.***Keywords:** equations of hyperbolic type-laden, additional conditions.**Р**ассмотрим уравнение второго порядка гиперболического типа с переменным коэффициентом.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + a(x, y) \frac{\partial u}{\partial y} + b(x, y) \frac{\partial u}{\partial x} + a(x, y) \cdot b(x, y) u(x, y) = f(x, y) + \sum_{k=1}^n \alpha_k \theta_k^i(x, y), (i = \overline{1, m})$$

(1)

где  $a(x, y), b(x, y)$  – непрерывные, интегрируемые функции,  $f(x, y)$  –свободный член,  $\sum_{k=1}^n \alpha_k \theta_k^i(x, y)$  – нагрузка,  $\alpha_k, (k = \overline{1, n})$  – постоянное число.

Дополнительное условие:

$$\int_0^s \int_0^d \varphi_i(x, y) \cdot u(x, y) dx dy = p_i \quad (2).$$

1. Сначала решаем уравнение (1) с заданным следующим краевым задачей.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + a(x, y) \frac{\partial u}{\partial y} + b(x, y) \frac{\partial u}{\partial x} + a(x, y) \cdot b(x, y) u(x, y) = f(x, y) + \sum_{k=1}^n \alpha_k \theta_k^i(x, y), (i = \overline{1, m})$$

$$u|_{y=0} = \varphi(x), \left[ \frac{\partial u}{\partial y} + b(x, y) u \right]_{x=0} = \psi(y) \quad (3)$$

Решение задачи (3) имеет вид.

$$u(x, y) = \varphi(x) \exp \left( - \int_0^y b(x, \beta) d\beta \right) + \int_0^y \psi(\eta) \exp \left( \int_y^\eta b(x, \beta) d\beta - \int_0^x a(\alpha, \beta) d\alpha \right) d\eta + \\ + \int_0^x \int_0^y \left[ f(\xi, \eta) + \sum_{k=1}^n \alpha_k \theta_k^i(\xi, \eta) \right] \exp \left( \int_x^\xi a(\alpha, \eta) d\alpha + \int_y^\eta b(\alpha, \beta) d\beta \right) d\xi d\eta \quad (4)$$

После вычисления интеграла правой стороны равенство (4) получаем.

$$u(x, y) = \varphi(x) \exp(\Phi(x, y)) + H(x, y) + K(x, y) + \sum_{k=1}^n \alpha_k F_k^i(x, y) \quad (5)$$

2. Решаем уравнение (1) с следующим краевым задачам.

$$\left. \begin{aligned} u_{xy} + a(x, y) u_x + b(x, y) u_y + a(x, y) b(x, y) u &= f(x, y) + \sum_{k=1}^n \alpha_k \theta_k^i(x, y), x > 0, y > 0, \\ u|_{y=0} = \omega(x), u|_{x=0} = \psi(y), &(\text{задача Гурца}) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Для общего решения уравнения (6) получаем следующего интегральное представление:

$$u(x, y) = \int_0^y \exp\left(\int_y^\tau b(x, \nu) d\nu - \int_0^x a(\sigma, \tau) d\sigma\right) (\psi'(\tau) + b(0, \tau)) \psi(\tau) d\tau + \omega(x) \exp\left(-\int_0^y b(x, \nu) d\nu\right) +$$

$$+ \int_0^x \int_0^y \left[ f(\xi, \tau) + \sum_{k=1}^n \alpha_k \theta_k^i(\xi, \tau) \right] \exp\left(\int_x^\xi a(\sigma, \tau) d\sigma + \int_y^\tau b(\sigma, \nu) d\nu\right) d\xi d\tau \quad (7)$$

После вычисление интегралов правой стороны равенства (7) получаем.

$$u(x, y) = \Phi_1(x, y) + H_1(x, y) + K_1(x, y) + \sum_{k=1}^n \alpha_k \Pi_k^i(x, y) \quad (8)$$

3. Решаем уравнение (1) без краевых задачи.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + a(x, y) \frac{\partial u}{\partial y} + b(x, y) \frac{\partial u}{\partial x} + a(x, y) \cdot b(x, y) u(x, y) = f(x, y) + \sum_{k=1}^n \alpha_k \theta_k^i(x, y), (i = \overline{1, m})$$

Интегральное представление решение уравнение (1) имеет вид.

$$u(x, y) = \exp\left(-\int_0^y b(x, \tau) d\tau\right) C_2(x) + \int_0^y \exp\left(\int_x^\xi b(x, \tau) d\tau - \int_0^x a(\sigma, \varsigma) d\sigma\right) C_1(\varsigma) d\varsigma +$$

$$+ \int_0^x \int_0^y \left[ f(\xi, \varsigma) + \sum_{k=1}^n \alpha_k \theta_k^i(\xi, \varsigma) \right] \exp\left(\int_x^\xi a(\sigma, \varsigma) d\sigma + \int_y^\tau b(\sigma, \tau) d\tau\right) d\xi d\varsigma.$$

После вычисление интеграла получаем.

$$u(x, y) = P(x, y) + \Omega(x, y) + Y(x, y) + \sum_{r=1}^n \alpha_k T_k^i(x, y), (i = 1, 2, \dots, m) \quad (9)$$

Решение (5),(8),(9) подставляем на дополнительные условие (2) и получаем линейные алгебраические система (л.а.с).

1<sup>0</sup>. Сначала подставляем значение (5) на дополнительным условие (2).

$$\int_0^s \int_0^d \varphi_i(x, y) \cdot \left[ \varphi(x) \exp(\Phi(x, y)) + H(x, y) + K(x, y) + \sum_{k=1}^n \alpha_k F_k^i(x, y) \right] dx dy = h = p_i, (i = \overline{1, n}) \quad (10)$$

И получаем линейные алгебраические система.

$$\sum_{k=1}^n a_{ik} \alpha_k = b_i, \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (10),$$

где  $\sum_{k=1}^n a_{ik} \alpha_k = \int_0^s \int_0^d \varphi_i(x, y) \cdot \sum_{k=1}^n \alpha_k F_k^i(x, y) dx dy, b_i = \int_0^s \int_0^d \varphi_i(x, y) \cdot [\varphi(x) \exp(\Phi(x, y)) + H(x, y) + K(x, y)] dx dy.$

Возможно может быт три случая: 1)  $m = n, 2) m > n, 3) m < n.$

Если функции  $\varphi_i(x, y)$  и  $\Phi(x, y), H(x, y), K(x, y)$  ортогональные функции, то значение  $b_i = 0$ , то в этом случае линейные алгебраические система (10) преобразуется на однородные системы т.е.

$$\sum_{k=1}^n a_{ik} \alpha_k = 0, \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (11)$$

**Теорема 1.** Пусть дано уравнение гиперболического типа второго порядка нагруженными свободных член (1) с краевым условием(3).

1) Если в линейных алгебраических системе (10)  $m = n$  и  $\Delta \alpha \neq 0$ , то уравнение (1) имеет единственные решения в противном случае уравнение имеет решение.

2) Если в линейных алгебраических системе (11)  $\Delta \alpha = 0$  то уравнение (1) имеет единственные решения ,противном случае не имеет решения.

2<sup>0</sup>. Подставляем значение (8) на дополнительным условие (2).

$$\int_0^s \int_0^d \varphi_i(x, y) \cdot \left[ (\Phi_1(x, y) + H_1(x, y) + K_1(x, y) + \sum_{k=1}^n \alpha_k \Pi_k^i(x, y)) \right] dx dy = h = p_i, (i = \overline{1, m}) \quad (10)$$

И получаем линейные алгебраические система.

$$\sum_{k=1}^n l_{ik} \alpha_k = \delta_i, \quad (i = 1, 2, \dots, m), \quad (12),$$

$$\text{где } \sum_{k=1}^n l_{ik} \alpha_k = \int_0^s \int_0^d \varphi_i(x, y) \cdot \sum_{k=1}^n \alpha_k \Pi_k^i(x, y) dx dy, \delta_i = \int_0^s \int_0^d \varphi_i(x, y) \cdot [\Phi_1(x, y)) + H_1(x, y) + K_1(x, y)] dx dy$$

Возможно три случая: 1)  $m = n$ , 2)  $m > n$ , 3)  $m < n$ .

Если функции  $\varphi_i(x, y)$  и  $\Phi_1(x, y), H_1(x, y), K_1(x, y)$  ортогональные функции, то значение  $\delta_i = 0$ , то в этом случае линейные алгебраические система (12) преобразуется к однородные системы т.е.

$$\sum_{k=1}^n l_{ik} \alpha_k = 0, \quad (i = 1, 2, \dots, m), \quad (13).$$

**Теорема 2.** Пусть дано уравнение гиперболического типа второго порядка нагруженными свободных член (1) с задачам Гурса.

1) Если в линейных алгебраических системе (12)  $m = n$  и  $\Delta \alpha \neq 0$ , то уравнение (1) имеет единственные решения в противном случае уравнение имеет решение.

2) Если в линейных алгебраических системе (13)  $\Delta \alpha = 0$  то уравнение (1) имеет единственные решения, в противном случае не имеет решения.

3°. Подставляем значение (9) на дополнительное условие (2).

$$\int_0^s \int_0^d \varphi_i(x, y) \cdot \left[ (P(x, y)) + \Omega(x, y) + Y(x, y) + \sum_{k=1}^n \alpha_k T_k^i(x, y) \right] dx dy = h = p_i, (i = \overline{1, m}) \quad (10)$$

И получаем линейные алгебраические система.

$$\sum_{k=1}^n \eta_{ik} \alpha_k = \rho_i, \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (14)$$

$$\text{где } \sum_{k=1}^n a_{ik} \alpha_k = \int_0^s \int_0^d \varphi_i(x, y) \cdot \sum_{k=1}^n \alpha_k T_k^i(x, y) dx dy, b_i = \int_0^s \int_0^d \varphi_i(x, y) \cdot [P(x, y)) + \Omega(x, y) + Y(x, y)] dx dy$$

Возможно может быть три случая: 1)  $m = n$ , 2)  $m > n$ , 3)  $m < n$ .

Если функции  $\varphi_i(x, y)$  и  $P(x, y), \Omega(x, y), Y(x, y)$  ортогональные функции, то значение  $\rho_i = 0$ , то в этом случае линейные алгебраические система (10) преобразуется на однородные системы т.е.

$$\sum_{k=1}^n a_{ik} \alpha_k = 0, \quad (i = 1, 2, \dots, m), \quad (15).$$

**Теорема 3.** Пусть дано уравнение гиперболического типа второго порядка нагруженными свободных член (1) без краевым условием.

1) Если в линейных алгебраических системе (14)  $m = n$  и  $\Delta \alpha \neq 0$ , то уравнение (1) имеет единственные решения в противном случае уравнение имеет решение.

Если в линейных алгебраических системе (15)  $\Delta \alpha = 0$  то уравнение (1) имеет единственные решения, в противном случае не имеет решения

#### Литература

1. А.Н.Тихонов., А.А. Самарский., Уравнения математической физики, «Наука», Москва-1972.
2. Араманович И.Г., Левин В.И., Уравнения математической физики, «Наука», Москва-1969.
3. Кошляков Н.С., Глинер Ю.И., Смирнов М.М., Основные дифференциальные уравнения математической физики, Физматгиз, Москва-1962.

#### References

1. A.N.Tihonov., A.A Samara., Equations of mathematical physics, "Nauka", Moscow 1972.
2. Aramanovich IG, Levin VI, equations of mathematical physics, "Nauka", Moscow, 1969.
3. Koshlyakov NS, Gleaner YI Smirnov MM, Basic differential equations of mathematical physics, Fizmatgiz, Moscow, 1962.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.170

Якунин В. И.<sup>1</sup>, Гузненков В. Н.<sup>2</sup>, Журбенко П. А.<sup>3</sup>, Осипук А. А.<sup>4</sup><sup>1</sup>Доктор технических наук; <sup>2</sup>доктор педагогических наук, доцент; <sup>3</sup>старший преподаватель; <sup>4</sup>ассистент,  
Московской государственной технической университет имени Н. Э. Баумана**МЕТОДЫ КЛАССИЧЕСКОЙ ПРИКЛАДНОЙ ГЕОМЕТРИИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ****Аннотация**

*В статье рассмотрены модели в классической геометрии, их развитие, способы создания, возможности сочетания аналитических и графических методов, влияние начертательной геометрии на конструирования поверхностей. Приведено исследование поверхностей общего вида, как возможность внедрения в классическое содержание смежных геометрических дисциплин. Рассмотрено построение бинарного поля номограммы, позволяющего анализировать кривизны в любых точках криволинейной поверхности, заданной аналитически или неявной форме. Получены результаты для всех минимальных поверхностей.*

**Ключевые слова:** исследование поверхностей, номографический метод, начертательная геометрия.

Yakunin V. I.<sup>1</sup>, Guzenkov V. N.<sup>2</sup>, Zhurbenko P. A.<sup>3</sup>, Osipuk A. A.<sup>4</sup><sup>1</sup>PhD in Engineering<sup>2</sup>PhD in Pedagogy, Associate professor; <sup>3</sup>Senior lecturer; <sup>4</sup>Teacher assistant,  
Bauman moscow state technical university;**APPLIED METHODS OF CLASSICAL GEOMETRY IN TECHNICAL APPLICATIONS****Abstract**

*The article considers the models of classical geometry, their development, methods of creation, opportunities combination of analytical and graphical methods, descriptive geometry influence on the design surface. Surface general type research was conducted as the possibility of introducing the classical geometric content related disciplines. In this topic consider the construction of a binary field nomogram that allows to analyze the curvature at any point of the curved surface defined analytically or implicitly. The results obtained for all minimal surfaces.*

**Keywords:** research of surfaces, nomogrammic method, descriptive geometry.

Основания начертательной геометрии относятся к XVIII-XIX вв. Это была очень дифференцируемая научная дисциплина, элементы которой, и вместе с тем её основное научное содержание, были разработаны и систематизированы выдающимся французским геометром, разносторонним мыслителем и философом Гаспаром Монжем. Этот учёный придавал большое значение начертательной геометрии как глубокой научной и педагогической дисциплине.

Достаточно привести его педагогический комментарий: «Если бы мне снова пришлось начать эту работу (речь идёт о написании курса начертательной геометрии), я напечатал бы её в два столбца: в первом я поместил бы решения геометрических задач путём вычисления, а во втором – решение тех же задач, но выполненное путём графических построений. Читатели были бы, пожалуй, очень удивлены, увидев, что второй столбец почти всегда заслуживал бы предпочтения, как по ясности, так и по простоте доказательств». [1]

Всё это дало возможность установить двойственный характер начертательной геометрии, причислив её к классу прикладных наук, и присвоить ей второе, более общее определение – прикладной геометрии. Это, в частности, объясняется тем, что начертательная геометрия играет значительную роль в самой математике, являясь её составляющей в механике, физике, а также в кристаллографии, живописи, медицине, в конструировании самых разнообразных объектов в самолётостроении, вертолётостроении и т.д. Об этом всерьёз и основательно упоминается в книге Джона Хоргана «Конец науки (или взгляд на ограниченность знания на закате века науки)», С.-П. «Амфора», 2001 г.: «Прикладная наука будет жить долгое время, т.к. учёные продолжают разработку новых универсальных конструкций и материалов: более быстрых и сложных компьютеров, новых и эффективных генно-инженерных технологий, делающих нас здоровее, сильнее, увеличивающих продолжительность жизни и всё более полно опирающихся на достижения математики, в том числе и высшей прикладной геометрии».

Следует отметить важнейшую особенность всякого геометрического знания – степень её визуализации, что способствует универсальной возможности её применения.

Так, ещё академик А.Н. Колмогоров писал: «Однако везде, где это возможно, математики стремятся сделать изучаемые ими проблемы геометрически наглядными, поэтому геометрическая интуиция, геометрическое воображение, пространственные представления, всевозможные геометрические их интерпретации играют существенную роль в процессе изучения различных разделов математики, физики, техники и т.д.».

Если принять во внимание типологию и систематику процесса возникновения новых областей знания, то прикладную геометрию можно отнести как к типу А, так и к типу С. Поясним всё сказанное, ссылаясь на соответствующие характеристики.

Тип А. Процесс его возникновения складывается из возможностей и потребностей исследования новых, неизвестных прежде, или исследовавшихся спорадически предметных областей. В нашем случае основной составляющей является пространство решения общих технических проблем, основанное на геометрических методах, применяющихся в начертательной геометрии плюс САПР (здесь подразумевается смысловой эквивалент английского слова CAD, означающего проектирование с помощью ЭВМ). В содержательном смысле более подробно это геометрическое конструирование, возможности автоматизации которого обеспечиваются использованием цифровых вычислительных средств, а также как создание и преобразование накопленной информации с использованием ЭВМ. В современном истолковании это понимается как машинное геометрическое моделирование.

Тип С. Непосредственные связи двух или трёх традиционных дисциплин способствует консолидации предметов отдельных наук и ведут к возникновению пограничных дисциплин. В этом случае ведущую роль приобретают те проблемы, которые разрешаются на стыке отдельных областей знания. Таким образом, возникновение новых областей

знания происходит не в результате произвола и субъективных склонностей учёных, а представляет сугубо объективный процесс.

Образование такого рода пограничных научных дисциплин ничего не меняет в дальнейшем существовании «материнских дисциплин». В прошлом веке для инженерной подготовки основной задачей начертательной геометрии было – научить мыслить пространственно, решать задачи на эпюре Монжа, в аксонометрии и т.д.

От других геометрических наук, т.е. от аналитической, дифференциальной или проективной геометрий, начертательная геометрия отличается своим методом. В самом деле, метод начертательной геометрии состоит в построении и изучении отображений объектов действительного мира, позволяющих устанавливать необходимые закономерности и решать относящиеся к этой области задачи. Очень важно подчеркнуть, что начертательная геометрия как наука обогащалась и обогащается новыми идеями и новыми методами исследования, что вполне естественно, если учитывать неравномерность развития других наук. Так, на начертательную геометрию серьёзное и благоприятное влияние оказало развитие аналитической и проективной геометрии, многомерной геометрии и топологии.

Но если говорить о состоянии высшей начертательной геометрии в XX и XXI столетиях, то сейчас, как и раньше, имели и имеют большое значение прикладные задачи в области механики, теории механизмов и машин, новой техники, а также САПР и фундаментальных результатов вычислительной техники.

Так в XX столетии известный советский геометр из Ярославля профессор З.А. Скопец доказал пригодность и применимость методов начертательной геометрии к исследованию и решению задач проективной неевклидовой геометрии. По этому поводу сохраняет свою актуальность высказывание выдающегося французского геометра, основателя аналитической геометрии, Р. Декарта: «Все науки настолько связаны между собой, что легче изучать их все сразу, нежели какую-либо одну из них в отдельности от всех прочих». Говоря о геометрии в широком смысле слова, уместно вспомнить о тех фундаментальных идеях, которые высказал немецкий геометр Ф. Клейн в своей «Эрлангенской программе» (1872).

Речи идёт о строении геометрии, об её основаниях, базирующихся на теории преобразований. Клейн предложил систематику геометрических дисциплин по классу преобразований, превалирующих в них. За основу взяты линейные аффинные преобразования, т.е. целые линейные подстановки переменных  $x, y, z$ , т.е.

$$\begin{aligned}x' &= (a_1x + b_1y + c_1z + d_1) \\ y' &= (a_2x + b_2y + c_2z + d_2) \\ z' &= (a_3x + b_3y + c_3z + d_3)\end{aligned}$$

Таким образом речь идёт о тех элементах, которые остаются неизменным относительно определённой группы преобразований. Также элементы называются инвариантами. По Клейну геометрия является таким образом теорией инвариантов линейных подстановок.

Итак, аффинная геометрия это, по существу теория инвариантов аффинных преобразований. Используя теорию инвариантов, можно построить проективную геометрию на основании проективных, т.е. дробно-линейных преобразований, а именно:

$$\begin{aligned}x' &= (a_1x + b_1y + c_1z + d_1)(a_4x + b_4y + c_4z + d_4) \\ y' &= (a_2x + b_2y + c_2z + d_2)(a_4x + b_4y + c_4z + d_4) \\ z' &= (a_3x + b_3y + c_3z + d_3)(a_4x + b_4y + c_4z + d_4)\end{aligned}$$

которые включают аффинные преобразования как частные случаи. Итак, проективная геометрия выступает как теория инвариантов проективных преобразований.

Следуя тому же принципу можно перейти от метрической геометрии также и к другим видам геометрий. Итак, здесь уместно объяснить, что различные геометрии различаются группой преобразований, относительно которых они инвариантны, методом и аксиоматической базой. Так, на начальном этапе изложения в аналитической геометрии рассматриваются свойства тех же линейных образов пространства, что и в начертательной геометрии, но для их исследования используется аппарат алгебры, в дифференциальной геометрии применяется аппарат бесконечно-малых и т.д. Это комментарий позволяет установить более тесные контактные связи между различными дисциплинами, способствует расширению, углублению геометрического знания и упрочнению мыслительных операций. Как справедливо заметил Декарт: «Метод состоит в упорядочивании того, на что должен быть направлено острие ума в целях открытия какой-либо истины».

Заметим, что современное развитие науки характерно стремлением к выделению систем изучаемых объектов, когда изучаемые элементы системы образуют некоторое множество абстрактных объектов и явлений реального мира, объединённых наличием между ними широких взаимосвязей, в силу которых порой, исследование свойств отдельного взятого объекта, системы становится затруднительным.

Конструирование – это одна из подсистем отраслей промышленности, это многопараметрическая система, поэтому влияние одних параметров на другие, их взаимосвязанность может составлять содержание важных научно-исследовательских работ, в которых методы оптимизации выбора параметров естественным образом вливаются в системы автоматизации. В то время как выделение системы приводит к объединению в единое множество различных взаимосвязанных объектов, процессов, явлений, моделирование представляет собой процесс воспроизведения одного отдельно взятого объекта или группы объектов. Модель объекта строится так, чтобы она являлась его аналогом. Наиболее распространёнными являются физические, математические, химические модели.

Параллельно с физическими моделями в процессах познания природы создаются математические модели. В отличие от физической модели математическая модель не имеет природу, соответствующую природе моделируемого объекта. Также модель включает в себя абстрактные объекты и предложения, описывающие отношения между ними. Функционирование математической модели определяется теми же уравнениями, которые описывают отношения, взаимосвязи между моделируемыми объектами. Одно из определений математической модели

звучит так: «Если некоторая математическая система определяется некоторой системой аксиом, то любая система объектов, удовлетворяющая этим аксиомам, считается моделью абстрактной системы». Например, моделью линейного трёхмерного пространства является совокупность векторов, рассматриваемая как классы эквивалентно-ориентированных отрезков.

Наиболее ранними по времени возникновения и наиболее полными для определяемого уровня развития человечества явились модели действительных чисел и евклидовой геометрии. Модели эти создавались и уточнялись в течении тысячелетней практики человечества. Они послужили базой для развития новых более сложных математических моделей. Вот некоторые из них: модели с одной определяющей операцией (теория абстрактных групп); модели с двумя определяющими операциями (кольца, поля); абстрактные пространства с различной аксиоматикой и различной метрикой модели, допускающие определение предельных процессов (топологические пространства) и многие другие, вплоть до алгебры логики, оперирующей символами высказываний и символами операций. Нельзя обойти вниманием и кибернетические модели, представляющие собой синтез физических и математических моделей с их системами уравнений. Примерами таких моделей являются роботы. Это по мнению академика И.И. Артоболевского признак XXI века.

Остановимся на определении моделей (вторичные модели). Их появление связано с необходимостью построения новых моделей, моделирующих в свою очередь ранее созданные модели. Главным требованием к создаваемым вторичным моделям является однозначность отображения в них основных взаимосвязей между объектами исходных моделей. Так одна и та же математическая модель может иметь несколько вторичных моделей. Например, модель евклидова пространства в качестве вторичных моделей имеет широко известные координатную модель и графическую в виде эпюра Монжа. Вторичными моделями аффинного пространства могут служить модели линейного пространства. Врожденные линейные преобразования порождают линейную и параллельную аксонометрию как модели аффинного пространства.

В начертательной геометрии получено большое количество проекционных и не проекционных методов графического отображения геометрических фигур: метод двух изображений; двух следов; метод Монжа; полярные методы; аксонометрические методы перспектив и т.д. Все они рассчитаны на графическое отображение какого-нибудь одного из абстрактных пространств: евклидова, аффинного, проективного, коевклидова, неевклидова и т.д.

Конструктивная геометрия – это раздел геометрии, в котором изучаются методы и теория геометрических построений. Некоторые специалисты (Массачусетский Технологический Институт) предлагают включить в конструктивную геометрию номографию, начертательную геометрию черчение, теорию графов и графические методы исследования процессов.

Совокупность всех этих графических дисциплин предлагается назвать «графической геометрией». Можно дать иное определение – прикладной геометрией. Прикладная геометрия – это синтетическая наука, занимающаяся разработкой кибернетических моделей и решающая инженерно-геометрические задачи конструирования и технологии. Прикладная геометрия разрабатывает различные системы алгоритмов как основу для автоматического проектирования различных объектов и их взаимосвязей.

Благотворное влияние аппарата дифференциальной и вычислительной геометрии привело к модернизированным способам конструирования поверхностей, определению геодезических линий на них, построению разного рода намоток, установлению метрических свойств на поверхностях любого вида. Так, если поверхность задана в векторно-скалярной форме  $r=r(\varphi)$  или  $r(\varphi) = x(u,v)\vec{i} + y(u,v)\vec{j} + z(u,v)\vec{k}$ , где  $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  – единичные векторы, то практически можно определить метрику поверхности и её кривизну. В этом случае построив внутреннюю геометрию поверхности можно решать сложные задачи развёрток поверхностей и т.д.

Пусть  $dS = dr = r_u du + r_v dv$  или  $dS^2 = r_u^2 du^2 + 2r_u r_v dudv + r_v^2 dv^2$  (1). Векторы  $r_u, r_v$  и, следовательно, их скалярные произведения, есть функции от  $u$  и  $v$ , поэтому они зависят только от выбора (положения) точки  $M(u,v)$ . Введём сокращённые обозначения, предложенные К. Гауссом,  $r_{uu} = E(u,v)$   $r_{uv} = F(u,v)$   $r_{vv} = G(u,v)$ . Теперь формула (1) может быть представлена в виде  $dS^2 = E(u,v) du^2 + 2F(u,v) dudv + G(u,v) dv^2$  (1). Выражение в правой части называется первой основной квадратичной формой поверхности. Это соотношение позволяет определять длины дуг кривых на поверхности, т.е.  $M_{t_0} M_t =$

$\int_{t_0}^t \sqrt{E(u,v) \cdot \left(\frac{du}{dt}\right)^2 + 2F(u,v) \cdot \frac{du}{dt} \cdot \frac{dv}{dt} + G(u,v) \cdot \left(\frac{dv}{dt}\right)^2} dt$ . Этот небольшой комментарий свидетельствует о важности применения дифференциальной геометрии в прикладной геометрии поверхностей.

В настоящее время начертательная геометрия, благодаря высокому уровню мотивации продолжения научных исследований и их технической востребованности, стала надёжным научным аппаратом, с помощью которого решаются сложнейшие прикладные задачи в различных областях науки и техники. Вместе с тем разрабатываются и новые способы модернизации проекционных методов. К развитию и применению методов прикладной геометрии можно с полным основанием применить замечательную мысль выдающегося физика прошлого века Вернера Гейзенберга: «Интеллектуальная сила науки заключается в особенном способе обобщения, позволяющем охватить единым взглядом разнородные явления и давать этим явлениям единое объяснение».

Говоря о возможности внедрения в классическое содержание смежных геометрических дисциплин, считаем целесообразным провести исследование поверхностей общего вида визуальными гомографическими методами. Итак, пусть такая поверхность определяется неявным уравнением  $F(x,y,z)=0$ . Это естественно произвольная криволинейная поверхность.

Нас интересует поведение кривизны в различных (не особых) точках поверхности. Для любой такой точки поверхности радиусы кривизны нормальных сечений по главным направлениям индикатрисы Дюпена



удовлетворяют уравнению Эйлера  $\frac{1}{R} = \frac{\cos^2 \varphi}{R_1} + \frac{\sin^2 \varphi}{R_2}$  или  $k = k_1 \cos \varphi + k_2 \sin \varphi$ . Это уравнение по своей аналитической структуре с точки зрения номографии принадлежит к канонической форме Коши с бинарным полем.

Преобразуя его, получаем:  $k + (k_1 - k_2) \sin^2 \varphi - k_1 = 0$  или иначе  $\sin^2 \varphi (k_1 - k_2) + \left(k + \frac{1}{2}\right) - \left(k_1 + \frac{1}{2}\right) = 0$ , полагая  $\alpha_1 = \varphi$ ,  $\alpha_2 = k$ ,  $\alpha_3 = k_1$ ,  $\alpha_4 = k_2$  и вводя соответствующие обозначения, получаем  $f_1 = \sin^2 \varphi$ ,  $f_{34} = (k_1 - k_2)$ ,  $f_2 = \left(k + \frac{1}{2}\right)$ ,  $\varphi_{34} = 1$ ,  $h_{34} = \left(k_1 + \frac{1}{2}\right)$  отсюда вытекают уравнения параллельных шкал номограммы (рис. 1): шкала  $\varphi$   $x=0$ ,  $y = M_1 \sin^2 \varphi$ ; шкала  $k$   $x=0$ ,  $y = M_2 \left(k + \frac{1}{2}\right)$ . Выбираем, исходя из габаритов чертежа модули (масштабы) изображения  $M_1 = M_2 = 1$ .

Теперь текущие координаты точек бинарного поля определяются из уравнения:  $x = \frac{l}{1+k_1-k_2}$ ,  $y = \frac{l(k_1+\frac{1}{2})}{1-k_1-k_2}$ , где  $l$  базовая длина прямолинейных шкал.

Прежде чем строить бинарное поле, определяем характер линий, его составляющих. Так, исключая  $k_2$  получим  $y = l(k_1 + \frac{1}{2})x$ , т.е. пучок прямых с центром в начале координат.

Пусть  $l$  – единица масштаба. Тогда  $y = (k_1 + \frac{1}{2})x$ . Исключив  $k_1$ , получим  $y = (k_2 - \frac{1}{2})x + 1$ . Это пучок прямых с центром в точке  $(0, 1)$ . Готовая номограмма представлена на рис. 1.

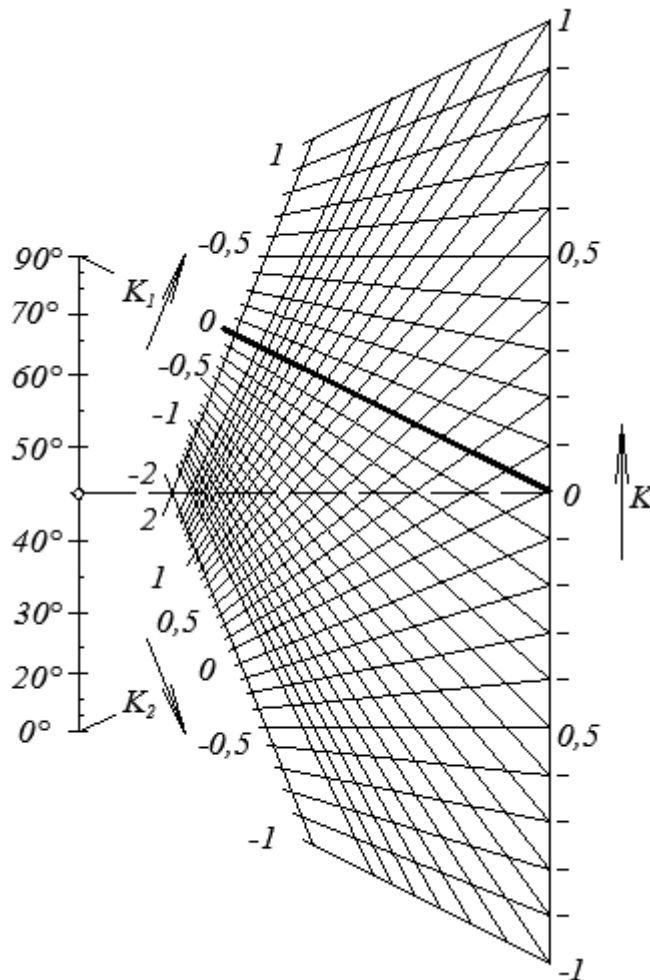


Рис. 1 – Номограмма для вычисления кривизн поверхности

Она служит для анализа и вычисления главных кривизн в любой точке поверхности в трёхмерном пространстве. Например  $k_1 = 0$ ,  $k_2 = 0$ . Эти прямые соответствуют параболическим точкам поверхности, они имеют пограничные значения, т.к. отделяют область эллиптических точек, для которых  $k_1 k_2 > 0$  от области гиперболических точек, где  $k_1 k_2 < 0$ . Для построения технических развёрток криволинейных поверхностей необходимо выделить точки округления или омбилические точки поверхности, в которых  $\frac{D}{E} = \frac{D'}{F} = \frac{D''}{F}$ , т.е. соблюдается пропорциональность отношений первой и второй квадратичных форм поверхности. Как видно из приведённого соотношения такие точки определить аналитически совсем нелегко. А на приведённой номограмме нужно лишь найти точку пересечения прямых из уравнений прямолинейных параллельных шкал  $y = (k_1 + \frac{1}{2})x$ ,  $y = (k_2 - \frac{1}{2})x + 1$ , откуда  $x=1$ , т.е. это шкала переменной  $k$  одновременно служит отображением омбилических точек поверхности. Точки, где  $k_1 = k_2$  служат отображением плоскости. Точки, где  $k_1 = k_2 = 1$  служат отображением единичной сферы. Минимальные поверхности определяются условием  $k_1 + k_2 = 0$ . решая совместную систему

$$\begin{cases} y = (k_1 + \frac{1}{2})x \\ y = (k_2 - \frac{1}{2})x + 1 \end{cases}$$

получим  $y = \frac{1}{2}$ , т.е. отображением всех минимальных поверхностей служит прямая, параллельная оси абсцисс.

В заключение отметим, что универсальной особенностью сконструированной номограммы служит ей применение для анализа кривизн в точках любой криволинейной поверхности, заданной аналитически в явной или неявной форме.

### Литература

1. Курдюмов В.И. Курс начертательной геометрии. Ортогональные проекции. – СПб, 1985.
2. Иванов Г.С., Жирных Б.Г. Геометрическое обеспечение построения гладких сопряжений из отсеков конических поверхностей второго порядка // Инженерный вестник. – 2015. – № 6. – С. 20.
3. Иванов Г.С. Конструктивный способ исследования свойств параметрически заданных кривых // Геометрия и графика. – 2014. – Т. 2. – № 3. – С. 3–6.
4. Нартова Л.Г., Гузненков В.Н. Идеи и методы прикладной геометрии и их применение в технике // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 8-2. – С. 46–50.
5. Гузненков В.Н. Геометро-графическое образование в техническом университете // Alma mater (Вестник высшей школы). – 2014. – № 10. – С. 71–75.
6. Серегин В.И., Иванов Г.С., Боровиков И.Ф., Сенченкова Л.С. Геометрические преобразования в начертательной геометрии и инженерной графике // Геометрия и графика. – 2015. – Т. 3. – № 2. – С. 23–28.
7. Гузненков В.Н., Якунин В.И. Геометро-графическая подготовка как интегрирующий фактор образовательного процесса // Образование и общество. – 2014. – № 2. – С. 26–28.
8. Серегин В.И., Иванов Г.С., Дмитриева И.М., Муравьев К.А. Междисциплинарные связи начертательной геометрии и смежных разделов высшей математики // Геометрия и графика. – 2013. – Т. 1. – № 3-4. – С. 8–12.
9. Гузненков В.Н. Формирование геометро-графического образования в техническом университете: монография. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 226 с.
10. Якунин В.И., Гузненков В.Н. Геометрическое моделирование как обобщение методов прикладной геометрии и ее разделов // Интеграл. – 2012. – № 5. – С. 120–121.
11. Гузненков В.Н., Журбенко П.А. Модель как ключевое понятие геометро-графической подготовки // Alma mater (Вестник высшей школы). – 2013. – № 4. – С. 82–87.
12. Боровиков И.Ф., Иванов Г.С. Геометрические преобразования в инженерной геометрии // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – № 5. – С. 334–347.
13. Иванов Г.С., Дмитриева И.М. Интегрированный курс геометрии и линейной алгебры как средство формирования математической подготовки студентов технических вузов // Омский научный вестник. – 2010. – № 5 (91). – С. 205–208.
14. Иванов Г.С., Дмитриева И.М. О задачах начертательной геометрии с мнимыми решениями // Геометрия и графика. – 2015. – Т. 3. – № 2. – С. 3–8.
15. Якунин В.И., Гузненков В.Н., Журбенко П.А. Геометрическое моделирование как междисциплинарный язык // Дискуссия. – 2012. – № 12. – С. 161–166.
16. Иванов Г.С., Дмитриева И.М. К выбору посредника при решении первой позиционной задачи // Геометрия и графика. – 2015. – Т. 3. – № 1. – С. 26–30.

### References

1. Kurdjumov V.I. Kurs nachertatel'noj geometrii. Ortogonal'nye proekcii. – SPb, 1985.
2. Ivanov G.S., Zhirnyh B.G. Geometricheskoe obespechenie postroenija gladih soprjazhenij iz otsekov konicheskikh poverhnostej vtorogo porjadka // Inzhenernyj vestnik. – 2015. – № 6. – С. 20.
3. Ivanov G.S. Konstruktivnyj sposob issledovaniya svojstv parametricheski zadannyh krivyh // Geometrija i grafika. – 2014. – Т. 2. – № 3. – С. 3–6.
4. Nartova L.G., Guzenkov V.N. Idei i metody prikladnoj geometrii i ih primenenie v tehnikе // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2015. – № 8-2. – С. 46–50.
5. Guzenkov V.N. Geometro-graficheskoe obrazovanie v tehničeskom universitete // Alma mater (Vestnik vysshej shkoly). – 2014. – № 10. – С. 71–75.
6. Seregin V.I., Ivanov G.S., Borovikov I.F., Senchenkova L.S. Geometricheskie preobrazovanija v nachertatel'noj geometrii i inženernoj grafike // Geometrija i grafika. – 2015. – Т. 3. – № 2. – С. 23–28.
7. Guzenkov V.N., Jakunin V.I. Geometro-graficheskaja podgotovka kak integrirujushhij faktor obrazovatel'nogo processa // Obrazovanie i obshhestvo. – 2014. – № 2. – С. 26–28.
8. Seregin V.I., Ivanov G.S., Dmitrieva I.M., Murav'ev K.A. Mezhdisciplinarnye svyazi nachertatel'noj geometrii i smezhnyh razdelov vysshej matematiki // Geometrija i grafika. – 2013. – Т. 1. – № 3-4. – С. 8–12.
9. Guzenkov V.N. Formirovanie geometro-graficheskogo obrazovanija v tehničeskom universitete: monografija. – Moskva: Izdatel'stvo MGTU im. N. Je. Bauman, 2014. – 226 s.
10. Jakunin V.I., Guzenkov V.N. Geometricheskoe modelirovanie kak obobshhenie metodov prikladnoj geometrii i ee razdelov // Integral. – 2012. – № 5. – С. 120–121.
11. Guzenkov V.N., Zhurbenko P.A. Model' kak ključevoe ponjatие geometro-graficheskoy podgotovki // Alma mater (Vestnik vysshej shkoly). – 2013. – № 4. – С. 82–87.
12. Borovikov I.F., Ivanov G.S. Geometricheskie preobrazovanija v inženernoj geometrii // Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie MGTU im. N. Je. Bauman, 2015. – № 5. – С. 334–347.

13. Ivanov G.S., Dmitrieva I.M. Integrirrovannyj kurs geometrii i linejnoj algebry kak sredstvo formirovanija matematicheskoj podgotovki studentov tehniceskix vuzov // Omskij nauchnyj vestnik. – 2010. – № 5 (91). – S. 205–208.
14. Ivanov G.S., Dmitrieva I.M. O zadachah nachertatel'noj geometrii s mnimymi reshenijami // Geometrija i grafika. – 2015. – Т. 3. – № 2. – S. 3–8.
15. Jakunin V.I., Guzenkov V.N., Zhurbenko P.A. Geometricheskoe modelirovanie kak mezhdisciplinarnyj jazyk // Diskussija. – 2012. – № 12. – S. 161–166.
16. Ivanov G.S., Dmitrieva I.M. K vyboru posrednika pri reshenii pervoj pozicionnoj zadachi // Geometrija i grafika. – 2015. – Т. 3. – № 1. – S. 26–30.

## **НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH**

**DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.195**

**Баранов Ю.В.**

ORCID: 0000-0002-5837-9290, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Горный институт Уральского отделения Российской академии наук

### **ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОН ВОЗМОЖНЫХ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И УРАЛА**

*Аннотация*

*В статье рассмотрены вопросы выделения зон возможных очагов землетрясений восточной окраины Восточно-Европейской платформы и Урала. Впервые для данной территории при решении поставленной задачи использовался метод, основанный на связи комплекса геолого-геофизической информации о строении земной коры и данных о сейсмической активности. Результаты работы важны как корректной оценки сейсмической опасности слабоактивных регионов, так и для получения фундаментальных знаний об их строении и развитии.*

**Ключевые слова:** зоны возможных очагов землетрясений, сейсмическая активность.

**Baranov Y.V.**

ORCID: 0000-0002-5837-9290,

Mining Institute of the Ural Branch Russian Academy of sciences

### **IDENTIFICATION OF SEISMIC SOURCE ZONES IN EASTERN MARGIN OF THE EAST EUROPEAN PLATFORM AND THE URALS**

*Abstract*

*The article considers aspects of identification of seismic source zones in Eastern margin of the East European platform and the Urals. For the first time in this area to highlight such zones one used the method based on relationship between complex of geological and geophysical information about the structure of the earth's crust and seismic activity data. The results are important for seismic hazard zoning in seismically weak regions and for obtaining fundamental knowledge about their structure and development.*

**Keywords:** seismic source zones, seismic activity.

**В**ыделение зон возможных очагов землетрясений (зон ВОЗ) является важной частью исследования сейсмического потенциала восточной окраины Восточно-Европейской платформы и Урала. Несмотря на слабую сейсмическую активность региона, изучение землетрясений необходимо для безопасной деятельности горнодобывающих предприятий, планирования развития сети сейсмического мониторинга и получения знаний о нашей планете.

Оценка сейсмической опасности по комплексу геологических, геофизических и геодезических параметров для сейсмически слабоактивной территории осложняется невозможностью использования стандартных методов распознавания сейсмически активных зон [5].

Исследуемый регион ограничен  $48^{\circ}$  –  $60^{\circ}$  в.д. и  $56^{\circ}$  –  $67^{\circ}$  с.ш., его площадь составляет  $780600 \text{ км}^2$ . Регион расположен в пределах восточной окраины Восточно-Европейской платформы, центральной и южной части Тимано-Печорской плиты и примыкающей к ним части Уральской складчатой системы. Восточная окраина ВЕП осложнена Кировско-Кажимским и Камско-Бельским авлакогенами. Все крупные структуры ограничены тектоническими нарушениями, к которым приурочены основные местные землетрясения.

В литературе [1,2,4] описано большое количество региональных сейсмических событий, связанных как с тектонической активностью, так и обвальных, и импактных, а также горных ударов, связанных с разработкой месторождений полезных ископаемых. В настоящее время непрерывные сейсмологические наблюдения на территории региона проводятся с помощью более чем 70 сейсморегистраторов, одиночных сейсмостанций и сейсмических групп.

До последнего времени методы прогнозной оценки сейсмического потенциала и построения зон ВОЗ остаются разработанными недостаточно. Это относится и к сейсмоактивным областям, обеспеченным обильной сейсмологической информацией и хорошо изученным в сеймотектоническом отношении, и к менее изученным областям со слабой сейсмической активностью.

Зачастую очаги землетрясений связаны с областями интенсивных современных тектонических движений земной коры, происходящими на границах крупных геоблоков, платформ и континентов. Прослеживается связь сейсмических явлений с разрывными нарушениями, их размерами и расположением. Глубинные тектонические нарушения, разломы, рифты и авлакогены характеризуются большей сейсмичностью, чем вторичные тектонические нарушения с

меньшей глубиной и амплитудой смещений. Отмечается связь между сейсмичностью и расположением границы Мохоровичича, мощностью земной коры и составляющих ее слоев, зонами с разными скоростями прохождения упругих волн.

Невозможно выделить единственный признак, значение которого может свидетельствовать о сейсмическом режиме региона, для выделения зон ВОЗ необходимо использовать комплекс различных параметров.

В настоящее время нет строгой математической модели, позволяющей определить вероятность и интенсивность землетрясения на основании анализа геолого-геофизической информации о строении земной коры в окрестности потенциального очага.

Выделение зон ВОЗ основывается на сопоставлении геологической, геофизической и геодезической информации о строении региона с известной сейсмической активностью и осуществляется с помощью сетевой ГИС «ГеоПроцессор 2.0», разработанной в Институте проблем передачи информации РАН [6].

Проведение работы основывается на следующих предположениях:

1. В районе исследований за исторический период зарегистрированы многочисленные землетрясения. В настоящее время не наблюдается существенного изменения сейсмической активности, что позволяет использовать имеющийся каталог сейсмических событий для построения прогнозных карт эпицентров землетрясений.

2. Исследуемый регион находится на древней платформе с устоявшейся тектоникой, на которой отсутствует вулканизм. Человеческая деятельность – технологические и ядерные взрывы, добыча полезных ископаемых и создание водохранилищ оказывает ограниченное влияние на имеющиеся процессы, свойства же самой геологической среды, по сравнению с периодом наблюдений, изменяются относительно слабо.

3. Крупные тектонические землетрясения связаны с движениями больших блоков земной коры вдоль региональных и глобальных тектонических нарушений, причем на границах более крупных блоков генерируются сейсмические события с большей энергией.

В основе формализованного метода построения зон ВОЗ лежит алгоритм нахождения возможных связей максимальных магнитуд землетрясений с геолого-геофизическим строением региона. Выбираются элементарные ячейки с центрами, привязанными к координатной сетке, при этом каждая ячейка обладает своим набором физических характеристик. Предполагается, что значение магнитуды землетрясения в этой ячейке является функцией от них. Размер ячеек и набор их характеристик выбираются исследователем на основании доступности и детальности имеющихся данных, шага съемки, размеров региона и другой информации. После выбора ячеек по определенному алгоритму производится вычисление и нанесение на карту ячеек с соответствующими геолого-геофизическими параметрами и оконтуривание полученных зон. Для территории исследуемого региона дифференциация зон ВОЗ не проводится, выборка ячеек осуществляется для построения зон ВОЗ с магнитудами 1 и более.

В работе используются данные гравиметрической и магнитной съемки, глубина залегания поверхности Мохоровичича, карта мощности нижнего слоя земной коры, тектонические карты, карта современных вертикальных движений земной коры. В каталог землетрясений вошло 91 сейсмическое событие.

Необходимо учитывать ширину зон влияния тектонических нарушений, которые представляют собой сложные геологические структуры, с не менее сложным внутренним строением. Связанные с ними сейсмически опасные зоны контролируются не только дислоцированной осевой, или центральной частью разломов, но и более широкой областью, окружающей приразломное пространство, или областью динамического влияния разломов (ОДВР).

На основании исследований региональных тектонических нарушений, шага гравиметрической и магнитной съемки и масштаба тектонической карты для крупнейших тектонических нарушений в исследуемом регионе ширина зон ОДВР выбрана равной 44 км, чему соответствовал используемый в программе параметр близости к крупным тектоническим нарушениям, составлявший 22 км и равный половине ОДВР.

Для выделения зон возможных очагов землетрясений используется отношение аномального гравитационного поля к аномальному магнитному полю или адмиттанс. Способ адмиттанса позволяет оценить взаимосвязи между различными физическими полями, создаваемыми геологическими телами разных масштабов [3].

Выделение зон возможных очагов землетрясений производится с помощью двух учебных выборок, в которых учитываются особенности регионального строения земной коры.

На территории исследуемого региона расположены два основных комплекса сейсмически активных структур – Кировско-Кажимский авлакоген и совокупность тектонических структур, связанных с границей Восточно-Европейской платформы, Предуральского краевого прогиба, складчатого Урала и Тиманской плиты. Поскольку условия, благоприятные для возникновения землетрясений, в этих комплексах отличаются, необходимо использовать несколько учебных выборок для выделения всех зон возможных очагов землетрясений.

Первая учебная выборка взята на севере региона, в районе Восточно-Тиманского разлома. Выборка связывает размер зоны влияния тектонического нарушения, градиент гравитационного поля, мощность нижнего слоя земной коры и глубину залегания поверхности Мохоровичича.

Вторая выборка взята в южной части региона. Выборка связывает адмиттанс и современные вертикальные движения земной коры, а также учитывает влияние градиента гравитационного поля, мощность нижнего слоя земной коры и глубину залегания поверхности Мохоровичича.

Алгоритм работы программы можно описать следующим образом:

Для первой учебной выборки:

Эпицентр землетрясения возможен в такой точке, где одновременно выполняются следующие условия:

- 1) градиент гравитационного поля  $> 0.3$  мГал/км
- 2) близость к крупным тектоническим нарушениям  $< 22$  км
- 3) глубина залегания поверхности Мохоровичича  $> 40$  км
- 4) мощность нижнего слоя земной коры  $> 8$  км
- 5) скорость вертикальных движений земной коры  $> 1.9$  мм/год

Для второй учебной выборки:

Эпицентр землетрясения возможен в такой точке, где одновременно выполняются следующие условия:

- 1) градиент гравитационного поля  $> 0.3$  мГал/км
- 2) близость к линиям максимальных значений адмиттанса  $< 8$  км
- 3) глубина залегания поверхности Мохоровичича  $> 40$  км
- 4) мощность нижнего слоя земной коры  $> 8$  км
- 5) скорость вертикальных движений земной коры  $> 5.5$  мм/год

Таким образом, были учтены наиболее значимые геолого-геофизические факторы, наличие которых позволяет выделить зоны возможных очагов землетрясений для восточной окраины Восточно-Европейской платформы. Занимаемая ими площадь составляет 269700 км<sup>2</sup>, или 34.6% площади территории исследуемого региона. Из 91 эпицентра сейсмических событий 85 находятся внутри зон ВОЗ, что составляет 93.4% от всех очагов землетрясений и позволяет сделать вывод о правильности выбранного подхода.

Наиболее сейсмически активными участками являются расположенные в южной части региона места сочленения зон ВОЗ, связанные с Предуральским краевым прогибом и Камско-Бельским авлакогеном.

Проведено сопоставление зон возможных очагов землетрясений с тектонической картой (рис. 1), которое показывает хорошее совпадение зон ВОЗ с крупнейшими структурами исследуемого региона.

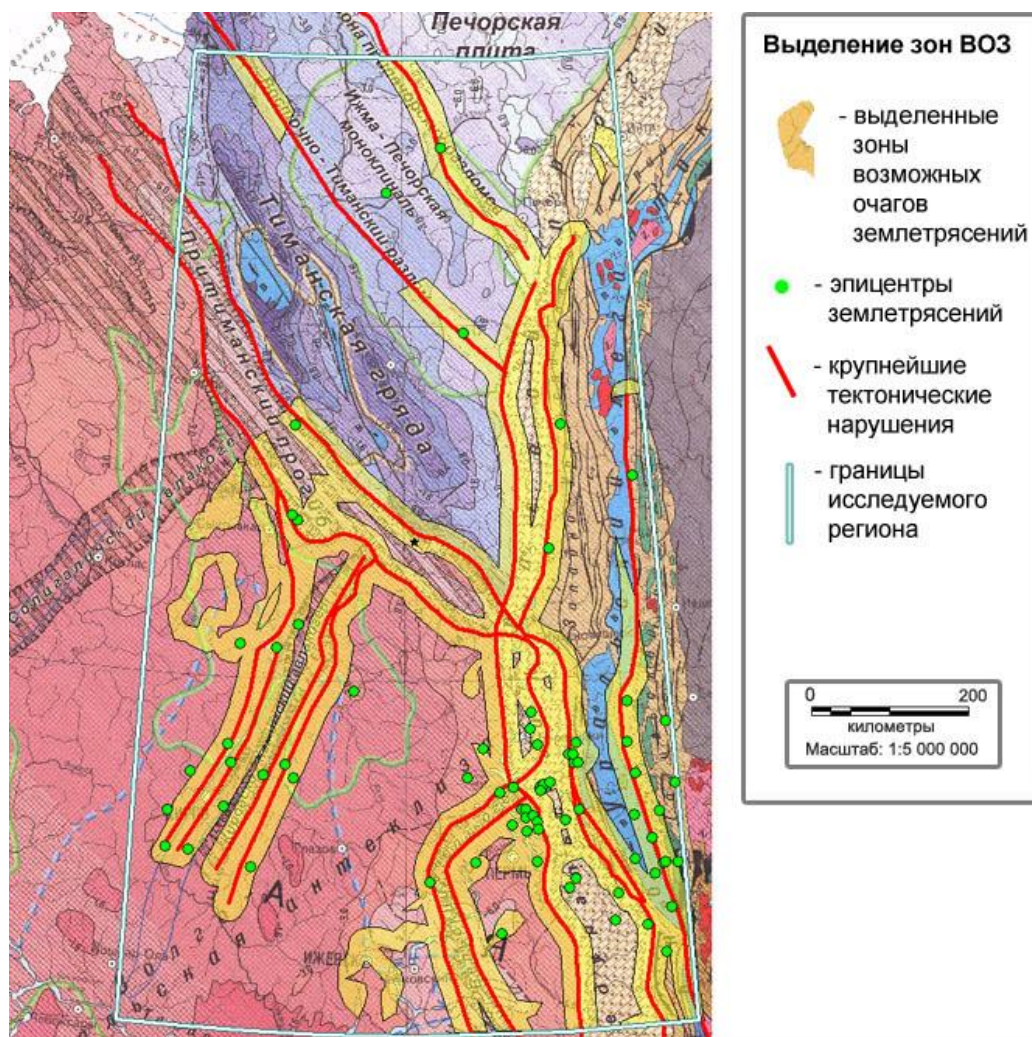


Рис. 1 – Расположение зон возможных очагов землетрясений на тектонической карте региона

### Литература

1. Ананьин И.В. Европейская часть СССР. Урал, Западная Сибирь / И.В. Ананьин // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М., 1977. – С. 465-470.
2. Вейс-Ксенофонтова З.Г. К вопросу о сейсмической характеристике Урала / З.Г. Вейс-Ксенофонтова, В.В. Попов. – М., Л.: Изд-во АН СССР, 1940. – 12 с., 1 вкл. л. карт. – (Тр. Сейсмологического ин-та № 104).
3. Гравиметрия, магнитометрия, геоморфология и их параметрические связи / М.С. Чадаев, В.А. Гершанок, Л.А. Гершанок, И.С. Копылов, А.В. Коноплев; Перм. гос. нац.-исслед. ун-т. – Пермь, 2012. – 91 с.
4. Никонов А.А. Сейсмические сотрясения на Русской равнине в XI – XVIII вв. // Физика Земли. – 1990. – № 1. – С. 85-94.
5. Сейсмичность и сейсмическое районирование слабоактивных территорий / Т.С. Блинова, В.В. Удоратин, Р.А. Дягилев, Ю.В. Баранов, Н.Н. Носкова, Н.В. Конанова; ГИ УрО РАН [и др.]. – Пермь, 2015. – 178 с.

6. Сетевая аналитическая ГИС. GeoПроцессор 2.0: рук. пользователя / Ин-т проблем передачи информации РАН. – М., 2007. – Режим доступа: <http://geo.iitp.ru/GeoProcessor-2/new/GeoProc2-UG.htm>

### References

1. Anan'in I.V. Evropejskaja chast' SSSR. Ural, Zapadnaja Sibir' / I.V. Anan'in // Novyj katalog sil'nyh zemletrjasenij na territorii SSSR s drevnejshih vremen do 1975 g. – М., 1977. – С. 465-470.
2. Vejs-Ksenofontova Z.G. K voprosu o sejsmicheskoj harakteristike Urala / Z.G. Vejs-Ksenofontova, V.V. Popov. – М., L.: Izd-vo AN SSSR, 1940. – 12 s., 1 vkl. l. kart. – ( Tr. Sejsmologicheskogo in-ta № 104).
3. Gravimetrija, magnitometrija, geomorfologija i ih parametricheskie svjazi / M.S. Chadaev, V.A. Gershanok, L.A. Gershanok, I.S. Kopylov, A.V. Konoplev; Perm. gos. nac.-issled. un-t. – Perm', 2012. – 91 s.
4. Nikonov A.A. Sejsmicheskie sotrasenija na Russkoj ravnine v XI – XVIII vv. // Fizika Zemli. – 1990. – № 1. – С. 85-94.
5. Sejsmichnost' i sejsmicheskoe rajonirovanie slaboaktivnyh territorij / T.S. Blinova, V.V. Udoratin, R.A. Djagilev, Ju. V. Baranov, N.N. Noskova, N.V. Konanova; GI UrO RAN [i dr.]. – Perm', 2015. – 178 s.
6. Setevaja analiticheskaja GIS. GeoПроцессор 2.0: ruk. pol'zovatelja / In-t problem peredachi informacii RAN. – М., 2007. – Rezhim dostupa: <http://geo.iitp.ru/GeoProcessor-2/new/GeoProc2-UG.htm>

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.075

Блинова Т.С.

ORCID: 0000-0001-5254-9378, доктор технических наук,  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Горный институт  
Уральского отделения Российской академии наук

### СЕЙСМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ В ПРЕДЕЛАХ ТРАПЕЦИИ $\varphi N = 56^\circ - 67^\circ - \lambda E = 48^\circ - 60^\circ$

**Аннотация**

*В статье рассмотрена методика сейсмического районирования слабоактивных регионов, основанная на прогнозировании геодинамически неустойчивых зон по комплексу геолого-геофизических данных и определении сейсмического потенциала. Она применена для восточной окраины Восточно-Европейской платформы. Практическая значимость исследований связана с эксплуатацией и строительством гражданских и промышленных объектов.*

**Ключевые слова:** сейсмическое районирование, геодинамически неустойчивые зоны, максимальная магнитуда, геоинформационные системы.

Blinova T.S.

ORCID: 0000-0001-5254-9378, PhD in Engineering,  
Mining Institute of the Ural Branch Russian Academy of sciences

### SEISMIC POTENTIAL OF THE EASTERN EDGE OF THE EAST EUROPEAN PLATFORM WITHIN TRAPEZOID $\varphi N = 56^\circ - 67^\circ - \lambda E = 48^\circ - 60^\circ$

**Abstract**

*The article describes the method of seismic hazard estimation of low active regions, based on the prediction of geodynamically unstable zones on a complex of geological and geophysical data and the definition of the seismic potential. It applied to the eastern edge of the East European platform. The practical significance of the research is related to the operation and construction civil and industrial objects.*

**Keywords:** seismic hazard, geodynamically unstable zones, maximum magnitude, Geographical Information Systems.

Оценка сейсмической опасности слабоактивных территорий Западной и Восточной Европы, Урала, Западной и Центральной Сибири является важной проблемой. Землетрясения с магнитудами  $M = 5-6$  могут вызывать разрушения жилья и другие нежелательные последствия. Сейсмическое районирование слабоактивных территорий проводится по разработанной в ГИ УрО РАН методике, основанной на прогнозировании геодинамически неустойчивых зон и определении сейсмического потенциала.

### Методика

Систему прогноза отображает схема методики сейсмического районирования слабоактивных территорий (рис. 1). Методика разработана на примере Западно-Уральского региона [1]. Она применена для Тимано-Североуральского региона, Западно-Сибирской плиты и территории Соединённого Королевства Великобритании и Северной Ирландии [2–4]. Проведенные исследования подтвердили возможность использования методики в любых слабоактивных регионах мира [5].

Первым и важным этапом исследований является создание базы данных, которая включает геолого-геофизические параметры для региона и каталог тектонических землетрясений, произошедших с исторического периода по настоящее время.

В основу сейсмического районирования слабоактивных территорий положены принципы, основывающиеся на представлении об иерархичности структур сейсмичности и геофизической среды, на масштабной однородности исходных геолого-геофизических данных, на соответствии масштабов и иерархических порядков выделяемых зон, а также на связи геолого-геофизических параметров с сейсмичностью.



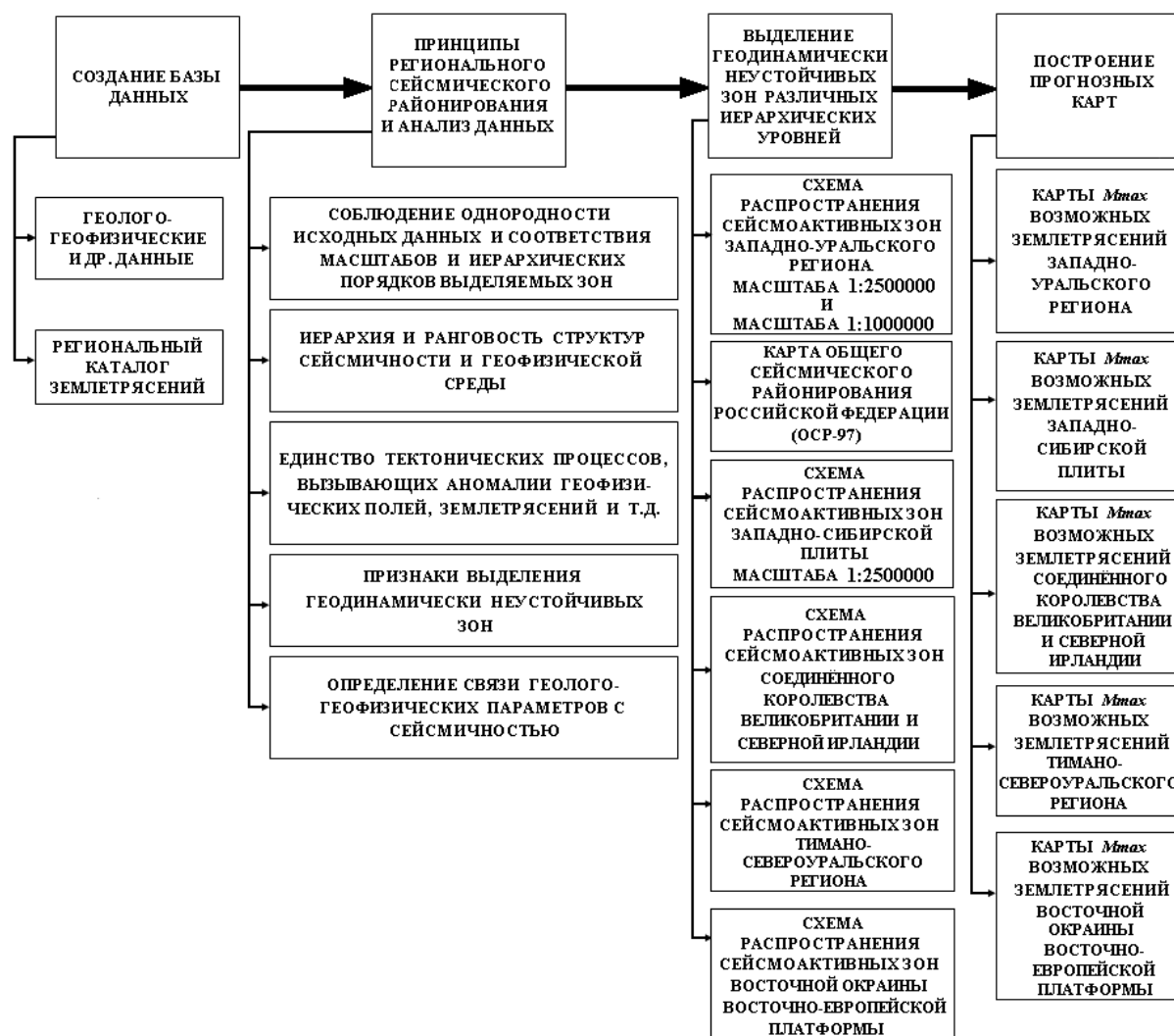


Рис. 1 – Схема методики сейсмического районирования слабоактивных территорий

Определены признаки распознавания геодинамически неустойчивых зон. Эти зоны отличаются свойствами среды и динамикой процессов, которые стремятся к их дестабилизации под действием региональных и глобальных сил, и находят свое проявление в сейсмичности. Региональная модель геодинамически неустойчивых зон является основой для следующего этапа исследований, который представляет собой построение прогнозных карт максимальных магнитуд возможных землетрясений.

Для этого была выбрана геоинформационная система «ГЕО» [6]. Автор системы В.Г. Гитис использовал для выделения зон сейсмичности и их оцифровки скопления землетрясений, что трудно сделать в слабоактивных регионах. По этой причине нами предложено использовать геолого-геофизические данные для выделения зон, отличающихся по своим свойствам и геодинамическим характеристикам, и проводить их оцифровку по максимальной магнитуде землетрясения, попавшего в ту или иную зону [5]. Очевидно, что при анализе многочисленных геолого-геофизических данных, исследователь не в состоянии полноценно учесть большой набор фактов, а существующие в настоящее время представления о связи максимальных магнитуд ( $M_{\max}$ ) тектонических землетрясений с геолого-геофизическими признаками носят слишком общий характер, чтобы сформулировать проблему построения прогнозной карты максимальных магнитуд возможных землетрясений, как строго математическую задачу. Информационные модели позволяют объединить описательное знание, экспертные гипотезы, методологию обработки и анализа разнотипных данных и знаний и получить прогнозные карты  $M_{\max}$ . Достоверность информационных моделей возрастает вместе с появлением новых данных и новых экспертных знаний. При построении прогнозных карт максимальных магнитуд возможных землетрясений основные вычисления связаны с нахождением функции прогноза  $M_{\max}$  от геолого-геофизических признаков. Для этого создается выборка пунктов, для которых наряду со значениями геолого-геофизических признаков указаны значения  $M_{\max}$ . Таковыми являются геодинамически неустойчивые зоны [1–5]. Параметры прогнозирующей функции находятся из условия наилучшей аппроксимации экспертных оценок в пунктах выборки. Прогнозом  $M_{\max}$  для всех остальных точек региона являются вычисленные по геолого-геофизическим признакам этих точек значения прогнозирующей функции.

Для восточной окраины Восточно-Европейской платформы проведен анализ геолого-геофизических и сейсмологических данных, применены признаки выделения геодинамически неустойчивых зон на основе комплексного анализа геолого-геофизических параметров, создана их региональная модель с применением ГИС-технологий и рассчитан сейсмический потенциал.

### База данных

В базу данных вошли следующие карты: карта гравитационного поля в редукции Буге ([http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/det\\_data.cgi](http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/det_data.cgi)), карта аномального магнитного поля (<http://www.geomag.us/models/emag2.html>), структурная схема поверхности Мохоровичича (<http://www.igf.fuw.edu.pl/mohomap2007/>), карта современных вертикальных движений земной коры (с «Карты СВДЗК по геодезическим данным на территорию СССР», ГУКК, 1989 г.), карта мощности нижнего слоя земной коры (Г.В. Краснопевцева, Ю.К. Щукин, 1996, 2000), карта мощности промежуточного слоя земной коры (Г.В. Краснопевцева, Ю.К. Щукин, 1996, 2000), карта мощности верхнего слоя земной коры (Г.В. Краснопевцева, Ю.К. Щукин, 1996, 2000), карта теплового потока (И.В. Голованова, В.А. Шапов, А.Д. Дучков, 2000), карта рельефа земной поверхности, тектоническая карта России, сопредельных территорий и акваторий (ред. Е. Е. Милановский, 2007).

Часть карт получена в геоинформационной системе «ГЕО» при помощи подсистемы преобразования знаний и фактов [6]. К ним относится карта разности максимальных и минимальных значений современных вертикальных движений земной коры и карта разности максимальных и минимальных значений глубины залегания границы Мохоровичича. Получены карты градиентов теплового потока, современных вертикальных движений земной коры, глубины залегания границы Мохоровичича, гравитационного и магнитного полей. В подсистеме построена карта разности максимальных и минимальных значений высот рельефа земной поверхности, карта градиентов и азимута градиента данного параметра.

Неотъемлемой частью базы данных, предназначенной для решения вопросов сейсмического районирования, является каталог землетрясений с магнитудой от 2.0 до 5.5 за период с 1788 по 2015 гг.

### Выделение геодинамически неустойчивых зон

Для выделения геодинамически неустойчивых зон была предложена методика профильного изучения геофизических параметров с применением геоинформационной системы «ГЕО» [5].

Эти зоны (рис. 2) проявляются в уменьшении глубины залегания границы Мохоровичича, что может быть связано с активизацией тектонических процессов, происходящих в верхней мантии. Выделено несколько участков, где значения глубины залегания границы Мохоровичича составляют 37–40 км, при изменении параметра для всей территории от 37 до 48 км. В пределах намеченных геодинамически неустойчивых зон градиенты гравитационного поля имеют небольшие значения 0–0.7 мГал/км, при этом на краях зон они повышаются до 1–2 мГал/км. Градиенты магнитного поля ведут себя аналогично, в пределах зон они имеют небольшие значения 1–8 нТ/км, при этом на краях зон повышаются и составляют 8–25 нТ/км. Основным признаком выделения геодинамически неустойчивых зон на карте современных вертикальных движений земной коры является наличие нескольких обширных зон опускания, которые связаны с Камским водохранилищем и Воткинским водохранилищем, а также с районом г. Сыктывкар. Скорость опускания в районе Камского водохранилища достигает 6.9 мм/год, в районе Воткинского водохранилища – 7.4 мм/год, в районе г. Сыктывкар – 6.3 мм/год. Градиенты современных вертикальных движений земной коры имеют пониженные значения в пределах зон и резко увеличиваются на краях.

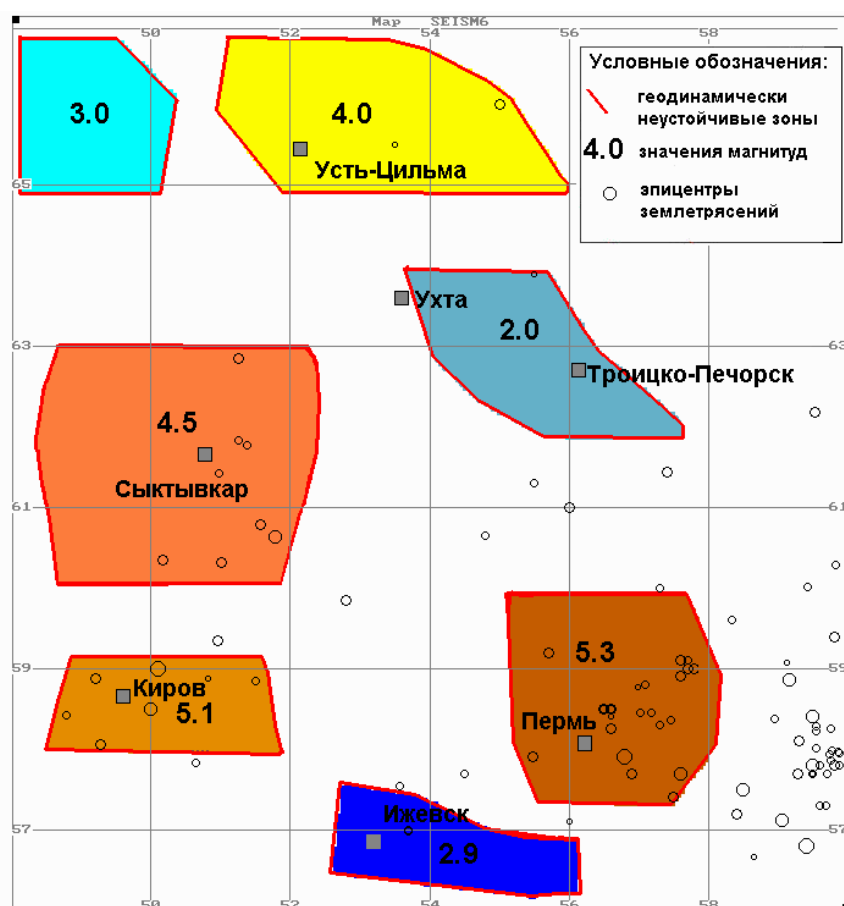


Рис. 2 – Модель геодинамически неустойчивых зон



Для подтверждения выделенных по перечисленным признакам зон, необходимы знания о неотектонических движениях, происходящих в регионе. Известно, что если на схемах неотектонического районирования, полученных в результате дешифрирования космо- и аэрофотоснимков выделяются блоки осадочного чехла, испытывающие относительное воздымание и находящиеся в непосредственной близости от неотектонических глубинных разломов, такие зоны являются сейсмоактивными.

По перечисленным признакам была построена региональная модель геодинамически неустойчивых зон и оцифрована с использованием каталога землетрясений (рис. 2).

#### Сейсмический потенциал

В геоинформационной системе «ГЕО» были рассчитаны несколько вариантов прогнозных карт максимальных магнитуд возможных землетрясений. Они различаются количеством используемых геолого-геофизических параметров, а также их совокупностью. Выбран вариант карты, характеризующийся наименьшими ошибками аппроксимации и в большей степени согласующийся с распределением очагов, где уже происходили землетрясения со значениями магнитуд, близкими к максимальным.

Прогнозирующая функция при использовании теплового потока и его градиентов, разницы максимальных и минимальных значений глубины залегания границы Мохоровичича, аномального магнитного поля, разницы максимальных и минимальных значений современных вертикальных движений земной коры, гравитационного поля, мощности нижнего слоя земной коры и азимута градиента высот рельефа земной поверхности оказалась равной:

$$F(x) = 5.0 + \sum_{i=1}^8 \varphi_i(x_i),$$

где  $\varphi_i(x_i)$  – кусочно-линейные функции признаков  $x_i$ , оцениваемыми параметрам которых являются значения ординат в точках излома.

Совместное рассмотрение гистограмм и функций  $\varphi_i(x_i)$  позволило сопоставить частоту и величину вкладов соответствующих значений в прогноз  $M_{\max}$  для всего региона. Существенный вклад в прогноз вносят функции от теплового потока, мощности нижнего слоя земной коры, градиентов теплового потока, разности максимальных и минимальных значений глубины залегания границы Мохоровичича, разности максимальных и минимальных значений современных вертикальных движений земной коры. Функции от аномального магнитного поля, гравитационного поля и азимута градиента высот рельефа земной поверхности меньше влияют на величину прогнозирующей функции. Ошибка аппроксимации для учебной выборки составила 0.77, а для контрольной – 0.93. Их отношение близко к единице, что позволило сделать вывод об удовлетворительной экстраполируемости результатов. Получена карта, характеризующая сейсмический потенциал региона (рис. 3).

На завершающем этапе определена связь прогнозных карт максимальных магнитуд возможных землетрясений с тектоникой региона. В южной его части землетрясения с наибольшими магнитудами приурочены к авлакогенам, которые являются межблоковыми зонами. В отдельных частях Кировско-Кажимского и Камско-Бельского авлакогенов на региональное поле напряжений, действующее на их границы, накладывается поле напряжений, возникающее на границах блоков составляющих эти авлакогены. Границы блоков связаны с генеральными или региональными разломами сдвигового типа. Наиболее активные зоны охватывают самую восточную часть Восточно-Европейской платформы, Предуральский прогиб и Западно-Уральскую зону складчатости. Для центральной и северной части региона сейсмичность связана с блоковым строением, определяющим развитие зон аномальных тектонических напряжений. Они концентрируются в зонах сочленения блоков земной коры, которые различаются по строению, физическим и геометрическим параметрам и разделены глубинными разломами. Значения максимальных магнитуд связываются с северной частью Волго-Уральского геоблока. Здесь происходит резкое погружение кристаллического фундамента Сысольского свода в Кировско-Кажимский авлакоген по системе ступенчатых сбросов, осложненных сдвигами, обусловленными погружением северной части авлакогена в Вычегодский прогиб. Границам этого прогиба являются глубинные разломы активные в наше время.

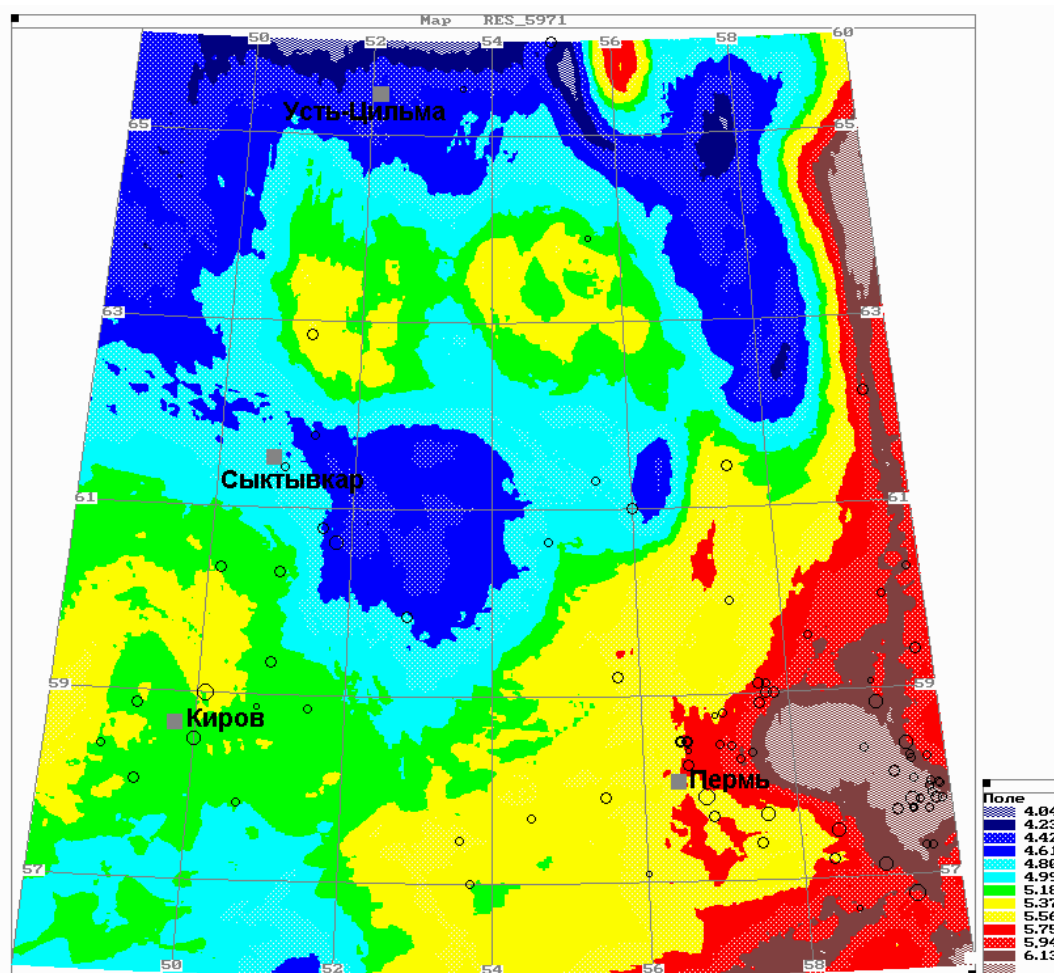


Рис. 3 – Карта максимальных магнитуд возможных землетрясений восточной окраины Восточно-Европейской платформы

Получена модель геодинамически неустойчивых зон и прогнозная карта максимальных магнитуд возможных землетрясений для восточной окраины Восточно-Европейской платформы. Она обоснована связью распределения сейсмического потенциала с тектоникой и геодинамикой региона.

#### Литература

1. Блинова Т.С. Прогноз геодинамически неустойчивых зон. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 163 с.
2. Блинова Т.С. Потенциальная сейсмичность Западно-Сибирской плиты // Отечественная геология. – 2009. – №4. – С.73–81.
3. Блинова Т.С. Сейсмический потенциал Тимано-Североуральского региона / Блинова Т.С., Удоратин В.В., Конанова Н.В., Носкова Н.Н., Баранов Ю.В. // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. – 2012. – №1. – С. 18-21.
4. Blinova T.S. An integrative approach to seismic hazard and its application to the UK region / Blinova T.S., Evans J.R., Booth D.C., Semerikova I.I., Baranov Y.V. // Russian Journal of Earth Sciences. – 2012. – V. 12, №. 4, June. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.2205/2012ES000519>.
5. Блинова Т.С. Сейсмичность и сейсмическое районирование слабоактивных территорий / Блинова Т.С., Удоратин В.В., Дягилев Р.А., Баранов Ю.В., Носкова Н.Н., Конанова Н.В. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2015. – 178 с.
6. Гитис В. Г. Основы пространственно-временного прогнозирования в геоинформатике. / Гитис В. Г., Ермаков Б. В. – М.: Физматлит, 2004. – 256 с.

#### References

1. Blinova T.S. Prognoz geodinamicheski neustojchivyh zon. – Ekaterinburg: UrO RAN, 2003. – 163 s.
2. Blinova T.S. Potencial'naja sejsmichnost' Zapadno-Sibirskoj plity // Otechestvennaja geologija. – 2009. – №4. – S.73–81.
3. Blinova T.S. Sejsmicheskij potencial Timano-Severoural'skogo regiona / Blinova T.S., Udoratin V.V., Konanova N.V., Noskova N.N., Baranov Ju.V. // Vestnik Instituta geologii Komi NC UrO RAN. – 2012. – №1. – S. 18-21.
4. Blinova T.S. An integrative approach to seismic hazard and its application to the UK region / Blinova T.S., Evans J.R., Booth D.C., Semerikova I.I., Baranov Y.V. // Russian Journal of Earth Sciences. – 2012. – V. 12, №. 4, June. – Rezhim dostupa: <http://dx.doi.org/10.2205/2012ES000519>.
5. Blinova T.S. Sejsmichnost' i sejsmicheskoe rajonirovanie slabouktivnyh territorij / Blinova T.S., Udoratin V.V., Djagilev R.A., Baranov Ju.V., Noskova N.N., Konanova N.V. – Perm': GI UrO RAN, 2015. – 178 s.
6. Gitis V. G. Osnovy prostranstvenno-vremennogo prognozirovaniya v geoinformatike. / Gitis V. G., Ermakov B. V. – M.: Fizmatlit, 2004. – 256 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.186

Бухарина И.Л.<sup>1</sup>, Лямзин В.И.<sup>2</sup>, Исламова Н.А.<sup>3</sup><sup>1</sup>Доктор биологических наук, <sup>2</sup>аспирант, <sup>3</sup>аспирант,

Удмуртский государственный университет

Исследования проводятся при частичном финансировании гранта РФФИ

«Мой первый грант» (проект № 16-34-00855)

**РАЗРАБОТКА ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ БИОПРЕПАРАТА «МИКРОЗИМ ПЕТРО ТРИТ» И МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ****Аннотация**

В данной работе представлена разработка основ технологии восстановления нефтезагрязненных земель на основе биопрепарата «Микрозим Петро Трит» и микроскопических грибов, перспективы их практического применения на территории Удмуртской Республики. В природных условиях с непостоянством метеорологических и физико-химических параметров, наличием факторов, ингибирующих рост микроорганизмов, продолжительность разрушения нефтяного загрязнения значительно возрастает и требует дополнительного внесения биопрепаратов и минеральных удобрений. Появляется необходимость в применении биологических препаратов совместно с популяциями других биологических агентов, способных увеличить устойчивость микроорганизмов к различным факторам. Таким агентом могут являться микроскопические эндотрофные грибы, которые будут усиливать роль нефтеразрушающих микроорганизмов и повышать устойчивость растений при проведении биологического этапа рекультивации земель.

**Ключевые слова:** нефть, биodeградация, биопрепарат, микроскопические эндотрофные грибы.

Bukharina I.L.<sup>1</sup>, Lyamzin V.I.<sup>2</sup>, Islamova N.A.<sup>3</sup><sup>1</sup>PhD in Biology, <sup>2</sup>postgraduate student, <sup>3</sup>postgraduate student,

Udmurt State University

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR REMEDIATION OF OIL-CONTAMINATED LAND ON THE BASIS OF A BIOLOGICAL PRODUCT "MICROSIM PETRO TREAT" AND FUNGI****Abstract**

We presents the development of the foundations of recovery technology of oil-contaminated lands on the basis of a biological product "Microzim Petro Treat" and fungi in the Republic of Udmurtia in this paper. The duration of the destruction of the oil pollution increases significantly and requires additional biological products and mineral fertilizers due to the variability of climatic and physical-chemical parameters in natural conditions and factors that inhibit the growth of micro-organisms. The using of biological preparation in conjunction with other populations of biological agents capable of increasing the resistance of microorganisms to various factors becomes necessary. Such an agent can be fungi that will strengthen the role of oil-destruction microorganisms and increase the resistance of plants during the biological phase of land reclamation.

**Keywords:** oil, biodegradation, biological product, fungi.

Каждый год в мире на разных предприятиях добывают более 4 млрд. тонн сырой нефти. В процессе ее добычи, последующей переработки и перевозке специальным транспортом или по трубопроводам в почву и воду попадает до 45 млн. нефти. Это приводит к опасному заражению водоемов, окружающего грунта, а также акватории моря и океана [3].

Нефтяное загрязнение изменяет свойства почв. Очистка от нефти в этом случае затруднена. Нефть попадает в почву при разведке и добыче нефти, при авариях на нефтепроводах, при авариях речных и морских нефтеналивных судов, утечках нефтепродуктов на нефтебазах, АЗС. Нефть обволакивает почвенные частицы, в результате чего почва не смачивается водой, частицы ее слипаются, гибнет микрофлора, а растения не получают должного питания. Нефть переходит в более окисленное состояние, затвердевает, и при высоких уровнях загрязнения почва напоминает асфальтоподобную массу. Меры борьбы при малых уровнях загрязнения следующие: внесение удобрений, стимулирующих развитие микрофлоры и растений, что способствует частичной минерализации нефти. При крупных авариях нефть с почвенного покрова удаляется механическим способом [1].

Проблема охраны окружающей среды от загрязнений нефтепродуктами приобретает все большую важность в связи с ограниченностью возможностей, а иногда и экологической небезопасностью применения для этих целей механических, физических и химических способов очистки. В связи с этим актуальной является возможность использования для целей очистки микроорганизмов, способных расти и проявлять активную биохимическую деятельность в среде с высоким содержанием нефти, нефтепродуктов, способных к биодеструкции этих веществ [4].

Наиболее перспективными методами борьбы с нефтяными загрязнениями почвы являются биотехнологические, основанные на применении микроорганизмов-деструкторов углеводородов нефти и рудеральных растений, способных трансформировать их до экологически безвредных соединений [6].

На сегодняшний день мероприятия по очистке нефтезагрязненных земель включают два подхода к биodeградации нефтяных углеводородов: стимуляцию нефтеокисляющего биоценоза путем создания оптимальных условий для его развития; введение в загрязненную экосистему активных углеводородоокисляющих микроорганизмов наряду с созданием условий обеспечения их жизнедеятельности [2].

В первом варианте технологии очистки предусматривают активизацию процесса самоочистки почвы, что способствует полному разрушению загрязнителя и является экономически целесообразным. Интродукцию углеводородоокисляющих микроорганизмов в загрязненную среду проводят в тех случаях, когда активность естественного биоценоза низкая, и окисление нефти идет крайне медленно. В этом случае повышение численности углеводородоокисляющих микроорганизмов обеспечивают за счет использования биопрепаратов [2].

Действующим началом препаратов являются либо чистые культуры микроорганизмов-деструкторов нефти и нефтепродуктов, либо искусственно подобранные их ассоциации.

На сегодняшний день мировая и отечественная практика располагает различными видами биопрепаратов и технологиями их использования. Основным критерием оценки биологических методов очистки почв и грунтов является эффективность утилизации нефтяного загрязнения. В отличие от других методов, биологический метод наряду с преимуществом (экологически чистый, экономически выгоден) имеет и ряд ограничений [2].

Для ликвидации нефтяных загрязнений в почве и воде разработан ряд бактериальных препаратов, содержащих в своем составе активный штамм-деструктор или консорциум микроорганизмов, обладающих катаболической активностью в отношении нефтяных углеводородов, и минеральные добавки [4].

Такие микробные препараты-биодеструкторы УВ нефти в установленном порядке проходят сертификацию и одобряются к применению. Однако недропользователи зачастую относятся к подобным технологиям скептически из-за их относительно высокой стоимости, узкого диапазона применения, а экологи выступают против интродукции микроорганизмов в окружающую среду. Дело в том, что непродуманное внедрение активных штаммов в среду может вызывать экологический дисбаланс, необратимо изменяя состав аборигенного микробиоценоза. Следует отметить, что некоторые из углеводородокисляющих микроорганизмов являются условно-патогенными. Однако доказанных фактов всплеск эпидемических заболеваний в результате мер по биодegradации нефтяных загрязнений не выявлено. Более того, современные молекулярно-биологические техники позволяют точно идентифицировать используемые культуры микроорганизмов и на ранних этапах исключить патогенные штаммы из разработки препарата [7].

В природных условиях с непостоянством климатических и физико-химических параметров, а также наличием факторов, ингибирующих рост микроорганизмов, продолжительность утилизации значительно возрастает и требует не только увеличения стартовых количеств, но и дополнительного внесения биопрепаратов и минеральных удобрений [7].

На территории Удмуртской Республики работы по поискам, разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений осуществляют более 20 организаций. Каждый год на территории Удмуртской республики добывается свыше 10 млн тонн нефти в год [8]. Нефтяным компаниям, занимающимся добычей нефти, так или иначе приходится проводить мероприятия по рекультивации нефтезагрязненных и нарушенных земель. На этапе биологической рекультивации при внесении биологических препаратов в почву обязательным является внесение минеральных удобрений в несколько этапов, применяемых в качестве подкормки для микроорганизмов. Это приводит к дополнительным расходам на проведение рекультивационных мероприятий.

Среднегодовая температура на территории республики колеблется от 1,0 до 2,5 °C [9]. В данных климатических условиях становится затруднительным как применение самих биопрепаратов, так и необходимость в увеличении подкормки для микроорганизмов. К тому же, при внесении биопрепарата в почву могут погибать до 50% микроорганизмов, содержащихся в биопрепарате.

Исходя из этого возникает необходимость в совершенствовании данного метода биологической очистки нефтезагрязненных почв.

Появляется необходимость в применении более эффективных биопрепаратов, которые способны не только противостоять достаточно низким температурам, но и функционировать без внесения дополнительных подкормок, либо в применении биологического препарата совместно с популяциями других биологических агентов, например, микроскопическими грибами, которые будут усиливать роль нефтеразрушающих микроорганизмов и повышать устойчивость растений при проведении биологического этапа рекультивации земель.

Цель данного исследования - разработка основ технологии совместного применения биопрепарата и микроскопических грибов для биологического этапа рекультивации и восстановления нефтезагрязненных почв.

Разрабатываемая нами технология использования биопрепарата совместно с популяциями микроскопических грибов позволит не вносить подкормку в виде минеральных удобрений при восстановлении нефтезагрязненных земель. При этом используются популяции грибов, адаптированные к климатическим и экологическим условиям региона. Технология совместного использования биопрепарата и грибов в процессе восстановления нефтезагрязненных почв будет более эффективна как с экологической и практической, так и с экономической точек зрения. Что касается научной новизны, то впервые на территории Удмуртской республики будут проведены исследования по восстановлению нефтезагрязненных земель готовым предлагаемым биопрепаратом совместно с популяциями микроскопических грибов, выделенных из урбанопочв Удмуртской республики.

Разрабатываемая технология будет выполнена на основе совокупности углеводородокисляющих микроорганизмов биопрепарата «Микрозим Петро Трит» и накопительных культур микроскопических грибов. Выбор данного биопрепарата обусловлен его высокими показателями эффективности, адаптированными к условиям среды данного региона, экономической выгодой по сравнению с аналогичными отечественными и зарубежными биопрепаратами.

Разработанная технология будет содержать в себе: общие сведения о биологическом препарате и популяции микроскопических грибов; принцип действия данной совокупности микроорганизмов; будут даны их экологические характеристики и основные приемы применения; условия применения, нормы расхода и порядок внесения; преимущества и методика применения; условия хранения и транспортировки, методы контроля эффективности.

Говоря о практическом применении данной технологии, необходимо отметить, что она будет применяться на нарушенных территориях Уральского региона при ликвидации нефтяных загрязнений почв, при восстановлении нарушенных и загрязненных земель (например, нефтяными и нефтеперерабатывающими компаниями на этапе биологической рекультивации земель). Таким образом, потребителями данной технологии могут являться: нефтяные и нефтеперерабатывающие компании; предприятия, выполняющие работы по рекультивации загрязненных и нарушенных земель в результате строительства дорог, добычи ископаемых; при восстановлении городских почв; при восстановлении земель после ликвидации полигонов. Планируется проведение полевых испытаний при частичной финансовой поддержке компании ОАО «Лукойл» Камбарского района Удмуртской республики.

На сегодняшний день существует определенный ассортимент биологических препаратов, применяемых в области восстановления нефтезагрязненных земель. Каждый препарат имеет свои определенные качества, преимущества и недостатки. Однако до сих пор нет аналогов применения таких биопрепаратов с микроскопическими грибами не только на территории Удмуртской республики, но и в России.

В России на сегодняшний день только приступают к исследованию и использованию микроскопических культур эндотрофных грибов в разработке препаратов и технологий, способных повышать устойчивость бактерий, высших растений к различного рода загрязнениям. Практика применения таких культур есть в Европе и США (препараты MicroMix и GlomusMix). На фоне импортозамещения становится необходимым выращивание и использование культур, выделенных на территории нашей страны и их использование в подобных технологиях. В наших исследованиях используются культуры микроскопических симбиотических грибов, выделенные из урбанопочв Удмуртской республики. Ранее проведенные исследования по изучению полезной микрофлоры корневой системы растений, произрастающих на техногенных территориях, выделенные изоляты грибов и исследования пределов их устойчивости к действию различных концентраций тяжелых металлов, позволили выявить широкий диапазон устойчивости к уровню техногенного загрязнения у ряда грибных изолятов. Методами ДНК анализа установлена их систематическая принадлежность. Для экспериментов подготовлены накопительные культуры этих грибов.

В настоящее время разработана схема эксперимента и заложен вегетационный эксперимент по моделированию уровня загрязнения почв нефтепродуктами и эффективности совместного действия биопрепаратов и популяций грибов в очищении почв. Эксперимент проводится в контролируемых условиях климатической камеры.

*Исследования проводятся при частичном финансировании гранта РФФИ «Мой первый грант» (проект № 16-34-00855).*

### Литературы

1. Андреева, Т. А. Экология в вопросах и ответах : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Экология" / Т.А.Андреева. - М. : Проспект, 2006. - 184 с.
2. Рогозина Е.А., Андреева О.А., Жаркова С.И., Мартынова Д.А., Орлова Н.А. Сравнительная характеристика отечественных биопрепаратов, предлагаемых для очистки почв и грунтов от загрязнения нефтью и нефтепродуктами.
3. Шапоренко С.И. Загрязнение прибрежных морских вод России // Вод. ресурсы. — 1997. — № 3.
4. Ягафарова Г.Г. Экологическая биотехнология в нефтегазодобывающей нефтеперерабатывающей промышленности: Учеб. пособие. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2001.-214 с.
5. Инструкция по применению препарата-биодеструктора нефтяного загрязнения Микрозим(ТМ) Петро Трит.
6. Нефтепереработка и нефтехимия, проблемы и перспективы. Материалы секции Д III Конгресса нефтегазопромышленников России 23 мая 2001 г.
7. <http://www.nefteshlamy.ru/stat.php?id=43>).
8. <http://iadevon.ru/wiki/udmurtiya-1757/> - Нефтяные новости Волги и Урала.
9. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Удмуртия> - Информация об Удмуртии.

### References

1. Andreeva TA Environment Questions and Answers: Textbook. allowance for students. universities, teaching. on spec. "Ecology" / T.A.Andreeva. - M: Prospect, 2006. - 184 p.
2. Rogozin EA, Andreeva OA, Zharkova SI, Martynova DA, Orlova NA Comparative characteristics of domestic biological products proposed for cleaning of soils from oil and oil products.
3. Shaporenko SI Pollution of coastal waters of Russia // Waters. resources. - 1997. - № 3.
4. Yagafarova GG Environmental biotechnology in oil refining industry: Textbook, handbook. Ufa: Izd UGNTU, 2001.-214 with.
5. Instructions for use of the drug-biodegrader Microzim oil pollution (TM) Petro Treat.
6. Refining and Petrochemicals, problems and prospects. Materials Section D III Congress of Russian Oil and Gas May 23, 2001
7. <http://www.nefteshlamy.ru/stat.php?id=43>).
8. <http://iadevon.ru/wiki/udmurtiya-1757/> - Petroleum News of the Volga and the Urals.
9. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Удмуртия> - Information about Udmurtia.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.197

Вуколов А.Н.

Аспирант, Российский государственный геологоразведочный университет им. С.Орджоникидзе

МГРИ-РГГРУ, Москва

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ****Аннотация**

*В статье показана необходимость безотходной эксплуатации недр, комплексной переработки сырья и их экономическая целесообразность. Представлены сведения об объёмах накопленного в РФ техногенного минерального сырья, о типах его содержания в отходах горно-промышленного производства, его составе, потенциальной ценности и о возможных путях использования для получения строительных материалов и извлечения металлов. Показана роль складированных запасов техногенного сырья в загрязнении ландшафтов в районах горно-обогатительных и металлургических комбинатов.*

**Ключевые слова:** техногенное минеральное сырьё, отходы, горно-промышленное производство, охрана окружающей среды.

Vukolov A.N.

Postgraduate student, S. Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University

MGRI-RGGRU, Moscow

**PROBLEMS AND PROSPECTS OF THE USE OF TECHNOGENIC MINERAL RAW MATERIALS****Abstract**

*The article shows the need for a waste-free exploitation of mineral resources, complex processing of raw materials and their economic feasibility. There are information about the amount of accumulated technogenic mineral raw materials in Russia, its types in the waste mining and industrial production, its composition, the potential value and possible ways to use it to obtain building materials and extraction of metals. This article describes the role of stockpiled man-made materials in the pollution of landscapes in the areas of mining and processing and metallurgical plants.*

**Keywords:** technogenic mineral raw materials, waste materials, mining and industrial production, environmental protection.

Общемировой проблемой в последние десятилетия стала необходимость обеспечения безотходного использования недр в комплексе с бережным отношением к экосистеме. Серьёзность ситуации обусловлена постоянным ростом масштабов добычи минерального сырья, увеличения складированных попутно добытых неиспользуемых пород и веществ, остающихся после переработки минерального сырья. Воздействие последних на компоненты ландшафта и на людей особенно опасно.

Полное использование всех добываемых природных компонентов, а также - созданных и накопленных человеком, становится всё более актуальным и является важнейшим направлением в их использовании на основе безотходных технологий. Максимальное вовлечение в промышленный оборот всех ресурсов минерального сырья, включая отходы, повышает экономическую эффективность совокупного цикла работ геологической, горнодобывающей и перерабатывающей отраслей. Это также важно с позиций охраны природы при разработке месторождений и деятельности обогатительных комбинатов.

В последние годы добыча руды и топлива в мире составляет более 150 млрд. т в год. Из них не более десятой части становится полезной продукцией, а остальное – это побочные материалы, которые по составу и свойствам могут быть полезны, но складированные и не перерабатываемые нарушают экологическое равновесие биогеоценозов. Это скопления отходов при разработке месторождений (некондиционные руды, вскрышные и вмещающие породы), горно-обогатительных комбинатов (хвосты, шламы), металлургической промышленности (шлаки, золы, кеки). Запасы подобных отходов, называемых техногенным минеральным сырьём [1], постоянно воспроизводятся, растут и становятся аналогами естественных месторождений.

Известные зарубежные и российские технологии переработки техно-генного сырья позволяют извлекать из него полезные элементы и изготавливать нужные материалы. При этом затраты на производство работ будут существенно ниже, чем при получении тех же веществ из природных запасов. Во многих странах существует и развивается безотходное производство, позволяющее сокращать добычу и импорт необходимых продуктов и сохранять окружающую среду. Цветные металлы получают из хвостов обогащения и забалансовых руд, строительные материалы - из отходов обогатительных комбинатов и фабрик цветной металлургии [2,3].

В России имеется, по оценкам, около 100 млрд. т складированного техногенного минерального сырья [4]. Только за вторую половину прошлого века объём пород при вскрышных работах, связанных с добычей угля, увеличился в 25 раз. Увеличение глубины открытых карьеров при разработке ископаемых порождает рост объёма пустых пород [5]. Отвалы при добыче угля и руды в районе российских месторождений занимали на начало века более 2 тыс. км<sup>2</sup>. Стоимость формирования таких отвалов составляет до 2,5 млрд долларов в год. Под аналогичными полигонами, шламонакопителями и хвостохранилищами занято ещё свыше 3 тыс. км<sup>2</sup> [6].

Техногенное минеральное сырьё используется преимущественно при изготовлении строительных материалов и для извлечения цветных металлов. Пустые породы служат для заполнения использованных карьеров, для создания основания дорог и других работ, требующих больших объёмов насыпаемого грунта. Несмотря на имеющиеся существенные объёмы таких пород в России, в качестве строительных материалов они используются только на 1%. А для строительной индустрии сейчас требуется до 1,5 млрд т материалов и для снабжения её сырьём разрабатывается более 5 тыс. специальных месторождений. То есть, вторичные ресурсы добывающего производства практически не осваиваются для получения сырья, используемого в строительной индустрии. Такая ситуация складывается по экономическим причинам: из-за относительно низких цен на строительные материалы и значительных расстояний при

транспортировке их до места назначения. Однако около 20% отвалов пустых пород расположена на территориях с интенсивным строительством. Стоимость продукции на открытых здесь предприятиях с глубокой переработкой отходов при добыче полезных ископаемых на месторождениях уже не будет расти из-за перевозки конечной продукции в удалённые районы. Очевидно затраты на продукцию таких перерабатывающих заводов будут ниже, чем при целенаправленной добыче стройматериалов.

Основной объём металлургических отходов и скальных вскрышных пород, наиболее пригодных для производства стройматериалов, находится на Урале и в Сибири.

Суммарное количество металлов в техногенном сырье, накопленном на различных предприятиях на территории РФ, уже сравнимо с содержаниями в крупных природных месторождениях обычных, цветных и редких элементов. Объёмы их в так называемых отходах часто не намного ниже, чем в составе добываемых природных ископаемых.

В отходах предприятий чёрной и цветной металлургии, ТЭЦ уже в конце прошлого века находились в значительных количествах: медь - 7,8 млн т, свинец - около 1 млн т, цинк 0,9 млн т, олово 540 тыс. т, никель 2,5 млн т, вольфрам 129 тыс. т, молибден 4 тыс. т, литий 97 тыс. т. Россыпного золота в отвалах золотonosных приисков достигает 5 тыс. т. Наиболее крупные запасы цветных металлов накоплены в хвостах обогащения Гайского, Норильского, Салаирского, Учалинского и Солнечного ГОКов, в шлаках АО «Среднеуральский металлургический завод», «Электроцинк», «Печенгани-кель», «Североникель», в некондиционных рудах ГОКов. В хранилищах Красноуральской, Карабашской, Сибайской, Гайской, Среднеуральской, Бурибаевской и Кировоградской обогатительных фабрик, по данным кадастр-ового учёта, складировано 186 млн т пиритосодержащих хвостов, в которых содержится 514 тыс. т меди, 741 тыс. т цинка, 39 млн т серы и другие ценные компоненты [7].

В отвалах бедных руд, окисленных железистых кварцитов, в металлургических шлаках накоплено железа более 170 млн т. Больше всего железа содержится в извлечённых рудах Михайловского, Стойленского и Лебединского ГОКов, в шлаках Нижнетагильского, Череповецкого, Ново-Липецкого металлургических заводов (5-6%). В составе хвостов магнитной сепарации Качканарского ГОКа железа - до 6,3%, Михайловского - до 28% [8].

В Российской Федерации в настоящее время использование вторичных минеральных ресурсов не превышает 1-2% от их накопленного объёма [9]. Это не только инерция в привычных методах ведения работ. Видимо главной причиной того, что вторичное сырьё не перерабатывается, является отсутствие финансирования при высоких кредитных ставках и высокой вероятности потери капитала. Также сказывается слабое стимулирование предприятий для использования отходов в не в основном их производственном процессе.

Утилизация не всех техногенных ресурсов может быть экономически целесообразной, поэтому в каждом конкретном случае необходима многосторонняя оценка с этой точки зрения с учётом всех возможных вариантов переработки сырья, применения его составляющих и экологической значимости для ландшафта, здоровья людей.

Наряду с очевидной полезностью запасов техногенного минерального сырья, нельзя не учитывать, что в России они занимают территории в сотни квадратных километров. При этом площади загрязнений подземных вод вокруг хвосто- и шламохранилищ в десятки раз больше площади складирования, а районы геохимического загрязнения ландшафтов вокруг горно-металлургических комбинатов превышают размеры их земельного отвода в 30-40 раз. Подземные воды и реки, используемые для водоснабжения, загрязняются тяжёлыми металлами, растворёнными в паводковых и дождевых водах с отвалов и хранилищ, многократно превышая ПДК элементов в воде.

Таким образом, техногенное минеральное сырьё обладает высокой экономической ценностью и является одним из важнейших резервов увеличения ресурсов России без значительных капиталовложений на разработку месторождений. Переработка минерального сырья поднимет прибыльность и рентабельность предприятий, добывающих и перерабатывающих полезные ископаемые. Возможно снижение удельных капитальных и эксплуатационных затрат на добычу полезных ископаемых, сокращение количества предприятий, производящих необходимые для промышленности объёмы продукции. Наконец, использование техногенных сырьевых ресурсов сократит их запасы и ущерб окружающей среде.

### Литература

1. ГОСТ 25916-83. Ресурсы материальные вторичные: термины и определения. М.: Стандарты, 1985. – 12 с.
2. Hackett C. Environmental and Natural Resources Economics (theory, policy, and the sustainable society) / C. Hackett, C. Steven. New York, 2003. – 525 p.
3. Ehrlich P. Effects of household dynamics on resource consumption and biodiversity // Nature. 2004. 12 Jan. – 18-21 p.
4. Боков В.Г. Техногенные ресурсы России. Сырьё для производства строительных материалов. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001. – 91 с.
5. Виноградов В.Н. Экономическая оценка комплексного минерального сырья. М.: Недра, 1978. – 223 с.
6. Четверев В.И. Экономическая эффективность использования природно-ресурсного потенциала. М.: Изд-во МГУ, 2001. – 247 с.
7. Борисович В.Т., Чайников В.В. Геолого-экономическая оценка техногенных месторождений // Итоги науки и техники. Сер. «Техника геолого-разведочных работ» / ВИНТИ. – М., 2001. Т.15. – С. 3-22.
8. Боков В.Г. Проблемы освоения техногенных минерально-сырьевых ресурсов России / В.Г.Боков, В.Н. Лазарев // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2000. – № 5-6. – С. 21-24.
9. Чайников В.В., Гольдман Е.Л. Оценка инвестиций в освоение техногенных месторождений. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. – 220 с.

### References

1. GOST 25916-83. Secondary material resources: the terms and identify. M.: Standards, 1985. –12 p.
2. Hackett, S. Environmental and Natural Resources Economics (theory, policy, and the sustainable society) / S. Hackett, C. Steven. New York, 2003. – 525 p.
3. Ehrlich P. Effects of household dynamics on resource consumption and biodiversity // Nature. 2004. 12 Jan. – 18-21 p.



4. Bokov V. G. Technogenic resources of Russia. Raw materials in the production of constructional materials. M.: ZAO "Geoinformmark", 2001. – 91 p.
5. Vinogradov V. N. Economic evaluation of complex mineral raw materials. M.: Nedra, 1978. – 223 p.
6. Chetverev V. I. Economic efficiency of natural resource potential. M.: MSU Publishing house, 2001. – 247 p.
7. Borisovich V. T., Chainikov V. V. Geological and economic evaluation of technogenic fields // Results of science and technology. Series "Technology of geological exploration" / VINITI. – M., 2001. T. 15. P. 3-22.
8. Bokov V. G. Problems of development of technogenic mineral raw material resources of Russia / V. G. Bokov, V. N. Lazarev // Mineral resources of Russia. Economy and management. – 2000. – № 5–6. – from 21-24.
9. Chainikov V. V., Goldman, E. L. Evaluation of investment in the development of technogenic deposits. M.: OOO "Nedra-Biznestsentr" publ., 2000. – 220 p.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.049

Горшкова А.Т.<sup>1</sup>, Урбанова О.Н.<sup>2</sup><sup>1</sup>Кандидат географических наук, <sup>2</sup>старший научный сотрудник,

Институт проблем экологии и недропользования

Академии наук Республики Татарстан

**ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ****Аннотация**

*В статье представлены возможности выбора интегральных показателей для оценки экологических ситуаций в пределах различных операционно-территориальных единиц, в том числе и акваторий, и варианты оперирования сведениями базы данных «Автоматизированной Системы Оценки Водных Ресурсов» (АСОВР).*

**Ключевые слова:** оценка экологической ситуации, база данных, интегральные показатели.

Gorshkova A.T.<sup>1</sup>, Urbanova O.N.<sup>2</sup><sup>1</sup>PhD in Geography, <sup>2</sup>senior researcher,

Institute of Ecology and Natural Resources Academy of Sciences of the Tatarstan Republic

**INDICATORS FOR THE ENVIRONMENTAL DIAGNOSTICS****Abstract**

*The article presents the choice of integrated indicators for the assessment of environmental situations within the various operational territorial units, including the waters, and variants of operating information database "Automated systems of information processing on Water" (ASOVR).*

**Keywords:** estimate the environmental situation, databases, integrated indicators.

Нарастающий техногенный прессинг, обусловленный как темпами освоения территориального пространства, так и новаторским развитием технологий, значительно опережает не только скорости естественного восстановления нарушенных биогеосистем, но и скорости разработок мероприятий по их искусственной реконструкции. Совершенно очевидно, что для самой констатации угрозы возникновения и для предупреждения экологических катастроф необходимы достоверные экспресс-диагностика и комплекс конструктивных мер по устранению негативов, что определяет актуальность этих двух первостепенных для решения задач и направлений научного поиска. Сегодня, к сожалению, чаще объект «погибает», даже не дождавшись результата оценки сложившейся ситуации. Восстановить полностью деградировавший природный объект с нулевой стадии сукцессии чрезвычайно трудно, а, порой, и вовсе невозможно. Наиболее остро стоит вопрос восстановления водных объектов, замкнутых в городской черте, промышленных и агропромышленных зонах, местах разработки углеводородов. Для стимуляции возрождения нарушенных экосистем целесообразнее использовать знания об уже известных науке механизмах функционирования природных систем и циклов саморегуляции. Важно уметь правильно оценить ситуацию и, используя уже имеющиеся знания, устранить негативные явления, появляющиеся в окружающей среде после провокаций антропогенным воздействием. При этом достовернее всего пользоваться интегральными диагностическими показателями, как это делается, например, в экономике, когда уровень комфортности проживания людей оценивается по цифровым значениям обеспеченного дохода отдельно рассматриваемой экономической системы на душу населения. Или такой показатель как «здоровье населения», разложенный на отдельные категории диагностики заболеваний, объективно отражает характер метаболизма таких наиважнейших для жизнеобеспечения биосферных составляющих, как вдыхаемый воздух или употребляемые в пищу продукты питания и вода.

Проанализировав данные предшествующих наблюдений, мы рассчитали ряд интегральных величин для диагностики экологических ситуаций, и применили некоторые из известных ключевых механизмов природной саморегуляции для возобновления функционирования водных экосистем, утративших в результате антропогенного вмешательства естественный баланс биоценологического равновесия. В своих исследованиях мы пытаемся составлять различные наборы диагностических показателей для определения кризисных зон и территориальных образований, предрасположенных к природно-техногенным катастрофам, или выделять интегральные величины, достоверно отражающие состояние окружающей среды. Например, в целях усовершенствования мониторинга состояния почвенной, водной и воздушной сред по характеристикам снежного покрова введено использование нескольких информативных «меток» из состава тяжелых металлов (ТМ) [1. С.1; 2. С.1]. Метод позволяет получать картину распространения и накопления в различных средах и в различных пространственно-временных рамках токсичных веществ, что проявляет зоны с априори нарушенными механизмами обмена веществ и энергии. Также для пространственной оценки экологической ситуации по территории Республики Татарстан выведен



интерпретированный показатель здоровья населения [3. С. 44-48]. В качестве эффективного средства экспресс-оценки состояния водной среды природных поверхностных водоёмов следует отметить и такую широко применяемую сегодня разработку, как способ контейнерного биотестирования [4. С. 1]. Все результаты обследований заносятся в специально разработанную и программно обеспеченную базу данных «Автоматизированную Систему Оценки Водных Ресурсов» (АСОВР) и в директорию ГИС, с помощью которых легко производится пространственный анализ любой заданной оперативно-территориальной единицы (ОТЕ). АСОВР содержит комплексный набор данных, поскольку состояние водных ресурсов само по себе является интегралом состояния окружающей среды (ОС). Показатели, касающиеся непосредственно водных ресурсов подразделены по ключевым характеристикам на два крупных блока - количественные и качественные. С помощью АСОВР осуществляется мониторинг динамики пространственно-временных трансформаций гидрологической сети территории Республики Татарстан (РТ). Например, выявлено, что за последние 60 лет прекратили своё существование 2446 рек разного порядка суммарной длиной 8045,2 км, в том числе затоплено водохранилищами 671 водотоков и по другим причинам 1775 [5. С. 504]. Для справедливости, надо отметить, что водотоки не только исчезают, но и появляются новые. Так, по исследованиям 2009-2015 гг., выявлено, что в бассейне Казанки – реки, в устье которой расположена столица Татарстана Казань, только за сорокалетний период суммарная величина гидрографической сети бассейна увеличилась более чем на 150 км. Изменилось число притоков 2, 3, 4 порядков и появились речки 5 порядка (по отношению к Казанке); в целом количество притоков возросло со 126 до 254 [6. С. 92]. Такое изменение в гидрографии обусловлено наблюдающимся усилением разгрузки подземных вод с Вятского Увала, что, в свою очередь, очевидно связано с фактором глобального потепления климата на планете или с периодом, так называемой, меридиональной эпохи атмосферной циркуляции. Увеличились при этом, соответственно, и значения расходов до 30%, и другие количественные параметры.

При необходимости развертывания задач до оценки состояния почвенного покрова, атмосферного воздуха, состояния ОС в целом, наборы параметров изменяются или сопровождаются вводом другой необходимой информации, также сохраняющейся в различных директориях основной базы данных.

Для оценки качественного состояния водных сред поверхностных водоёмов и водотоков, наряду с полным набором традиционно применяемых гидрохимических и гидробиологических методов, разрабатываются и новые, частности применимые для последующего пространственно-географического анализа, основным требованием которого является возможность пространственного сравнения числовых величин. Особенно актуальным представляется сегодня преобразование информации биологической направленности в целях картографирования. Наложение биологических параметров на географическую основу открывает возможность правильной расстановки акцентов при оценке экологической ситуации и грамотного планирования водохозяйственных нагрузок без ущерба биоразнообразию и угрозы деградации водных экосистем.

Традиционно, уже на протяжении полутора веков, определение биологической полноценности, или качества водной среды, проводится посредством гидробиологического анализа, который в своей основе преследует две цели: первая - это изучение систематики, морфологии, физиологии на фоне биоритмов, как базовые знания, и вторая - выявление отклонений от этих базовых норм, рассматриваемые как отклик живой составляющей на дискомфорт в окружающей среде. При этом оценка состояния качества исследуемой естественной должна основываться, в первую очередь, на следующих предпосылках: что среда - это пространство обитания живых существ, и чем лучше среда обитания, тем комфортнее существование. Структурно-видовая композиция смешанных планктонных сообществ в полной мере несет в себе отпечаток комфортности водной среды, а значит, структура сообщества животных есть суть производное ее функциональности. Она не определяет ситуацию, но является ее отражением [7. С. 24]. Однако если изменить структуру воздействием извне, то она начинает определять ситуацию. Основываясь на данном принципе и внося ряд поправок в первоначальные представления о формировании структуры с учетом адаптационного фактора, мы рассчитали новый показатель комбинаторики видовой структуры смешанных сообществ гидробионтов в качестве оценочного критерия эколого-биоценотического равновесия в водной среде. Названный коэффициентом структурной организации смешанного сообщества гидробионтов ( $K_{st}$ ), показатель отражает в единой числовой матрице как потенциальную устойчивость исследуемых водных экосистем, так и уровень свойственного им самоочищения [8. С. 63-64]. Эмпирически выявлено, что региональные эврибионты обладают повышенной адаптационной способностью и одинаково хорошо приспосабливаются к жизнеобитанию, как в чистых, так и в грязных водах. Учитывая то, что олиго - и альфа - полисапробы более консервативны и практически не меняют своих приоритетов, в основу расчёта заложено процентное соотношение одновременно присутствующих в водной толще каждого конкретного водоема, экосистемы или континуума экосистем организмов “чистых” (олиго-) и “грязных” (альфа - поли) сапробов. Количество идентифицированных эврибионтов (из числа бета - сапробов), названных фоновыми видами, делится пополам и увеличивает процент и в числителе и в знаменателе. Для определения скрытого потенциала «мертвых» водоёмов необходима более длительная процедура, осложнённая необходимостью выведения активных форм планктона из латентных стадий, находящихся в донном субстрате. Таким образом, при наличии фактического материала, производящегося посредством натурного отбора проб, и возможности его преобразования в отвлеченную безразмерную величину, сама собой отпадает необходимость допускающих серьёзный процент ошибки экстраполяции и моделирования многофакторного взаимодействия. Если все прочие, особенно опирающиеся на количественные данные, показатели гидробиологии и гидрохимии осложнены свойственными динамичной водной среде колебаниями, то значения  $K_{st}$  остаются практически в единых цифровых рамках. Таким образом, если количество организмов и представительство видов в высоко динамичной среде постоянно меняется, то биологический потенциал ее, то есть возможность сопротивляться и восстанавливаться, выраженный через соотношение представительства видов с устойчивой сапробной валентностью, остается стабильным. Чем больше величина коэффициента, тем более устойчивая экосистема, тем больше у нее возможностей к саморегуляции, самовосстановлению, самоочищению за счет большего спектра функциональности составляющих ее сообщество видов. Если коэффициент больше единицы, то исследуемая водная среда обладает высоким потенциалом

самоочищения, и экологическая ситуация устойчивая. Равенство коэффициента единице означает, что экосистема водоема подвержена умеренному загрязнению и нестабильна, экологическая ситуация расценивается как умеренно-напряженная. Если же коэффициент оказывается меньше единицы, то мы имеем дело с деградирующей средой, испытывающей нагрузку, превышающую пределы возможной терпимости экосистемы, экологическая ситуация приравнивается к напряженной. Расчеты качества вод таким способом удобны, поскольку оценка может производиться в оперативном режиме по результатам единовременного обследования, к тому же пригодны и для пространственного анализа экологической ситуации и прогнозирования экологической обстановки. Пересчет данных гидробиологического мониторинга в соразмерную величину  $K_{st}$  позволил создать инновационную легенду карты качества поверхностных вод РТ [9. С. 76-89]. Конечно, для оценки ситуации по  $K_{st}$  необходимы для идентификации видового состава гидробионтов квалифицированные систематики. Но возможны варианты не менее достоверной оценки, полученные другими способами, как, например, способ контейнерного биотестирования. Тенденции изменения экологических ситуаций как регионального, так и глобального масштабов определяются на основе анализа динамики изменения структуры видового представительства обитающих видов и фиксируемых явлений их эволюционирования на видовом, популяционном и генетическом уровнях. Для выполнения достоверного анализа ситуации, проведения кратковременной или пролонгированной экологической экспертизы необходима база данных по встречаемости видов, их количественного представительства на определенных территориях (акваториях). На территории Республики Татарстан фиксируется присутствие порядка пятисот видов гидробионтов из числа совокупного количества представителей подклассов: веслоногих ракообразных *Copepoda*, ветвистоусых ракообразных *Cladocera* и коловраток *Rotatoria*. Пространственная распространенность видов неоднородна, что обусловлено качеством водной среды обитания, гидрологической и гидрохимической разностью условий обитания, изменениями воздействия природных и антропогенных факторов. Для проведения оценки экологической ситуации крайне необходима исходная первичная информация о достоверных фактах обнаружения тех или иных видов в пределах определенных акваторий анализируемых операционно-территориальных единиц. Исходя из вышеизложенного, нами была создана «Интерактивная БД «Зоопланктон» (для экологической экспертизы) [БД «Zoo»]» (далее [БД «Zoo»]), основное предназначение которой заключается в: 1) оперативной первичной идентификации видового состава организмов зоопланктона с использованием содержащихся в специальных директориях базы данных сведений из наиболее популярных и достоверных определителей пресноводной фауны, 2) получении информативного блока сведений о составе фауны, обнаруживаемой в разные периоды времени, включающих: видовой состав, размерные величины, отклонения от морфометрических параметров, характеристики численности и биомассы, расчетные индексы и коэффициенты качества среды, уровня самоочищения и степени устойчивости экосистемы; 3) возможности проведения сравнительного анализа состояния биоразнообразия; 4) определении скорости и тренда динамики происходящих преобразований с выделением причин возникновения неблагоприятных ситуаций; 5) возможности вывода информации на наглядные картографические основы и дальнейшей работы с ними в векторном и растровом режимах [10. С. 1].

[БД «Zoo»] могут пользоваться специалисты широкого профиля - экологи, биологи, биогеографы, химики и математики. Директории БД могут пополняться в пределах любых заданных границ территориальных образований, как в пределах отдельных регионов (как Республики Татарстан), так и России в целом и любой другой территории земной поверхности, что придаёт разработке элемент универсальности. Планируется размещение БД в открытом доступе, поскольку пополнение и обновление [БД «Zoo»] доступно для любого пользователя. Для работы с базой данных была создана программа, позволяющая вводить и редактировать данные и графическую информацию, выполнять поиск по виду организма и/или местоположению [11. С. 1].

Программы написаны на языке C++ в среде QT (ведение справочников) и Python 2.7 (рабочий модуль для QGIS). В качестве картографической основы используются карты, подготовленные в среде QGIS, являющейся рабочей средой. Тип ЭВМ: x86 ОС: Windows XP. Семантика [БД «Zoo»] предусматривает несколько путей поиска в интерактивной базе данных – по виду зоопланктёров и по географическому объекту, последний путь подразумевает, соответственно, два варианта – по привязке к водотоку или любому участку его бассейна.

Наличие большой матрицы сведений о видовых признаках, рисунков и иллюстраций позволяет специалистам идентифицировать виды организмов непосредственно в БД с использованием введённой информации из общепризнанных достоверными определителей пресноводной фауны. Особенно облегчается процесс определения гидробионтов с присоединением к комплексу микроскопа или бинокля, снабженных веб-камерой. При использовании программного комплекса [БД «Zoo»] появляется возможность производить необходимые расчёты, например, коэффициента  $K_{st}$  для пространственного анализа, и выводить данные на картографическую основу (рисунок 1).

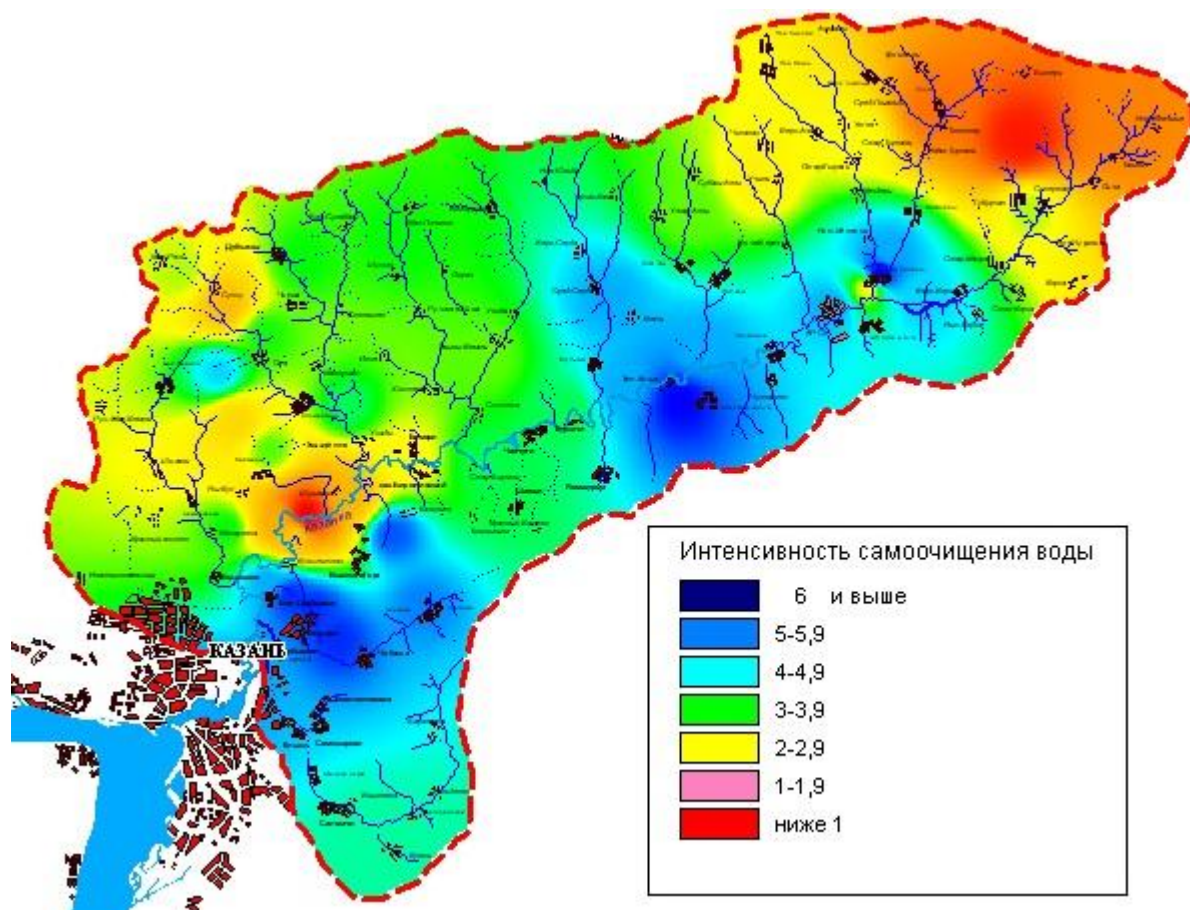


Рис. 1 – Уровень устойчивости водных экосистем в бассейновой структуре Казанки на основе расчёта  $K_{st}$ .

Таким образом, количественные параметры (численность, биомасса, продукция), а также индексы и коэффициенты, на которых основаны методы определения уровня загрязнения водоёмов и водотоков либо изначально заносятся в информационные блоки [БД «Zoo»], либо могут быть рассчитаны при помощи обеспечивающей программы.

Надо отметить, что в целом экологическая ситуация определяется множеством взаимодействующих факторов её формирования, поэтому все площадные модели водных бассейнов территории республики, занесённые в БД АСОВР постепенно снабжались необходимым набором информации по структуре ландшафтов, по уровню антропогенной нагрузки, по экономическому и биогеоценотическому потенциалу территориальных комплексов и многим другим параметрам. В этапах выполнения научных исследований заложены работы по модификации методов многофакторного и покомпонентного анализов, разработки новых подходов к моделированию гидроэкологических ситуаций, методов оценивания антропогенной нагрузки на площадные элементы водосборов. Все составляющие наработки интегрируются и используются в нужных вариантах ситуационной оценки. Совокупность получаемой информации используется, для глобальной перспективной разработки многофункционального назначения - создания геоинформационной покомпонентной гетерогенной пространственно-скоординированной системы обработки информации.

#### Литература

1. Патент РФ на изобретение «Способ определения содержания тяжелых металлов в атмосферном воздухе» № 2285916 от 19.07.2005. Патентообладатель: Институт экологии природных систем АН РТ. Авторы: Валетдинов А.Р., Валетдинов Р.К., Горшкова А.Т., Фридланд С.В., Шлычков А.П. // Опубликовано Бюлл. № 29 - 20.10.2006 г. С 1
2. Патент РФ на изобретение №2310844 от 23.11.2005 «Способ оценки интенсивности загрязнения почв тяжелыми металлами». Патентообладатель: Институт экологии природных систем АН РТ. Авторы: Валетдинов А.Р., Валетдинов Ф.Р., Горшкова А.Т., Фридланд С.В., Шлычков А.П.//Опубликовано 20.11.2007 г. Бюлл. №32. С. 1
3. Шакирова Ю.А., Горшкова А.Т., Трофимов А.М. Методика исследования пространственного распределения заболеваемости населения как комплексного интегрального показателя качества окружающей среды (на примере Республики Татарстан)// Южно-российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. – 2007. - №9 (22).- С. 44-48.
4. Патент РФ на изобретение № 2326381 от 15.03.2007. «Способ определения загрязнённости водного объекта с использованием гидробионтов». Патентообладатель: Институт экологии природных систем АН РТ. Авторы: Шагимарданов Р.А., Горшкова А.Т., Николаев В.А., Низамова Л.С., Валетдинов Ф.Р. // Опубликовано 2008 г. С. 1
5. Горшкова А.Т., Гольмгрейн В.Е., Гольмгрейн Л.А., Исламова Л.В., Мавляутдинова Г.С., Мишина О.В. и др. Гидрографический справочник Водные объекты республики Татарстан – Казань: ОАО «ПИК «Идель-пресс», 2006. – 504 с.

6. Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Минуллина А.А., ИONOVA Ю.С., Валетдинов А.Р. Методология гидрологических исследований/Региональный подход к усовершенствованию системы расчетов водных ресурсов бассейна малой реки (на примере реки Казанка). LAP LAMBERT Academic Publishing – 2012 – С. 92

7. Горшкова А.Т. Пространственный анализ биологического потенциала устойчивости водных экосистем (на примере поверхностных вод РТ): автореф. дис. канд. географ. наук: 25.00.23: защищена 15.07.03 / А.Т. Горшкова; ЯГПУ. - Я., 2003.-24 с.

8. Горшкова А.Т. Использование показателя комбинаторики видовой структуры сообществ гидробионтов в качестве оценочного критерия Эколого-биоценотического равновесия водной среды./Биоразнообразие и роль животных в экосистемах.//Сборник трудов 4 международной научной конференции 9-12 октября 2007г. г. Днепропетровск. Изд-во ДНУ, 2007. стр. 63-64.

9. Атлас РТ. Водные ресурсы. Предс. ред. коллегии Р.Н. Минниханов. Гл. ред. Б.Г. Петров. Пр. картосоставительское объединение «Картография». Москва. 2005. С.-76-89.

10. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2016620446 «Интерактивная база данных «Зоопланктон» (для экологической экспертизы) [БД «Зоо»]]. Правообладатель: Государственное научное бюджетное учреждение Академия наук Республики Татарстан (ГНБУ «Академия наук РТ») (RU). Авторы: Горшкова А.Т. (RU), Семанов Д.А. (RU), Валетдинов А. Р. (RU), Бортникова Н.В. (RU). Зарегистрировано в Реестре баз данных 12.04.2016. С. 1

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016614722 Программное обеспечение Пр ЭВМ «Зоопланктон» (для целей экологической экспертизы) [для БД «ЗОО»]. Правообладатель: Государственное научное бюджетное учреждение «Академия наук Республики Татарстан» (ГНБУ «Академия наук РТ») (RU). Авторы Горшкова А.Т. (RU), Семанов Д.А. (RU), Валетдинов А.Р. (RU), Бортникова Н.В. (RU). Зарегистрировано в Реестре баз данных 28.04.2016. С. 1

### References

1. RU patent for the invention "Method for determining the content of heavy metals in the air," number 2,285,916 on 19.07.2005. Patent holder: Institute of Natural Systems Ecology Tatarstan Academy of Sciences. Authors: Valetdinov AR Valetdinov RK, AT Gorshkova, S. Friedland, Shlychikov AP // Posted Bull. Number 29 - 20.10.2006

2. RU patent №2310844 from 23.11.2005 "Method for evaluating the intensity of soil contamination with heavy metals." Patent holder: Institute of Natural Systems Ecology Tatarstan Academy of Sciences. Authors: Valetdinov AR Valetdinov FR, AT Gorshkova, S. Friedland, Shlychikov AP // Posted 20.11.2007 Bull. №32.

3. Shakirova Y.S, Gorshkova A.T, Trofimov A.M. Methods of study of the spatial distribution of morbidity as a complex integral index of quality of the environment (on the example of the Republic of Tatarstan) // South-Russian Gazette geology, geography and global energy. - 2007. - №9 (22) .- S. 44-48.

4. RU patent number 2,325,640 from 01.02.2007. "A method for evaluating the intensity of pollution of snow cover" Patentee: Institute of Natural Systems Ecology Tatarstan Academy of Sciences. Authors: Valetdinov AR Valetdinov RK, Valetdinov FR, AT Gorshkova, S. Friedland, Shlychikov AP // Posted 27.05.2008. Bull. Number 15.

5. Gorshkova A.T., Golmgrey N.V.E., Golmgrey N.L.A., Islamov L.V., Mavlyautdinova G.S., Mishina O.V., Moshkova L.V., Petrov B.G., Semanov D.A., Serebryakov A.V., Serebryakov D.A., Urbanova O.N., Khalilov S.D., Chetanova N.A. Water bodies of the Republic of Tatarstan // Hydrographic reference. Kazan, OAO "Peak" Idel-Press ", 2006, 504 p.

6. Gorshkova A.T., Urbanova O.N., Minnullina A.A., Ionova Y.S., Valetdinov A.R. The methodology of hydrological research / regional approach to improve the system of calculation of water resources of the river basin of the small (by the example of the river Kazanka). LAP LAMBERT Academic Publishing - 2012 - S. 92. (ISBN: 978-3-8383-4684-7)

7. Gorshkova A.T. Spatial analysis of the biological potential of the sustainability of aquatic ecosystems (for example, surface water PT) // abstract for the degree of PhD in Geography Yaroslav, 2003. 24 S.

8. Gorshkova A.T. Using combinatorial indicator species structure of aquatic communities as an evaluation criterion Ecological biocenotic balance of the aquatic environment / Biodiversity and role of animals in ecosystems // 4 Proceedings of the International Conference October 9-12, 2007. Dnepropetrovsk. Publishing house of the DNU, 2007. pp. 63-64.

9. Atlas of the Republic of Tajikistan. Water resources. PreSed. Ed. board RN Minnikhanov. Ch. Ed. BG Petrov. Pr. Mapping Association "Cartography". Moscow. 2005, pp-76-89.

10. The certificate of state registration number 2016620446 database "Interactive Database «Zooplakton» (for environmental impact assessment)." Copyright: State scientific budgetary institution Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan (GNBU "Academy of Sciences of RT») (RU). Authors: Gorshkova A.T., Semanov D.A., Valetdinov A.R., Bortnikova N.V. Registered in the Register database on April 12, 2016.

11. The certificate of state registration of the computer program № 2016614722 software database «Zooplakton» (for environmental impact assessment). Copyright: State scientific budgetary institution Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan (GNBU "Academy of Sciences of RT») (RU). Authors: Gorshkova A.T., Semanov D.A., Valetdinov A.R., Bortnikova N.V. Registered in the Register database on April 28, 2016.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.081

Кузнецов П.Ю.<sup>1</sup>, Гриб Н.Н.<sup>2</sup>, Качаев А.В.<sup>3</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-0916-9649, Кандидат геолого-минералогических наук,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-3818-9473, Доктор технических наук,<sup>3</sup>ORCID: 0000-0001-5439-7013,

Технический институт (филиал) ФГАОУ ВПО Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова

**АНАЛИЗ ПРЕДСТАВИТЕЛЬНОСТИ ДАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА УГЛЕЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДЕТАЛЬНЫХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ****Аннотация**

Эффективность эксплуатации горного предприятия напрямую зависит от достоверности, надежности и полноты исходных данных, задействованных в том или ином проектом решении. Одни из значимых процессов для обеспечения стабильности работы горного предприятия является процесс управления качеством угольной продукции. На данный процесс большое влияние оказывают результаты запланированных работ по эксплуатационной разведке и перспективному опережающему опробованию. Создание обоснованных исходных баз данных, на основе ранее проведенных геологоразведочных работ на месторождении до ввода в эксплуатацию горного предприятия, позволяет повысить эффективность эксплуатационной разведки и перспективного опережающего опробования на основе математической обработки ранее полученной информации. Именно такой подход является наиболее приемлемый для месторождений Южно-Якутского угольного бассейна, которые на сегодняшний день интенсивно вовлекаются в разработку. В статье на основе анализа ранее проведенных геологоразведочных работ рассмотрен вариант создания исходной базы данных показателей качества углей Эльгинского каменноугольного месторождения. По результатам проведенного анализа выделен наиболее представительный способ опробования показателей качества углей на Эльгинском месторождении. Авторами определены наиболее информативные показатели качества углей для данного месторождения. Представлен способ их обработки с целью создания базы данных показателей качества углей для математически обоснованного планирования эксплуатационной разведки, перспективного опережающего опробования и ряда решений по эффективной эксплуатации месторождения.

**Ключевые слова:** Эльгинское каменноугольное месторождение, показатели качества углей, опробование угольных пластов, база данных.

Kuznetsov P.Yu.<sup>1</sup>, Grib N.N.<sup>2</sup>, Kachaev A.V.<sup>3</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-0916-9649, PhD in Geology and Mineralogy, <sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-3818-9473, PhD in Engineering,<sup>3</sup>ORCID: 0000-0001-5439-7013, Technical institute (branch) of North-Eastern Federal university after M.K. Ammosov**THE ANALYSIS OF COAL QUALITY DATA ACCORDING TO THE RESULTS OF DETAILED GEOLOGICAL PROSPECTING FOR CREATING THE COMPLETE DATA BASE****Abstract**

The effectiveness of coal mining enterprise directly depends on the data reliability and completeness of the initial data as the basis for any project decision. One of the major processes to guarantee the working sustainability of a mining enterprise is the coal quality management process. This process can be greatly influenced by the previous field exploration and early perspective testing. The initial data bases including the results of geological prospecting before the mining enterprise is set up helps increase the effectiveness of the field exploration and early perspective testing after mathematical processing of all the previously gathered information has been done. This method seems to be the most appropriate for coal deposits of Yuzhno-Yakut coal mining field which are now being actively prospected. The article presents the scheme of creating the initial data base model made according to the analysis of geological data processing of coal quality at Elgin coal deposit. The authors of this article determined the most informative figures of coal quality for this deposit and developed the method of coal quality data processing with the help of mathematically proved planning of field exploration and early perspective testing necessary for the effective exploration of the deposit.

**Keywords:** Elgin coal deposit, coal quality, coal beds testing, data base.

Учитывая современные тенденции социально-экономического развития Дальневосточного федерального округа Российской Федерации, а также интенсификацию процессов вовлечения месторождений Южно-Якутского угольного бассейна (основная сырьевая база коксующихся и энергетических углей на Востоке России) в промышленную эксплуатацию возникает необходимость достоверной переоценки показателей качества углей с целью повышения эффективности планирования горных работ по месторождениям. Актуализация подобного рода задачи переоценки обусловлено, как правило, большим временным разрывом (25 – 30 лет и более) между геологоразведочными работами, проведенными на месторождениях, и началом эксплуатации этих месторождений. Такие большие временные разрывы ведут:

- ✓ к частичной потери ранее накопленной информации о месторождениях;
- ✓ к появлению неточностей в трактовке и принятии решений о порядке разработки месторождений и планировании эксплуатационной разведки месторождений, а также перспективного опережающего опробования полезного ископаемого;
- ✓ потере актуальности ряда информации (данных) о горно-геологических и инженерно-геологических условиях эксплуатации месторождений, а также данных о тех либо иных свойствах углепородного массива;
- ✓ к несоответствию имеющейся информации по месторождению современным и новым нормативным требованиям, предъявляемым к изученности месторождений полезных ископаемых и т.д.

Учитывая выше приведенные аспекты, а также необходимость обеспечения эффективности и безопасности эксплуатации месторождений задача достоверной переоценки показателей качества углей приобретает особое значение и должна основываться на комплексном анализе исходных данных полученных по результатам ранее



проведенных геологоразведочных работ. При этом в качестве основных требований к исходным данным должны выступать их надежность, достоверность, равномерность и полнота охвата рассматриваемого месторождения (участка месторождения).

Для решения обозначенной задачи в качестве примера формирования исходной базы данных для выбора дальнейших методик по переоценки показателей качества углей было выбрано Эльгинское каменноугольное месторождение Южно-Якутского угольного бассейна. Такой выбор связан с тем, что на сегодняшний день отмечается интенсификация эксплуатации данного месторождения, которая в свою очередь предопределяет необходимость проведения работ ориентированных на переоценку показателей качества углей с целью повышения эффективности управления горными работами на предприятии.

#### **Анализ результатов геологоразведочных данных по качеству угля Эльгинского месторождения**

При анализе отчетных материалов по результатам детальной разведке Эльгинского каменноугольного месторождения с целью создания базы данных показателей качества углей для обеспечения эффективности проведения работ, ориентированных на переоценку показателей качества (эксплуатационная разведка и перспективное опережающее опробование месторождения) были введены следующие требования:

✓ пробы должны быть представительными, то есть соответствовать средним показателям качества угля оцениваемого пласта или групп однородных по свойствам пластов с учетом изменчивости качества углей по простиранию и глубине [1];

✓ исключение проб по полностью окисленным углям (толщина пластического слоя мене 6 мм) в зонах дробления и разрывных нарушений, а также вблизи выходов угольных пластов под наносы.

На основании номенклатуры основных показателей качества углей [1] по отчетным материалам результатов детальной разведки Эльгинского каменноугольного месторождения [2] была произведена выборка результатов лабораторных испытаний углей Эльгинского месторождения на качество. На основе полученной выборки данных по показателям качества углей было установлено, что часть параметров, характеризующих качество Эльгинских углей установлены по малому количеству проб. В перечень таких показателей входят: удельная теплота сгорания по бомбе ( $Q_{daf}^b$ ), низшая удельная теплота сгорания рабочего топлива ( $Q_r^l$ ), массовая доля общей рабочей влаги ( $W_r^l$ ), показатели дилатометрии ( $a$ ,  $b$ ,  $P_{10}$ ,  $P_{100}$ ,  $I_{10}$ ), показатель Грей-Кинга ( $GK$ ), показатель Рога ( $RI$ ), показатель отражения витринита в иммерсии ( $R_o$ ). Перечисленные показатели качества углей были получены по результатам исследовательских работ, проведенных институтами ВУХИН и КузНИИУ с целью создания обобщенной характеристики углей Эльгинского месторождения. Опираясь на относительно небольшой объем полученных выборок по перечисленным выше показателям качества углей, а также учитывая принятые авторами требования по формированию исходной базы данных, эти показатели качества углей небыли включены в дальнейшую обработку.

Также из дальнейшей обработки первичной геологоразведочной информации по показателям качества углей были исключены данные по массовые доли общей серы ( $S_r^d$ ) и фосфора ( $P^d$ ), так как эти показатели для Эльгинского каменноугольного месторождения определены по весьма разреженной геологоразведочной сети. Такой подход к определению данных показателей качества углей в практике геологоразведочных работ на уголь, проводимых в Южно-Якутском угольном бассейне считается оправданным, так как факт малосерности и малофосфоритости углей бассейна считается доказанным [3,4].

Таким образом, по результатам анализа отчетных материалов детальной разведки Эльгинского каменноугольного месторождения в перечень показателей качества углей для формирования базы данных, отвечающей требованиям представительности лабораторных испытаний, с учетом введенных выше ограничений были включены следующие показатели: влага аналитическая ( $W_a$ ); зольность рядового угля ( $A_d$ ); выход летучих веществ ( $V^{daf}$ ); толщина пластического слоя ( $Y$ ); минералогическая (действительная) плотность угля ( $d_r$ ).

Одним из требований к базам данных ориентированных на создания информационной среды как источника, определяющего принятия решений (как правило, математически обоснованных) является требования однозначности. Достижения этого требования в рассматриваемом случае определяется группировкой принятых к формированию базы данных показателей качества углей по видам опробования, которыми они были получены. Использование такого подхода позволяет подойти комплексно к решению вопросов представительности и достоверности данных, задействованных при решении горно-геологических задач, возникающих на горных предприятиях.

С учетом обозначенного требования и анализом фактического материала детальной разведки Эльгинского каменноугольного месторождения [2] к дальнейшему рассмотрению приняты следующие виды опробования угольных пластов на качество: бороздовое пластово-дифференциальное опробование; керновое опробование; опробование ГБС (грунтоносом боковым стреляющим).

Учитывая опыт геологоразведочных работ [5] результаты научно-исследовательских работ [6,7], проведенных в Южно-Якутском угольном бассейне можно считать, что наиболее достоверными пробами для определения показателей качества углей для условий Эльгинского каменноугольного месторождения будут являться бороздовые пластово-дифференциальные пробы. Но при проведении геологоразведочных работ на Эльгинском каменноугольном месторождении данным видом опробования охвачены только часть промышленно значимых пластов (пласты  $U_5$ ,  $U_4$ ,  $H_{15}$ , и  $H_{16}$ ) [2]. При этом в результате детального анализа данного вида опробования по угольным пластам  $U_5$ ,  $U_4$ ,  $H_{15}$ , и  $H_{16}$  было установлено, что опробование по ним проведено не на полную мощность, а это в свою очередь затруднит в дальнейшем получение однозначной и представительной информации по данным видам проб.

Показатели качества по пробам ГБС вовлеченные в анализ также обладают определенной недостаточностью своей информативности. Это напрямую связано со спецификой применения данного способа опробования в условиях Эльгинского каменноугольного месторождения, заключающейся в применении его для компенсации пропущенных бурением угольных пластов и для уточнения строения части пласта при очень сложном строении [2, 5, 6, 7].

Наиболее представительным опробованием на Эльгинском каменноугольном месторождении является керновое опробование. Более того, результаты определения показателей качества Эльгинских углей при применении данного

вида опробования согласно научно-исследовательским работам [5,6,7,] считаются достоверными при выполнении следующих условия выхода керна:

- ✓ влага аналитическая ( $W_a$ ) – 60% выхода керна по геологоразведочной скважине;
- ✓ зольность рядового угля ( $A_d$ ) – 100% выхода керна по геологоразведочной скважине;
- ✓ выход летучих веществ ( $V^{daf}$ ) – 75% выхода керна по геологоразведочной скважине;
- ✓ толщина пластического слоя ( $Y$ ) – 750% выхода керна по геологоразведочной скважине;
- ✓ минералогическая (действительная) плотность угля ( $d_r$ ) – 60% выхода керна по геологоразведочной скважине.

Учитывая тот факт, что керновыми пробами опробованы все промышленно значимые угольные пласты Эльгинского месторождения ( $H_{15}$ ,  $H_{15}^6$ ,  $H_{16}$ ,  $U_4^H$ ,  $U_4$ ,  $U_4^B$ ,  $U_5^H$ ,  $U_5$ ,  $U_5^B$ ,  $U_6$ ,  $U_6^B$ ,  $U_8$ ,  $U_{12}$ ,  $U_{13}$ ,  $U_{14}$ ,  $U_{16}^H$ ,  $U_{16}^B$ ,  $U_{17}$ ,  $U_{18}$ ,  $U_{20}$ ), то вопрос выбора наиболее информативного и представительного вида опробования для создания базы данных по показателям качества углей соответственно решается в пользу данного вида опробования. Единственным условием при обработке лабораторных проб при формировании базы данных на основе керна опробования является ввод дополнительного третьего требования к обозначенным уже выше. Суть этого требования сводится к соблюдению процентного выхода керна по угольным пластам при отбраковке лабораторных проб, включаемых в базу данных показателей качества углей.

Таким образом, исходя из положения, что исходные данные должны обладать достаточной надежностью, достоверностью, равномерностью и представительностью наиболее приемлемыми для формирования базы данных по показателям качества углей на основе результатов детальной разведки Эльгинского месторождения являются данные полученные по результатам керна опробования. Данные по бороздовому пластово-дифференциальному опробованию и пробам ГБС могут быть рекомендованы для решения частных задач по отдельным пластам Эльгинского месторождения.

#### **Обработки результатов лабораторных испытаний по показателям качества углей для формирования базы данных**

Учитывая полученные выше результаты, а также технологию разработки Эльгинского каменноугольного месторождения [8,9] наиболее перспективным для создания базы данных показателей качества углей с целью переоценки показателей качества углей на стадии планирования эксплуатационной разведки и перспективного опережающего опробования являются данные, полученные керна опробованием.

В структурном отношении база данных Эльгинского каменноугольного месторождения по показателям качества включает в себя расчетные арифметически средневзвешенные и среднеарифметические значения показателей качества, определенные в отдельности для каждого геологоразведочного скважинного пластосечения Эльгинского угольного месторождения, то есть для каждого промышленно значимого угольного пласта.

Представленный подход к формированию рассматриваемой базы данных, на сегодняшний день, является весьма актуальным. Данное утверждение обосновывается тем, что условий Южно-Якутского угольного бассейна вопросы по определению систематической погрешности при отборе и разделки проб, а также вопросы по систематизации лабораторных погрешностей при определении показателей качества углей в зависимости от их величины отражены лишь в единичных работах [5,6] при отсутствии значимых сводных научно-исследовательских работ.

Значения показателей качества углей по пластосечениям, определенным по кернам пробам методом средневзвешенного арифметического рассчитывается по формуле (на примере зольности рядового угля) [10]:

$$A_{cp}^d = \frac{A_1^d \cdot m_1 + A_2^d \cdot m_2 + \dots + A_n^d \cdot m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}; \quad (1)$$

где:  $A_{cp}^d$  – зольность рядового угля средневзвешенная арифметическая;  $A_n^d$  – зольность рядового угля в опробованном интервале;  $m_n$  – мощность опробованного интервала.

Применение формулы (1) не распространяется на определение средней величины значения толщины пластического слоя, которая определялась в соответствии с формулой [10]:

$$Y_{cp} = \frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n}{n}; \quad (2)$$

где:  $Y_{cp}$  – толщина пластического слоя среднеарифметическая;  $Y_n$  – толщина пластического слоя в опробованном интервале;  $n$  – количество интервалов опробования.

По результатам расчетов по выше приведенным формулам с учетом рассмотренных выше требований в базу данных было включено 474 скважины, содержащих данные по влаге аналитической ( $W_a$ ), зольности рядового угля ( $A_d$ ), выходу летучих веществ ( $V^{daf}$ ), толщине пластического слоя ( $Y$ ) и минералогической (действительной) плотности угля ( $\delta_m$ ). При создании базы данных было обработано порядка 14786 керна проб.

#### **Заключение**

По результатам проведенных работ были обоснованы требования к исходным данным для формирования представительной и достоверной база данных показателей качества углей Эльгинского каменноугольного месторождения по керна опробованию. В базу данных с учетом введенных ограничений по представительности проб, по степени окисления углей, а также по выходу керна по углю включены 474 скважины. Представленный в статье подход позволяет создать базу данных по показателям качества углей Эльгинского месторождения отвечающую требованиям надежности, достоверности, представительности и позволяет создать достаточно информативную основу для математически обоснованного планирования эксплуатационной разведки, перспективного опережающего опробования и ряда решений по эффективной эксплуатации месторождения. Данные по бороздовому пластово-дифференциальному опробованию и опробованию способом ГБС для условий Эльгинского каменноугольного месторождения носят фрагментальный характер и могут быть применены только для решений локальных частных задач в пределах ограниченных участков месторождения.

## Литература

1. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Угли и горючие сланцы. – М.: ФГУ ГКЗ, 2007. – 34 стр.
2. Отчет о результатах детальной разведки Северо-Западного участка Эльгинского каменноугольного месторождения в Токинском угленосном районе Южно-Якутского бассейна за 1991 – 1996 гг.: в 3 т. / ГТПП «Южякутгеология»; исполн.: Поляков Н. П., Павлик М. И., Гриб Н. Н. [и др.]. – Фонды ГТПП «Южякутгеология», 1996.
3. Голицын М.В. Коксующиеся угли России и мира: Справочник / М.В. Голицын, А.М. Голицын; под. ред. В.Ф. Череповского. – М.: Недра, 1996. – 239 с.
4. Угольная база России. – М.: Геоинформмарк, 1999. – Т. 5, кн. 2: Угольные бассейны и месторождения Дальнего Востока России (Республика Саха, Северо-Восток, о. Сахалин, п-ов Камчатка). – 638 с.
5. Степанов В.Д. и др. Отчет о результатах тематических работ «Оценка представительности основных параметров качества углей в зависимости от выхода керна на месторождениях Южно-Якутского бассейна» / ГТПП «Южякутгеология»; исполн.: Степанов В.Д. и [др.] – Фонды ГТПП «Южякутгеология», 1991. – 277 с.
6. Шипицын Ю.А. Обоснование способа организации углеразведочных работ по кернавому опробованию на основе оптимизации его показателей: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Москва, 2003 – 20 с.
7. Гриб Н.Н., Шипицын Ю.А., Карманов Д.В., Скоморошко Ю.Н. Анализ параметров качества, определяемых по различным видам геологического опробования // Препринт – Якутск: Изд-во ЯГУ, 2002. – 33 с.
8. Хосоев Д.В., Ермаков С.А. Оценка технологий разработки Эльгинского угольного месторождения / Д.В. Хосоев, С.А. Ермаков // Уголь. – 2009. – N 11. – С. 9-11.
9. Баулин А.В., Бабенко О.Б., Белинкин А.А. Освоения Эльгинского каменноугольного месторождения / А.В. Баулин, О.Б. Бабенко, А.А. Белинкин // Уголь. – 2002. – N 1. – С. 22-23.
10. Каждан А. Б. Математическое моделирование в геологии и разведке полезных ископаемых / А. Б. Каждан, О. И. Гуськов, А. А. Шиманский. – М.: Недра, 1979. – 68 с.

## References

1. Metodicheskie recommendazii po primeneniю klassifikazii zapasov mestorozhdeniy i prognoznykh resursov tverdykh poleznykh iskopaemykh. Ugli i goryuchie slanzi. – М.: FGU GKZ, 2007. – 34 s.
2. Otchet o rezultatakh detalnoy razvedki Severo-Zapadnogo uchastka Elginskogo kamennougolnogo mestorozhdeniya v Tokinskom uglensmom rayone Yuzno-Yakutskogo basseyna za 1991 – 1996 gg.: v 3 t. / GGGP «Yuznoyakutgeologiya»; ispoln.: Polyakov N.P., Pavlik M.I., Grib N.N. [I dr.]. – Fondy GGGP «Yuznoyakutgeologiya», 1996.
3. Golizyn M.V. Koksuyushchiesya ugli Rossii i mira: Spravochnik / M.V. Golizyn, A.M. Golizyn; pod. red. V. F. Cherepovskogo. – М.: Nedra, 1996. – 239 s.
4. Ugolnaya baza Rossii. – М.: Goeinformmark, 1999. – Т. 5, kn. 2: Ugolnye basseyny i mestorozhdeniya Dalnego Vostoka Rossii (Respublika Sakha, Severo-Vostok, o. Sakhalin, p-ov Kamchatka). – 638 s.
5. Stepanov V.D. i dr. Otchet o rezultatakh tematicheskikh rabot «Ozenka predstavitelnosti osnovnykh parametrov kachestva ugley v zavisimosti ot vykhoda kerna na mestorozhdeniyakh Yuzno-Yakutskogo basseyna» / GGGP «Yuznoyakutgeologiya»; ispoln.: Stepanov V.D. i [dr.] – Fondy GGGP «Yuznoyakutgeologiya», 1991. – 277 s.
6. Shipizin U.A. Obosnovanye sposoba organizazii uglerazvedochnykh rabot po kernovomu oprobovaniyu na osnove optimizazii ego pokazateley: Avtoref. dis. kand. techn. nauk. – Moskva, 2003 – 20 s.
7. Grib N.N., Shipizin U.A., Karmanov D.V., Skomoroshko U.N. Analiz parametrov kachestva, opredelyaemykh po razlichnym vidam geologicheskogo oprobovaniya // Preprint – Yakutsk: Izd-vo UaGU, 2002. – 33 s.
8. Khosoev D.V., Ermakov S.A. Ozenka tekhnologiy razrabotky Elginskogo ugolnogo mestorozhdeniya / D.V.Khosoev, S.A. Ermakov // Ugol. – 2009. – N 11. – S. 9-11.
9. Baulin A.V., Babenko O.B., Belinkin A.A. Osvoenye Elginskogo kamennougolnogo mestorozhdeniya / A.V. Baulin, O.B. Babenko, A.A. Belinkin // Ugol. – 2002. – N 1. – S. 22-23.
10. Kazhdan A.B. Matematicheskoye modelirovaniye v geologii i razvedke poleznykh iskopaemykh / A.B. Kazhdan, O.I. Guskov, A. A. Shimansky. – М.: Nedra, 1979. – 68 s.



DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.003

Лисицын П.В.

ORCID: 0000-0002-4595-3804, Аспирант кафедры «Инженерная геодезия»,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский горный университет»

**ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ШИРИНУ ВОДООХРАННЫХ ЗОН ОЗЕР****Аннотация**

*В статье описаны методические вопросы, связанные с определением водоохранных зон озер на примере Северо-Западного Федерального округа. На сегодняшний день, согласно статье 65 Водного Кодекса Российской Федерации - основным показателем, влияющим на ширину водоохранной зоны является площадь зеркала водоема, что не является достаточным, так как каждое озеро индивидуально по-своему и проблема его экологического состояния складывается из других показателей. Рассчитаны коэффициенты водообмена для некоторых озер Карелии, которые также должны влиять на определение ширины водоохранной зоны, так как являются количественным показателем условия обновления воды в озере, а также представлены другие показатели, которые должны влиять на размер водоохранной зоны озера: тип берега (степень проницаемости грунтов), степень антропогенного воздействия.*

**Ключевые слова:** водоохранная зона, озера северо-запада, экологическое состояние озер, определение ширины водоохранных зон, размер водоохранной зоны.

Lisitsyn P.V.

ORCID: 0000-0002-4595-3804, Postgraduate student,  
Saint-Petersburg Mining University

**THE FACTORS INFLUENCING WIDTH OF THE WATER PROTECTION ZONES OF LAKES****Abstract**

*The article describes the methodological issues associated with the definition of water protection zones of lakes in the North-West Federal district. To date, according to article 65 of Water code of Russian Federation - the main parameter that influences the width of the water protection area is the surface area of the reservoir that is not sufficient, as each lake individually in its own problem and its ecological status is composed from other indicators. The coefficients of water exchange for some lakes of Karelia, which should also influence the determination of the width of water protection zones, as are measures of conditions update water in the lake, and also presents other indicators that should influence the size of the water areas of lake: shoreline type (permeability of soil), degree of anthropogenic impact.*

**Keywords:** water protection area, lake of the Northwest, the ecological status of lakes, determination of width of water protection zones, water protection zones size.

**И**ntenсивная деятельность человека все более сказывается на состоянии водных объектов и экологической системы в целом. Чрезмерное антропогенное воздействие на природу нарушает способность водных объектов к саморегулированию.

В качестве одного из значительных механизмов улучшения экологического и санитарно-гигиенического состояния водных объектов, а также их гидрологического режима Водным Кодексом Российской Федерации предложено выделение и установление водоохранных зон и прибрежных защитных полос с соблюдением в их границах специального режима хозяйствования [2].

Территория Северо-Западного Федерального округа Российской Федерации характеризуется множеством поверхностных вод. А именно, многочисленные озера, различные по происхождению, размерам, гидрологическому режиму, степени водообмена, типу берегов и другим характеристикам в соответствии с Водным Кодексом.

Для каждого озера в частности и для водных объектов в целом, независимо от их назначения, необходимо устанавливать водоохранные зоны [1].

Согласно статье 65 Водного Кодекса Российской Федерации, к водоохранным зонам относятся территории, примыкающие к береговой линии морей, водоемов и водотоков, на которых устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления указанных водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира [1]. В соответствии с Водным Кодексом Российской Федерации: минимальная ширина водоохранной зоны озер составляет 50 метров [1]. Представляется очевидным, что эффективная ширина водоохранной зоны озер должна лишь в исключительных случаях соответствовать минимальной ширине, установленной законодательством Российской Федерации. В ряде нормативно-методических источников указывается на необходимость определения ширины водоохранных зон водных объектов с учетом различных факторов.

Одной из ведущих организаций Российской Федерации – Институтом «ВодНИИИнформпроект» был разработан макет проекта водоохранной зоны водного объекта, в котором приводятся обоснования особенностей установления ширины водоохранных зон, в зависимости от прогноза изменения береговой линии; мероприятия, целесообразность проведения которых вытекает из результатов обследования водосборной площади и территории, прилегающей к водному объекту, а также положения по режиму антропогенного воздействия на земли в водоохранных зонах [3].

Вопросами, связанными с установлением водоохранных зон, занимались многие отечественные исследователи. Была рассмотрена экологическая роль водоохранных зон речных водосборов, путем разработки метода оптимизации их выделения [7], а также были рассмотрены частные вопросы выделения границ водоохранных зон в зависимости от влияния лесов на экологическое состояние водного объекта [6]; проведено описание ландшафтно-гидрологической основы проектирования водоохранных полос [8]; затронут вопрос принципов и методов проектирования водоохранной зоны, опираясь на условия формирования стока и потенциальные потоки загрязняющих веществ [5];

работниками отдела водных ресурсов по Алтайскому краю совместно с Институтом водных и экологических проблем СО РАН была рассмотрена методика проектирования водоохранных зон и выявлен ряд проблем их установления, связанные, в свою очередь, с исторической значимостью объектов строительства, разработкой генеральных планов [2].

Следует отметить, что во всех работах отсутствуют конкретные подходы к определению водоохранных зон с учетом природных и техногенных факторов.

На наш взгляд необходимо учитывать такие факторы, как площадь озера и его объем, степень водообмена, тип берега (степень проницаемости грунтов), степень антропогенного воздействия и рельеф. При учете этих данных, можно определить эффективную ширину водоохранной зоны, которая соответствовало бы понятию «Водоохранная зона».

Основываясь на данных из Института Озероведения [4], проведен анализ характеристик озер Северо-Западного Федерального округа. Выделены несколько типов озер, различающихся по некоторым параметрам. В зависимости от характера стока: озера сточные и бессточные; в соответствии с их размерами, а именно площадью зеркала водного объекта: крупные и мелкие; а также, озера со скалистым или песчаным берегом. Все эти параметры являются составляющей частью каждого водного объекта и, следовательно, необходимо учитывать всю их совокупность при определении ширины водоохранной зоны.

Согласно формуле В.Н. Штефана, коэффициент водообмена рассчитывается как отношение суммы приходных и расходных составляющих водного баланса водоема к общему объему водного объекта. Обратная коэффициенту величина – период водообмена, который изменяется в широких пределах в зависимости от удельного водосбора озера [4]. Данный показатель необходим для расчетов, так как именно он описывает за какой срок водный объект может обновить свой водный потенциал, затронутый природными и антропогенными факторами. Срок может варьироваться от нескольких суток у малых транзитных озер до 12 и 17 лет у Ладожского и Онежского озера соответственно. Для каждого озера данный коэффициент будет различен. Для примера, рассмотрено несколько озер Северо-Западного федерального округа в республике Карелия, с различными площадями зеркала водного объекта (табл. 1).

Таблица 1 – Озера Карелии

Название озера	Площадь зеркала, км <sup>2</sup>	Коэффициент водообмена
Койвас	21,4	1,65
Нюк	214	0,69
Телекино	15,5	6,51
Воицкое	6,0	394
Лоут	11,8	0,33

В свою очередь, период водообмена - величина обратно пропорциональная коэффициенту водообмена, а значит простыми расчетами, мы можем убедиться, что каждое озеро индивидуально и имеет свой период водообмена. И, зависимо от приходных и расходных данных, период возобновляемости озера отличается для каждого озера. Период водообмена озера Воицкое 1,1 дня (табл. 1), в то время как для озера Лоут 1098,6 дней, что составляет более 3 лет (рис.1), при условии, что площадь водного объекта первого всего в 2 раза меньше.



Рис. 1 – Период водообмена озер Карелии (дней)

Необходимо отметить, что многие озера подвержены антропогенному воздействию, что, несомненно, ведет к их загрязнению и засорению, тем самым ухудшая экологическое состояние водного объекта в целом. На примере данных из таблицы 1, можно сделать вывод, что антропогенное воздействие влияет по-разному на каждый водный объект, в том числе и на озера в частности, в связи с различными периодами возобновления водных ресурсов.

Следующим вопросом, который необходимо решить является определение степени воздействия на озера отходов антропогенной деятельности в зависимости от состава и типа грунтов береговой зоны. Представляется важным

дифференцирование береговой линии по типу грунта, так как проницаемость песчаного или песчано-илистого основания существенно выше, чем в случае, когда берег представлен скальными породами. Актуальность рассмотренных вопросов весьма высока и требуется доработка освещенных задач в данной области с целью улучшения экологического состояния водных объектов.

#### Литература

1. Водный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 03.06.2006 № 74-ФЗ. – М.: Государственная дума Российской Федерации, 2006 (ред. от 28.11.2015).
2. Проектирование водоохранных зон и прибрежных защитных полос водных объектов / И.В. Жерелина и др. // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2006. – № 3. – 52-59.
3. Об утверждении Методических указаний по проектированию водоохранных зон водных объектов и их прибрежных защитных полос: Приказ МПР России от 21 августа 1998 г. № 198.
4. Озера Карелии. Справочник / Под ред. Н.Н. Филатова, В.И. Кухарева. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2013. 463 с.
5. Принципы и методы проектирования водоохранной зоны / Гагаринова О.В. и др. // География и природные ресурсы. – 2005. – №3. – 113-120.
6. Чернышев А.В. К вопросу оптимизации способов выделения границ водоохранных зон в бассейнах рек / А.В. Чернышев // Известия научного Самарского центра РАН. Том 13 (39) -№1 (6), 2011. С. 1485-1491.
7. Чернышев А.В. Оптимизация выделения водоохранных зон в бассейнах малых рек (на примере р. Сызранки Ульяновской области): дис. ... кандидата биологических наук: 03.02.08. Ульяновский. гос. университет, Ульяновск, 2011.
8. Швебс Г.И. Ландшафтно-гидрологические основы проектирования водоохранных полос / Г.И. Швебс, Т.Д. Борисевич // Гидрологическая роль лесных геосистем. – Новосибирск: Наука, Сиб. Отд., 1989. С. 140-145.

#### References

1. Vodnyj kodeks Rossijskoj Federacii: Federal'nyj zakon ot 03.06.2006 № 74-FZ. – M.: Gosudarstvennaja дума Rossijskoj federacii, 2006 (red. ot 28.11.2015).
2. Proektirovanie vodoohrannyh zon i pribrezhnyh zashhitnyh polos vodnyh ob#ektov / I.V. Zherelina i dr. // Ispol'zovanie i ohrana prirodnyh resursov v Rossii. – 2006. – № 3. – 52-59.
3. Ob utverzhdenii Metodicheskikh ukazanij po proektirovaniju vodoohrannyh zon vodnyh ob#ektov i ih pribrezhnyh zashhitnyh polos: Prikaz MPR Rossii ot 21 avgusta 1998 g. № 198.
4. Oзера Karelii. Spravochnik / Pod red. N.N. Filatova, V.I. Kuhareva. Petrozavodsk: Karel'skij nauchnyj centr RAN, 2013. 463 s.
5. Principy i metody proektirovanija vodoohrannoj zony / Gagarinova O.V. i dr. // Geografija i prirodnye resursy. – 2005. – №3. – 113-120.
6. Chernyshev A.V. K voprosu optimizacii sposobov vydelenija granic vodoohrannyh zon v bassejnah rek / A.V. Chernyshev // Izvestija nauchnogo Samarskogo centra RAN. Tom 13 (39) -№1 (6), 2011. S. 1485-1491.
7. Chernyshev A.V. Optimizacija vydelenija vodoohrannyh zon v bassejnah malyh rek (na primere r. Syzranki Ul'janovsskoj oblasti): dis. ... kandidata biologicheskikh nauk: 03.02.08. Ul'janovskij. gos. universitet, Ul'janovsk, 2011.
8. Shvebs G.I. Landshaftno-gidrologicheskie osnovy proektirovanija vodoohrannyh polos / G.I. Shvebs, T.D. Borisevich // Gidrologicheskaja rol' lesnyh geosistem. – Novosibirsk: Nauka, Sib. Otd., 1989. S. 140-145.



<https://twitter.com/JournalResearch>

Ссылки на новые статьи  
«Международного научно-  
исследовательского журнала» Вы  
сможете найти в *Твиттере*.



**Международный  
Журнал**

@JournalResearch

Опубликовать статью, публикация  
научных статей соискателей,  
аспирантов, научных сотрудников.  
Международный научно-  
исследовательский журнал ISSN 2227-  
6017

🕒 В Твиттере с сентября 2012

ТВИТЫ  
2 666

ЧИТАТЕЛИ  
50

Твиты Твиты и ответы



Международный Журнал @JournalResearch · сейчас

Post Edited: ИЗУЧЕНИЕ  
РАСПРОСТРАНЕННОСТИ  
ПОТРЕБЛЕНИЯ ТАБАЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ  
СРЕДИ РАБОЧИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ КАЗАХСТА [research-  
journal.org/en/medicine/st...](https://research-journal.org/en/medicine/st...)

🔄 📌 ⭐ ...

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.126

Перевощикова Н.А.<sup>1</sup>, Идиятуллин М.М.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-0372-8481, Кандидат геолого-минералогических наук,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-1273-3722, Магистрант,

Санкт-Петербургский государственный университет

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ СКЛОНОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАСЧЕТОВ АНАЛИТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ И МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ****Аннотация**

*В статье приводится сравнение результатов расчётов устойчивости двух потенциально оползнеопасных склонов, расположенных в Волгоградской области. Оценка устойчивости склонов выполнена численными и аналитическими методами, в том числе с использованием современного программного комплекса GEO5. Аналитические расчёты производились в соответствии с положениями теории предельного равновесия, тогда как для расчёта по численной модели был использован метод снижения прочности. Применение двух принципиально различных расчётных схем позволяет с большей достоверностью оценить устойчивость склонов и перспективы их использования в качестве основания сооружений.*

**Ключевые слова:** расчёт устойчивости, устойчивость склона, методы расчета устойчивости, метод конечных элементов, метод снижения прочности, GEO5.

Perevoshchikova N.A.<sup>1</sup>, Idiyatullin M.M.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-0372-8481, PhD in Geology and Mineralogy,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-1273-3722, Master student,

Saint-Petersburg State University

**COMPARATIVE ANALYSIS OF SLOPES' STABILITY WITH HIGH POTENTIAL RISK OF LANDSLIDE BY THE RESULT OF CALCULATION USING ANALYTICAL METHODS AND FINAL ELEMENT METHOD****Abstract**

*The article compares results of stability calculations of two slopes in Volgograd region with high potential risk of landslide. Evaluation is accomplished using analytical and numerical methods also using modern GEO5 software. Analytical calculations were made by provisions of Coulomb's wedge theory, in contrast of numerical model, where was used shear reduction method. Usage of two different calculation schemes renders possible to make a high-precision conclusion about slopes' stability and about using them as a structure base.*

**Keywords:** stability calculation, slope stability, calculation of stability methods, finite elements method, shear reduction method, GEO5.

При проектировании и строительстве линейных сооружений значительное влияние на их эксплуатационную надёжность оказывает распространение опасных геологических и инженерно-геологических процессов. Развитие в районе работ особого типа опасных склоновых процессов – оползней – требует углублённого изучения инженерно-геологических особенностей строения оползнеопасных (или потенциально оползнеопасных) участков.

Для проектирования сооружения и мероприятий по инженерной защите склона требуется выполнение оценки устойчивости склона. Количественной мерой устойчивости при этом является величина коэффициента устойчивости ( $K_y$ ). Расчёт производится при известном положении поверхности скольжения для оползнеопасных склонов или при предполагаемом положении наиболее опасной поверхности скольжения – для потенциально оползнеопасных склонов.

При выполнении инженерно-геологических изысканий для строительства линейного объекта в Волгоградской области было отмечено развитие консеквентных оползней и оползней-оплывин на склонах нескольких крупных балок и оврагов.

В пределах трассы проектируемого сооружения были выявлены два участка, где существует возможность развития оползневых процессов. Их уклон в пределах участка работ достигает 30-35°. Склоны задернованы, на наиболее крутых участках присутствуют проявления осыпей. По совокупности этих признаков, а так же исходя из наличия в районе работ оползневых процессов на аналогичных склонах, склоны были отнесены к потенциально оползнеопасным.

Геологическое строение участка работ характеризуется наличием в разрезе четвертичных отложений аллювиального генезиса, представленных преимущественно песчаными, в меньшей степени глинистыми грунтами. Песчаная фракция представлена мелко- и среднезернистыми песками, средней плотности и плотными, маловлажными. Среди глинистых грунтов выделены супеси пылеватые, суглинки легкие пылеватые и песчанистые, глины легкие пылеватые. Консистенция глинистых отложений от тугопластичной до твёрдой. Залегание преимущественно в виде линз и прослоев мощностью до 2 метров. Помимо аллювиальных отложений, в отдельный инженерно-геологический элемент был выделен почвенно-растительный слой, мощностью 0,8-0,9 м.

Гидрогеологические условия характеризуются наличием водоносного горизонта на отметке менее 110 абс. м (по данным разведочного бурения), что позволяет не учитывать действие подземных вод при расчёте устойчивости склонов.

В качестве механизмов, которые могут привести к интенсификации оползневых процессов, были обозначены изменения гидрогеологических условий (повышение уровня грунтовых вод при изменении условий питания и разгрузки водоносного горизонта), а также антропогенное изменение профиля склона и почвенного покрова в результате инженерной или мелиоративной деятельности человека.

### Методы расчёта устойчивости

Большинство методов расчета устойчивости склона основываются на положениях теории предельного равновесия. При этом грунтовый массив рассматривается с точки зрения критерия прочности Кулона-Мора, согласно которому разрушение грунта происходит в виде сдвига по поверхности с наименьшей несущей способностью. Прочность грунтового массива определяется его прочностными характеристиками: сцеплением и углом внутреннего трения, при этом деформационные характеристики в расчётах по первому предельному состоянию не учитываются. Решение такого рода задач обеспечивается связью между нормальными и касательными напряжениями.

Данный подход применялся при решении поставленной задачи по оценке устойчивости склона аналитическими методами. Несколько другой алгоритм расчёта был использован при выполнении расчётов численным методом конечных элементов (МКЭ). Если первая расчётная схема подразумевает предварительное нахождение потенциальных поверхностей скольжения, а затем выполнение по ним расчёта устойчивости, с определением наименее устойчивой конфигурации склона, то для второй схемы применялся метод снижения прочности (SRM – shear reduction method). Суть данного метода заключается в одновременном снижении показателей прочностных характеристик. При этом возникающие в массиве деформации оцениваются для каждой итерации, вплоть до наступления момента разрушения грунта. Положение поверхности скольжения формируется автоматически, исходя из величины возникающих в массиве деформаций. Таким образом, программой одновременно выполняется расчёт коэффициента устойчивости склона и нахождение наиболее опасной поверхности скольжения [1].

### Оценка устойчивости склонов

В ходе данного исследования были выполнены расчёт устойчивости двух потенциально оползнеопасных склонов по методам Маслова, Шахунянца, Феллениуса-Петтерсона, Спенсера, Бишопа, а также методом конечных элементов.

В качестве исходных данных были приняты материалы инженерно-геологических исследований склона, которые включали: рекогносцировочные маршрутные наблюдения, проходку инженерно-геологических выработок с отбором проб грунтов, определение физико-механических характеристик грунтов в лаборатории и полевые испытания грунтов “in situ” методами статического и динамического зондирования.

Нормативные значения прочностных характеристик грунтов принимались по результатам лабораторного определения сопротивления грунта неконсолидированному срезу, а также по данным статического и динамического зондирования и таблицам СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*». При оценке устойчивости склонов использовались расчетные значения характеристик прочности грунтов (Таблица 1), принятые по первому предельному состоянию.

Расчёт методом Маслова выполнялся вручную. Определение положения наиболее опасной кривой скольжения при этом производилось методом подбора. Графические построения выполнялись в программной среде AutoCAD. Расчеты устойчивости склонов прочими методиками выполнялся в программной среде GEO5.

Таблица 1 – Значения физико-механических характеристик грунтов, используемых при расчёте устойчивости склонов

№ п/п	№ ИГЭ	Грунт	Влажность	Плотность грунта	Плотность частиц грунта	Число пластичности	Коэффициент пористости	Угол внутреннего трения	Сцепление
			w, д.ед.	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	Ip, д.ед.	e, д.ед.	$\varphi$ , °	c, кПа
1	2	Почвенный слой	0,133	1,78	2,68	0,130	0,706	18,7	20
2	12	Песок мелкий	0,058	1,50	2,65	-	0,788	30	2
3	13	Песок средней крупности	0,071	1,56	2,65	-	0,689	31	0,6
4	14	Супесь твердая	0,122	1,90	2,69	0,063	0,593	28	9
5	15	Суглинок твердый	0,201	1,97	2,68	0,125	0,655	25	29
6	16	Суглинок полутвердый	0,245	1,91	2,69	0,131	0,734	23	25
7	17	Суглинок тугопластичный	0,249	1,96	2,69	0,130	0,750	19	32
8	20	Глина полутвердая	0,278	1,95	2,71	0,246	0,767	9	32

Выполнение аналитических расчётов в программе GEO5 осуществлялось по двум алгоритмам. В первом случае нахождение наиболее опасной поверхности скольжения производилось программой автоматически (методом подбора). Во втором случае поверхности скольжения задавались вручную. Это позволило сравнить значения

коэффициента устойчивости, полученного программой, с результатами ручного расчета. По найденным программой наиболее опасным поверхностям скольжения также был выполнен расчёт вручную.

Решение задачи методом конечных элементов выполнялось программой автоматически, без возможности задания геометрии поверхностей скольжения.

### Сравнение результатов расчётов

Положение предполагаемых кривых скольжения при расчёте методом Маслова показано на инженерно-геологических разрезах потенциально оползнеопасных склонов (рис. 1, 2). Поверхности скольжения №10 и №7 являются наиболее опасными поверхностями скольжения, найденными программой для склонов №1 и №2 соответственно. Примечательно, что их положение оказалось идентичным для каждого аналитического метода, по которому выполнялся расчёт в программе GEO5.

Сравнение результатов расчётов, выполненных аналитическими методами (Таблицы 2, 3) позволяет сделать вывод, что для склона № 1 найдена результирующая для всех методов наиболее опасная поверхность скольжения. Для склона № 2 положения таких поверхностей значительно различаются.

Графические схемы распределения горизонтальных деформаций в расчётных грунтовых моделях на момент потери устойчивости склонов, полученные расчётом по методу конечных элементов (рис. 3, 4) позволяют визуализировать положение поверхности скольжения при более сложной геометрической форме.

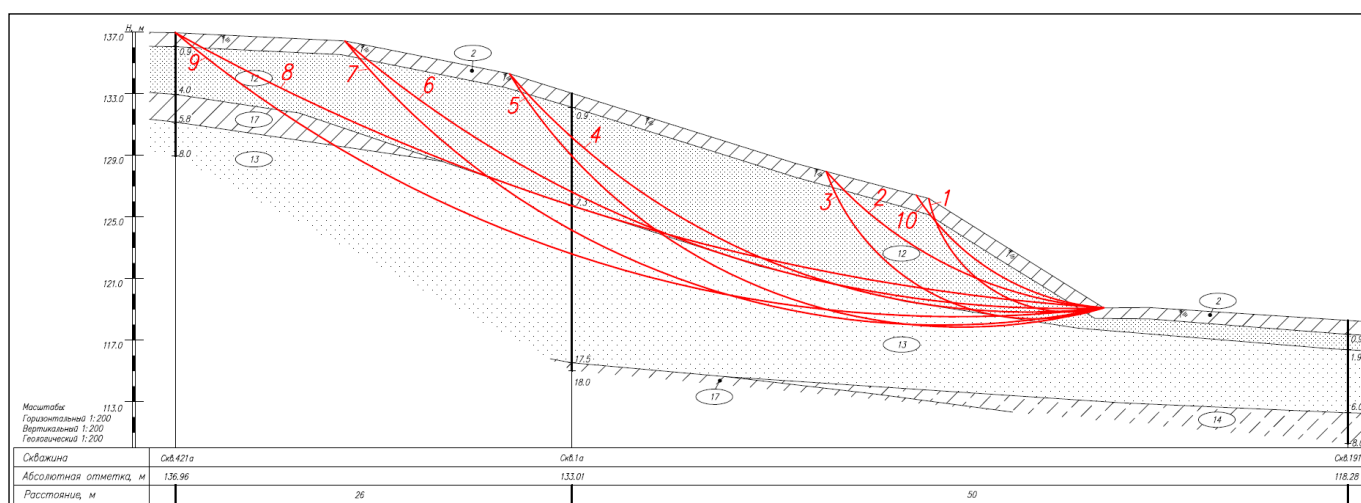


Рис. 1 – Инженерно-геологический разрез склона № 1

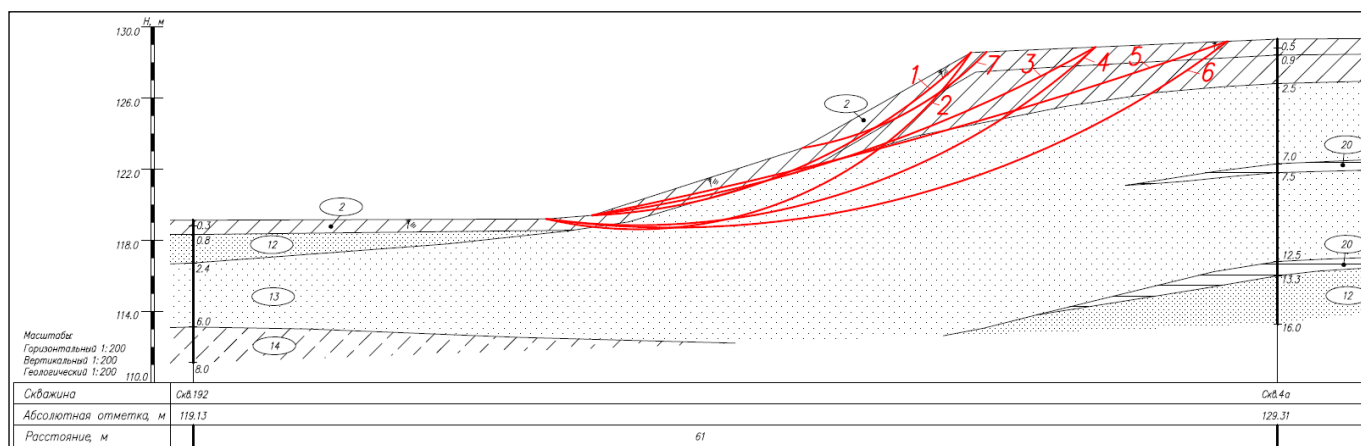


Рис. 2 – Инженерно-геологический разрез склона № 2.



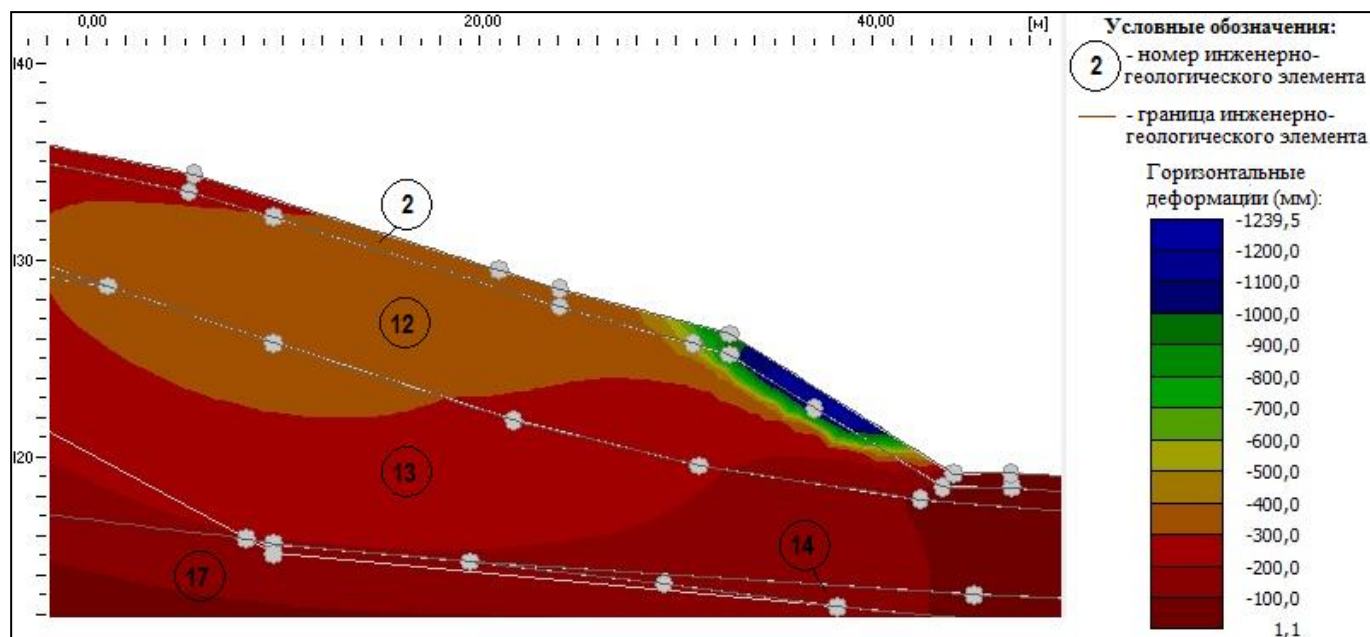


Рис. 3 – Графическая схема распределения горизонтальных деформаций массиве грунта в момент потери устойчивости (склон № 1)

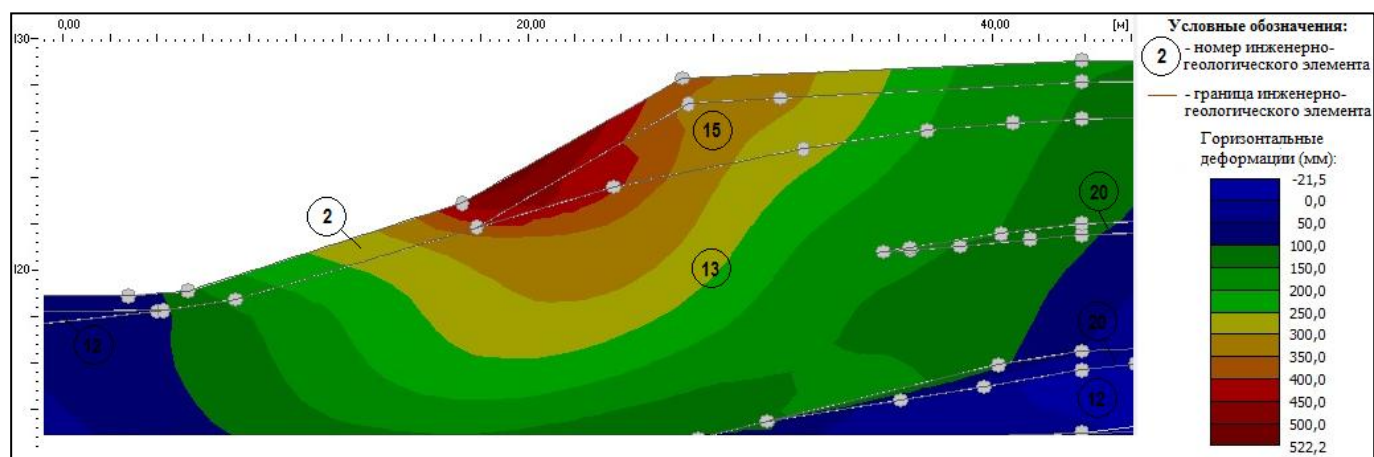


Рис. 4 – Графическая схема распределения горизонтальных деформаций массиве грунта в момент потери устойчивости (склон № 2)

Таблица 2 – Значения коэффициента устойчивости склона № 1, полученные аналитическими методами

№ п/п	Радиус поверхности скольжения, м	Протяженность оползневого тела в плане, м	Коэффициент устойчивости склона $K_y$ по методу:				
			Маслов	Бишоп	Феллениус-Петтерсон	Спенсер	Шахунянц
1	9,3	11,4	1,35	1,37	1,20	1,36	1,21
2	26,5	18,0	1,34	1,30	1,26	1,30	1,27
3	14,4	18,0	<b>1,32</b>	1,60	1,42	1,59	1,45
4	44,5	38,6	1,53	1,79	1,70	1,79	1,74
5	34,6	38,6	1,57	2,02	1,85	2,02	1,90
6	71,9	49,3	1,61	1,86	1,81	1,86	1,84
7	50,1	49,3	1,68	2,09	1,96	2,09	2,02
8	143,3	60,3	1,68	2,06	2,03	2,06	2,05
9	79,4	60,3	1,68	2,21	2,14	2,21	2,18
10	15,8	12,0	<b>1,32</b>	<b>1,14</b>	<b>1,09</b>	<b>1,13</b>	<b>1,10</b>

Таблица 3 – Значения коэффициента устойчивости склона № 2, полученные аналитическими методами

№ п/п	Радиус поверхности скольжения, м	Протяженность оползневого тела в плане, м	Коэффициент устойчивости склона $K_y$ по методу:				
			Маслов	Бишоп	Феллениус-Петтерсон	Спенсер	Шахунянц
1	32,5	21,3	2,87	1,62	1,59	1,62	1,59
2	22,7	23,9	1,78	1,73	1,63	1,73	1,65
3	79,3	28,3	2,68	1,72	1,71	1,72	1,72
4	38,0	30,9	1,97	1,71	1,66	1,71	1,68
5	262,8	35,7	3,68	2,19	2,19	2,19	2,19
6	51,8	38,3	2,11	2,11	2,05	2,11	2,10
7	18,3	10,4	2,37	1,29	1,26	1,28	1,26

Сравнение наименьших значений коэффициента устойчивости склонов, рассчитанных различными методами (Таблица 4) позволяет предположить устойчивость склонов в естественном состоянии.

Наименьшие значения получены при расчёте методом Феллениуса-Петтерсона. Данный метод применим только к круглоцилиндрическим поверхностям скольжения и удовлетворяет только уравнению равновесия моментов сил. Это самый простой метод, не отличающийся высокой точностью. Его применение в условиях неоднородного геологического разреза не вполне корректно, т.к. в этом случае не учитывается более сложная механика оползневых смещений [4].

Расчёт методом Маслова показал наибольшие значения коэффициента устойчивости. Этот метод удовлетворяет уравнению равновесия сил, при расчётах рассматриваются их горизонтальные составляющие. Он позволяет производить расчёт как по круглоцилиндрической, так и по многоугольной поверхностям скольжения. При этом значения коэффициента устойчивости, рассчитанные по методу конечных элементов, из всех методов оказались наиболее близкими к значениям, полученным при расчете вручную по методу Маслова.

Таблица 4 – Сравнение результатов расчётов, выполненных различными методами

Склон	Коэффициент устойчивости склона $K_y$ по методу:					
	Расчёт вручную	Расчёт в программной среде GEO5				
		Аналитические методы				
	Маслов	Бишоп	Феллениус-Петтерсон	Спенсер	Шахунянц	Численный метод Метод конечных элементов
№ 1	1,32	1,14	1,09	1,13	1,10	1,14
№ 2	1,78	1,29	1,26	1,28	1,26	1,46

### Выводы

Исходя из полученных значений, оба склона в естественном состоянии являются устойчивыми. Анализ результатов расчётов показывает, что значения коэффициента устойчивости, полученные расчётом вручную, оказались выше, чем значения, полученные расчётом в программе GEO5. Говорить о завышении или занижении результатов расчётов не представляется возможным, ввиду отсутствия истинных эталонных значений коэффициента устойчивости. Тем не менее, рассмотрение склонов с точки зрения строительства подразумевает принятие наименьших значений коэффициента устойчивости. Возможное занижение результатов оценки устойчивости склонов в таком случае будет работать в запас устойчивости склона.

При проведении строительных работ, возможное изменение инженерно-геологических условий в результате нарушения почвенного слоя, подрезки склона, повышения уровня грунтовых вод и других воздействий может привести к снижению их устойчивости и интенсификации оползневых процессов. Поэтому при использовании склонов в качестве основания рекомендуется выполнение дополнительных геотехнических расчётов, исходя из особенностей принимаемых конструктивных решений и приложенных нагрузок.

### Литература

1. Федоренко Е.В. Метод расчета устойчивости путем снижения прочностных характеристик // Транспорт Российской Федерации. – 2013. – №6 (49). – С. 24-26.
2. Хуан Я.Х. Устойчивость земляных откосов. Пер. с англ. В.С. Забавина. Под ред. В.Г. Мельника. – М.: Стройиздат, 1988. – 240 с.
3. Методические рекомендации по предотвращению оползней на автомобильных дорогах Таджикской ССР. Под ред. Э.М. Доброва. – М.: СОЮЗДОРНИИ, 1977. – 53 с.
4. Рекомендации по количественной оценке устойчивости оползневых склонов. Тихвинский И.О. – М.:ПНИИИС, Стройиздат, 1984. – 80 с.
5. ГОСТ 20522-2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. – М.: Стандартинформ, 2013.
6. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация. – М.: Стандартинформ, 2013.



7. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2004.

8. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*. – М.: Минрегион России, 2011.

#### References

1. Fedorenko E.V. Metod rascheta usojchivosti putem snizheniya prochnostnykh harakteristik // Transport Rossijskoj Federacii. – 2013. – №6 (49). – S. 24-26.

2. Huan Ja.H. Ustojchivost zemljanyh otkosov. Per. s. angl. V.S. Zabavina. Pod red. V.G. Melnika. – M.: Strojizdat, 1988. – 240 s.

3. Metodicheskie rekomendacii po predotvrashcheniju opolznei na avtomobilnyh dorogah Tadzhikskoj SSR. Pod red. E.M. Dobrova. – M.: SOYUZDORNII, 1977. – 53 s.

4. Rekomendacii po kolichestvennoj ocenke ustojchivosti opolznevykh sklonov. Tihvinskij I.O. – M.: PNIIS, Strojizdat, 1984. – 80 s.

5. GOST 20522-2012 Grunty. Metody statisticheskoy obrabotki rezultatov ispytaniy. – M. Standartinform, 2013.

6. GOST 25100-2011 Grunty. Klassifikacija. – M.: Standartinform, 2013.

7. СП 11-105-97 Inzhenerno-geologicheskie izyskaniya dlja stroitelstva. Chast II. Pravila proizvodstva rabot v rajonah razvitiya opasnykh geologicheskikh i inzhenerno-geologicheskikh processov. – M.: Gosstroj Rossii, GUP CPP, 2004.

8. СП 22.13330.2011 Osnovaniya zdaniy i sooruzhenij. Aktualizirovannaja redakcija SnIP 2.02.01-83\*. – M.: Minregion Rossii, 2011.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.142

Соловицкий А.Н.

ORCID: 0000-0001-7483-3484, Кандидат технических наук,

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

#### ОСОБЕННОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ КУЗБАССА

*Аннотация*

*Разработана теория геодезических построений при создании геодезического мониторинга напряженно-деформированного состояния земной коры при освоении угольных месторождений Кузбасса. Основным отличием предложенных геодезических построений является применение пространственной фигуры в качестве ячейки сети, что обеспечивает определение динамических параметров в глубине блока земной коры. Такой подход обеспечивает не только жесткость и надежность геодезической сети, но и одинаковую точность определения изменений координат мобильных пунктов. Впервые была разработана многоступенчатость таких построений в зависимости от геодинамической активности блоков земной коры, реализация которой обеспечивает гибкость и эффективность.*

**Ключевые слова:** геодезический мониторинг, геодезические построения.

Solovitskiy A.N.

ORCID: 0000-0001-7483-3484, PhD in Engineering, Kuzbass State Technical University named TF Gorbachev

#### FEATURES OF GEODETIC CONSTRUCTIONS DURING CREATION OF GEODETIC MONITORING OF THE INTENSE DEFORMED CONDITION OF CRUST OF KUZBASS

*Abstract*

*The theory of geodetic constructions during creation of geodetic monitoring of the intense deformed condition of crust at development of coal fields of Kuzbass is developed. The main difference of the offered geodetic constructions is application of a spatial figure as a network cell that provides determination of dynamic parameters in the depth of the crust block. Such approach provides not only rigidity and reliability of a geodetic network, but also identical accuracy of definition of changes of coordinates of mobile offices. For the first time multi-layered constructions was developed depend on the geodynamic activity of the earth crust blocks, which provide flexibility and efficiency.*

**Keywords:** geodetic monitoring, geodetic constructions.

Нормативными документами при проведении прикладных геодинамических исследований в районах освоения месторождений полезных ископаемых рекомендуется следующая схема геодезических построений. Мобильные пункты закладываются на двух взаимно перпендикулярных профилях с интервалом через 2 км, а стабильные – на их противоположных концах вне зоны влияния техногенной деятельности [1, 2]. Теория геодезического мониторинга напряженно-деформированного состояния земной коры (ГМНДСЗК), которую развивает автор, основывается на иной методологической базе и обеспечивает информационное взаимодействие между геодезией и смежными науками о Земле [3]. Таким образом, ГМНДСЗК имеет существенные отличия, особенности которых заключаются в следующем.

#### Пространственная структурная модель ячейки геодезических построений

Первой особенностью геодезических построений (ГП) является разработка новой модели их ячейки. При проведении ГМНДСЗК повторные наблюдения предлагается проводить на мобильных пунктах (МП) образующих не плоскую, а пространственную фигуру. Опыт применения пространственных фигур в геодезии мало освещен, особенно при проведении прикладных геодинамических исследований. МП такой модели имеют определенную схему

закрепления. Согласно рисунку 1 можно выделить их разный уровень 1 и 2, 3, 4. При этом 1 закрепляется в вершине блока земной коры (БЗК), а 2, 3, 4 – в узлах пересечения разломов [3].

Разный уровень указанных выше пунктов обеспечивается глубиной их закрепления (см рис. 1 мобильные пункты 2, 3, 4), которая должна быть соизмерима с глубиной проникновения разломов. Такая модель ячейки ГП обеспечивает для каждого БЗК:

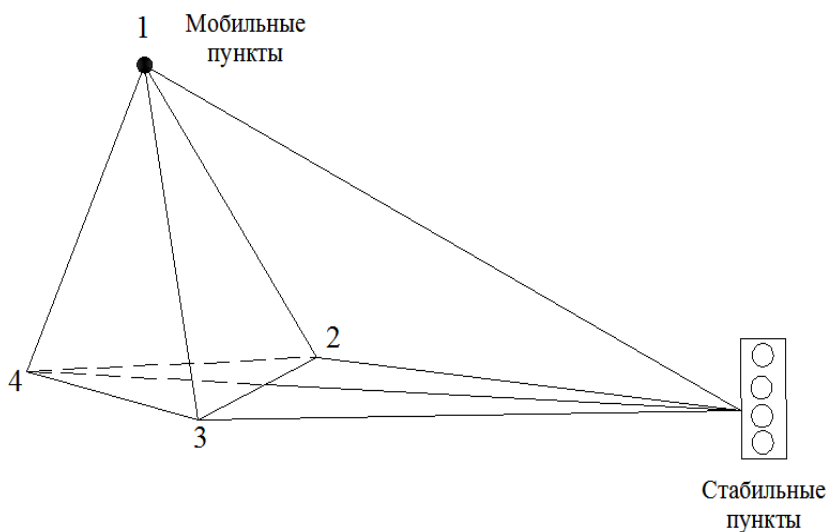


Рис. 1 – Схема элементарной ячейки геодезических построений

- переход от плоской деформации к объемной;
- отнесение параметров объемной деформации к центру тяжести;
- адекватность так, как форма её основания зависит от его конфигурации;
- соответствие геометрических требований реальным размерам, а не нормативным документам к геодезическим опорным сетям.

Для проектирования ГДП необходимо, чтобы предварительно было проведено геодинамическое районирование, то есть на исследуемой территории были выделены и идентифицированы на местности БЗК как минимум низших рангов [4, 5].

#### Связь со стабильными пунктами

Каждый МП предлагаемой ячейки построений связан со стабильными пунктами, их количество равно четырем. Указанное количество связано с разрешением неоднозначности при применении спутниковых технологий определения координат. Эти пункты закрепляются в условно-стабильном блоке земной коры (УСБЗК). Методика установления такого блока разработана автором [5]. Выделение УСБЗК основано на реализации фундаментальной гипотезы о действии и релаксации напряжений. При этом его выбор основывается на минимуме вертикальных движений относительно соседних, такая информация легко определяема при его выделении по картографическим материалам. УСБЗК предлагается выделять из нескольких (в общем случае их число  $n$ ) одного ранга на основе выполнения критерия  $[vv] = \min$ , (где  $v$  – разности наивысших отметок блоки земной коры) [5]. Выделение УСБЗК состоит из следующих операций:

- выделение наивысших отметок БЗК одного ранга на исследуемом участке;
- нахождение разности отметок между БЗК  $v$ ;
- вычисление суммы квадратов разностей отметок каждого БЗК с остальными  $[vv]$ ;
- выбор УСБЗК на основе выполнения критерия  $[vv] = \min$ .

Выделение УСБЗК по предложенной автором методике выполнено на локальном уровне для БЗК V-го ранга в районе г. Белово (табл. 1), которые соответствует по площади территории освоения отдельного месторождения [5].

Таблица 1 – Выделение УСБЗК на локальном уровне (V-го ранга)

Блок земной коры	Разности превышений $v$ , в м			$[vv]$
230	0	57,3	45,2	5326,3
287,3	- 57,3	0	-12,1	3429,6
275,2	- 45,2	12,1	0	2189,5

Согласно выполненным исследованиям УСБЗК на локальном уровне в районе (табл. 1) г. Белово является 275,2. Эти БЗК V-го ранга являются структурными элементами БЗК III-го ранга –315.

Апробация предложенной методики для БЗК разных рангов свидетельствует о возможности оперативного определения УСБЗК в камеральных условиях при использовании общедоступной картографической информации [5].

Идентификация (установление границ на местности) БЗК, заключающаяся в определении их положения на территории месторождения, предлагается проводить двумя методами [5]:

- визуально;
- инструментально.

Как показано в работе [4], визуальный метод основан на опознавании границ БЗК на исследуемой территории по их качественным признакам.

Таковыми границ признаками в горных выработках являются зоны аномалий: трещиноватости, смятости, несогласий залегания пород. В случае их отсутствия применяют инструментальные методы. Однако, применение инструментальных методов в вышеуказанной работе [4] не раскрыто. В связи с этим автором была разработана идентификация блоков земной коры на основе применения инструментальных методов, выбор которых зависит наличия приборной и информационной базы.

Геодезическим методом положение разлома на исследуемой территории выявляется на основе использования разбивочных элементов, которые определяются относительно ближайших пунктов геодезической основы [5].

Применение гравиметрического метода заключается в следующем.

Перпендикулярно к оси разлома разбивается профиль с шагом  $S$ , равным 5–15 м. Выбор шага зависит от ранга разлома.

В каждой точке профиля (пикете) проводятся гравиметрические наблюдения. По их результатам рассчитывают градиенты приращений силы тяжести.

$$\Delta g_s = \Delta g_i / S, \quad (1)$$

где  $\Delta g_i$  – приращение ускорения свободного падения (силы тяжести) между соседними точками профиля.

Зона разлома характеризуется аномальными градиентами приращений силы тяжести, которые оценивают по выполнению условия

$$\Delta g_s \geq 3 m_i, \quad (2)$$

где  $m_i$  – погрешность определения  $\Delta g_s$ .

Положительные результаты апробации данных методов получены различными авторами на месторождениях Урала и Западной Сибири [5].

В целом, предложенный подход обеспечивает одинаковую точность определения изменений координат, а также жесткость сети. Это достигается наличием большого количества связей между пунктами. Кроме этого наличие значительного количества избыточных измерений характеризует надежность определения изменений координат.

#### **Гибкость геодезических построений**

Оперативность получения информации определяется современными возможностями геодезической техники, а своевременность связана со временем проявления геодинамической активности.

#### **Зависимость многоступенчатости геодезических построений от геодинамической активности блоков земной коры**

Условием многоступенчатости геодезических построений ГДП является геодинамическая активность не только для блоков земной коры одного ранга  $R$ , но и последующего  $R+1$ , которое имеет следующий вид [3]:

$$\left. \begin{aligned} Ve_{ii} [t-t_0] (R) &\geq 3Ve_n [t-t_0] \\ Ve_{ii} [t-t_0] (R+1) &\geq 3Ve_n [t-t_0] \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где  $Ve_{ii} [t-t_0] (R)$  и  $Ve [t-t] (R+1)$  – скорости деформации блоков земной коры разных рангов;  $Ve_n [t-t_0]$  – скорость деформации земной коры, не приводящая к проявлению геодинамических явлений, равная  $1 \cdot 10^{-6}$  в год.

Обычно многоступенчатость геодезических сетей зависит от площади объекта, что характеризует принципиальное отличие. Поэтому предлагается образовать сначала для блоков земной коры V-го ранга, а затем детально – для VI-го ранга по мере освоения месторождения. При этом геодезические построения предлагается определять иерархической блочной структурой земной коры месторождения и их по принципу:

- низший уровень для блоков земной коры VI-го ранга, соответствующих технологическим;
- высший уровень для блоков земной коры V-го, IV ранга или более высокого ранга [3].

#### **Выводы**

Изложенное выше свидетельствует о следующем.

1. Предложенная типовая схема построения ГДП является унифицированной, гибкой для реализации, а также поэтапной, и рекомендуется для проведения комбинированных наблюдений.
2. Жесткость типовой схемы ГП ГДП обеспечивает значительное количество избыточных измерений, что характеризует надежность определения как изменений координат, так и динамических параметров блоков земной коры.
4. Поэтапность построения такой сети свидетельствует об экономической эффективности предлагаемой схемы построения, способствует обеспечению минимальных затрат.
5. Обеспечение одинаковой точности МП каждого блока земной коры решено на основе предложенной их типовой схемы связи со стабильными.

#### **Литература**

1. Геодезические методы изучения деформаций земной коры на геодинамических полигонах [Текст]: метод. руководство. – М. : ЦНИИГАиК, 1985. – 113 с.

2. Серебрякова, Л. И. О методическом руководстве по геодинамическим исследованиям в системе Росреестра [Текст] // Геодезия и картография. – 2013. – № 10. – С. 45–50.
3. Карпик, А. П. Технология изучения изменений во времени деформаций блоков земной коры при освоении месторождений Кузбасса [Текст] / А. П. Карпик, А. И. Каленицкий, А. Н. Соловицкий // Вестник ССГА. – 2013. – № 4(24). – С. 3–11.
4. Батугина, И. М. Геодинамическое районирование месторождений при проектировании и эксплуатации рудников [Текст] / И. М. Батугина, И. М. Петухов. – М.: Недра, 1988. – 166 с.
5. Соловицкий, А. Н. Интегральный метод контроля напряженного состояния блочного массива горных пород [Текст]: под ред. П.В. Егорова: монография. – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2003. – 260 с.

#### References

1. Geodezicheskie metody izucheniya deformacij zemnoj kory na geodinamicheskim poligonah. – М.: CNIGAiK, 1985. – 113 s.
2. Serebrjakova, L. I. O metodicheskom rukovodstve po geodinamicheskim issledovanijam v sisteme Rosreestra /// Geodesy and Cartography. – 2013. – No. 10. – P. 45–50.
3. Karpik, A. P., Kalenitskiy, A. I., Solovitskiy, A. N., 2013. The technology of studying the changes of the deformations of the earth crust blocks in time during the development of deposits of Kuzbass. Vestnik of SSGA. #4.
4. Batugina, I. M., Petuhov, I. M. Geodinamicheskoe rajonirovanie mestorozhdenij pri proektirovanii i jekpluatacii rudnikov. – М.: Nedra, 1988. – 166 s.
5. Solovitskiy, A. N. Integral Method for monitoring the state of stress of a block of rock mass. – Kemerovo, State University KuzSTU, 2003. – 260 p.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.143

Соловицкий А.Н.

ORCID: 0000-0001-7483-3484, Кандидат технических наук,

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

#### О РЕГИСТРАЦИИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПРИ ОСВОЕНИИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА

#### Аннотация

Разработана теория регистрации геодезического мониторинга напряженно-деформированного состояния земной коры в районах освоения угольных месторождений, основным отличием которой является учет медленных скоростей деформаций земной коры, не приводящих к проявлению геодинамических явлений. В традиционных технологиях регистрация проводится с учетом либо амплитуд движений поверхности земной коры, либо инструментальной точности. Кроме этого установлена закономерность регистрации кинематики блоков земной коры для определения напряженно-деформированного его состояния. На основе учета параметров блочной структуры земной коры установлен перечень параметров, как регистрируемых, так и получаемых на выходе геодезического мониторинга напряженно-деформированного состояния земной коры. Показано, что регистрируемая информация отвечает всем современным требованиям, предъявляемым к ней.

**Ключевые слова:** Регистрация, геодезический мониторинг, деформация.

Solovitskiy A.N.

ORCID: 0000-0001-7483-3484, PhD in Engineering,

Kuzbass State Technical University named TF Gorbachev

#### ABOUT REGISTRATION OF INFORMATION DURING THE REALIZATION OF GEODESIC MONITORING OF THE TENSELY DEFORMED STATE OF THE EARTH CRUST DURING THE DEVELOPMENT OF COAL DEPOSITS IN KUZBASS

#### Abstract

The theory of registration of the geodesic monitoring of the tensely deformed state of the earth crust is worked out in the areas of development of coal deposits, the main difference of which is an account of slow speeds of crustal deformations, which do not lead to the manifestation of geodynamic phenomena. In traditional technologies, the registration is based on either movement amplitudes of the surface of the earth crust or instrumental accuracy. Besides, a pattern of registration of the kinematics of crustal blocks is determined to identify the tensely deformed state. Based on the parameters of the block structure of the earth crust there is a list of parameters as recorded and produced by the geodesic monitoring of the stress-strain state of the earth crust. It is shown that the recorded information meets all modern requirements for it.

**Keyword:** Registration, geodesic monitoring, deformation.

Регистрируемая информация при проведении геодезического мониторинга напряженно-деформированного состояния земной коры (ГМНДСЗК) на территории шахт и разрезов Кузбасса должна отвечать следующим современным требованиям, а именно быть [1]:

- полной;
- достоверной и существенной;
- своевременной и оперативной;
- удобной для использования.

Полнота регистрируемой информации при проведении ГМНДСЗК обеспечена учетом признаков блочной структуры земной коры (БСЗК) и действия в ней напряжений.

### Признаки БСЗК

БСЗК характеризуется следующими признаками [2]:

- условиями формирования;
- структурно-морфологическими;
- кинематическими;
- динамическими;
- историческими.

Мерой определения условий формирования является энергия, а структурно-морфологических признаков – размеры, форма, ориентирование в пространстве, характер ограничивающих поверхностей. Вертикальные и горизонтальные движения характеризуют кинематические признаки блоков земной коры, а сила и напряжения – динамические. Характеристикой исторических признаков является время. Геодезическими методами регистрируются вертикальные и горизонтальные движения земной коры. Напряжения земной коры для непосредственного измерения недоступны. Их определение возможно следующим путем. За период  $t-t_0$  в результате проявления геодинамических процессов, составляющие напряжения по осям стали равными  $\sigma_z[t]$ ,  $\sigma_x[t]$  и  $\sigma_y[t]$ . Отсюда, изменения во времени составляющих напряжения по осям равны [2]

$$\left. \begin{aligned} \Delta\sigma_x[t-t_0] &= \Delta\sigma_x^{\bar{a}\bar{d}}[t-t_0] + \Delta\sigma_x^{\bar{a}\bar{a}\bar{a}\bar{a}}[t-t_0] \\ \Delta\sigma_y[t-t_0] &= \Delta\sigma_y^{\bar{a}\bar{d}}[t-t_0] + \Delta\sigma_y^{\bar{a}\bar{a}\bar{a}\bar{a}}[t-t_0] \\ \Delta\sigma_z[t-t_0] &= \Delta\sigma_z^{\bar{a}\bar{d}}[t-t_0] + \Delta\sigma_z^{\bar{a}\bar{a}\bar{a}\bar{a}}[t-t_0] \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где  $\Delta\sigma_x^{\bar{a}\bar{d}}[t-t_0]$ ,  $\Delta\sigma_y^{\bar{a}\bar{d}}[t-t_0]$ ,  $\Delta\sigma_z^{\bar{a}\bar{d}}[t-t_0]$  – изменения гравитационной составляющей напряжений за период  $t-t_0$ ;  $\Delta\sigma_x^{\bar{a}\bar{a}\bar{a}\bar{a}}[t-t_0]$ ,  $\Delta\sigma_y^{\bar{a}\bar{a}\bar{a}\bar{a}}[t-t_0]$ ,  $\Delta\sigma_z^{\bar{a}\bar{a}\bar{a}\bar{a}}[t-t_0]$  – изменения напряжений, обусловленные проявлением геодинамических процессов за период  $t-t_0$ .

Вместе с тем изменения напряжений, обусловленные проявлением геодинамических процессов за период  $t-t_0$ , приведет к соответствующим изменениям деформаций блока земной коры  $\Delta\epsilon_x$ ,  $\Delta\epsilon_y$ ,  $\Delta\epsilon_z$ . Тогда

$$\left. \begin{aligned} \Delta\sigma_x^{\bar{a}\bar{a}\bar{a}\bar{a}}[t-t_0] &= E \Delta\epsilon_x \\ \Delta\sigma_y^{\bar{a}\bar{a}\bar{a}\bar{a}}[t-t_0] &= E \Delta\epsilon_y \\ \Delta\sigma_z^{\bar{a}\bar{a}\bar{a}\bar{a}}[t-t_0] &= E \Delta\epsilon_z \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где  $E$  – модуль Юнга.

Указанная модель показывает, что для изучения деформаций блоков земной коры в районе освоения месторождения требуется регистрация их кинематики, по которой будут получены необходимые её компоненты согласно (2).

### Достоверность и существенность

Установлено, что на геодинамических полигонах (ГДП) необходимо проведение геодезических повторных наблюдений. Поскольку такие наблюдения носят относительный характер, то рекомендуется начальный цикл наблюдений проводить до начала освоения месторождения. Проведение повторных наблюдений рекомендуется выполнять определенным комплексом современной геодезической аппаратуры при условии её взаимной обусловленности и обеспечения учета в результатах наблюдений принадлежности к одной системе координат и эпохе. При этом следует отметить, что для обеспечения достоверности и существенности информации предлагается учитывать размеры, форму, ориентирование в пространстве, характер ограничивающих поверхностей блоков земной на основе использования предложенной автором структурной пространственной модели ячейки геодезических построений.

Для обеспечения достоверности предложен критерий точности регистрации кинематики блоков земной коры. Согласно результатам исследований, проведенных учеными Института физики Земли, которые установили зависимость, что медленные скорости  $V_E$  деформаций земной коры (МСДЗК) менее  $1 \cdot 10^{-6}$  в год не могут приводить к образованию геодинамических явлений (ГДЯ) [3].

Связь МСДЗК и средних квадратических погрешностей (СКП) их определения получена автором [2]:

$$D[t-t_0]/mD[t-t_0] \geq 3, \quad (3)$$

где  $mD[t-t_0] = (m^2 D[t] + m^2 D[t_0])^{0.5}$ ;  $mD[t]$ ,  $mD[t_0]$  – СКП определения компонентов изменения во времени деформации  $\Delta D[t-t_0]$  в эпохи  $t$  и  $t_0$ , не приводящие к проявлению ГДЯ.

### Своевременность и оперативность

Своевременность регистрируемой информации определяется частотой опроса  $T$  проведения повторных наблюдений, которая получена автором с учетом (3)

$$T \geq mD[t-t_0]/3 V_{e_n}[t-t_0], \quad (4)$$

$V_{e_n}[t-t_0]$  – скорость деформации земной коры, не приводящие к проявлению ГДЯ, равная  $1 \cdot 10^{-6}$  в год.

Оперативность информации определяется высокими современными возможностями определения координат пунктов, так при использовании спутниковых технологий это время составляет несколько часов против одного месяца угловых наблюдений по программе 1-го класса.

### Удобный вид для дальнейшего использования

Для удобства пользования при планировании работ на ГДП автором предложено перейти к метрической форме и использовать СКП координат мобильных пунктов. Для этого им выполнены исследования на персональном компьютере, результаты которых приведены на рисунке 1.

Приведенная на рисунке 1 зависимость свидетельствует о том, что скорости движения и соответственно СКП определения координат мобильных пунктов уменьшаются с увеличением ранга блока земной коры. Такой подход не применяется в традиционных технологиях.

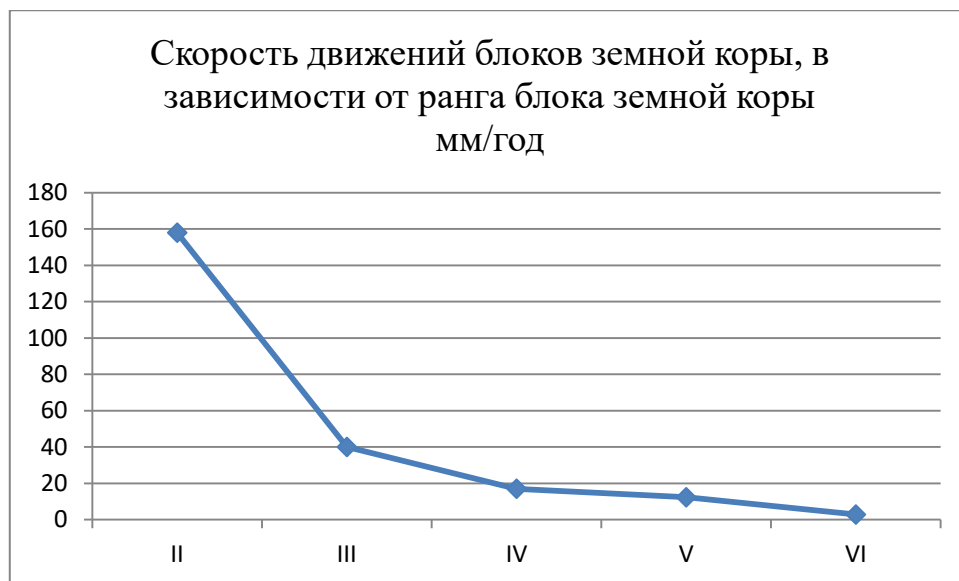


Рис. 1 – Зависимость скоростей движений блоков земной коры разных рангов (II, III, IV, V, VI) от скорости деформации земной коры, не приводящей к проявлению ГДЯ

Кроме этого удобство использования регистрируемой информации заключается в отсутствии помех, главными из которых будут обусловлены, по мнению автора, влиянием техногенных изменений силы тяжести. Для их учета им разработана методика, алгоритмы и комплекс программ [2]. Для исключения этого влияния наряду с повторными геодезическими наблюдениями предлагается проводить дополнительно гравиметрические.

Если на шахте подработан пласт мощностью  $m$  за период времени  $t-t_0$ , то в точке  $P$  (на поверхности Земли или около выработанного пространства) произойдет соответствующее изменение силы тяжести (ИСТ) во времени  $\Delta g_z[t-t_0]$ . Это ИСТ во времени  $\Delta g_z[t-t_0]$  может быть зарегистрировано при проведении повторных гравиметрических наблюдений в эпохи  $t$  и  $t_0$ . Следует отметить, что ИСТ, а также других характеристик гравитационного поля во времени могут быть рассчитаны с помощью ПК по известному начальному положению, плотности и перемещению масс при геотехнологии освоения недр на основе решения прямой задачи теории потенциала [2].

Такие ИСТ во времени принято называть техногенными. В таблице 1 приведены результаты моделирования техногенных изменений силы тяжести (ТИСТ), обусловленных различными этапами отработки лавы (50%, 75% и 100%) на глубине 100 м площадью 75000 м<sup>2</sup>, мощностью пласта 4 м, плотностью угля 1,4 г/см<sup>3</sup>, выполненные автором.

Таблица 1 – Результаты моделирования ТИСТ, обусловленные различными этапами отработки лавы

ТИСТ	Величины ТИСТ		
	При отработке лавы на 50 % (99 суток)	При отработке лавы на 75 % (149 суток)	При отработке лавы на 100 % (198 суток)
$\Delta g_z[t-t_0]$ ( $1 \cdot 10^{-8}$ м с <sup>-2</sup> )	-39,0	-72,0	-77,3

При подземных работах отработку пластов в большинстве случаев осуществляют с обрушением пород кровли. Этот процесс характеризуется сначала медленным её прогибом, а затем этот процесс развивается и вовлекаются всё большие участки подработанной толщи пород и растет прогиб слоев. Потом происходит отрыв нижележащих слоев от вышележащих и их разрушение [2].

Разработанный автором алгоритм и программы для ПК [2] позволяют моделировать связь процесса обрушения непосредственной кровли с ТИСТ. Для этого создается цифровая модель перераспределения плотности масс. В таблице 2 приведены результаты моделирования ТИСТ, обусловленных обрушением непосредственной кровли пласта (при отработке 50 %, 75 % и 100 % данной лавы) высотой 10 м. В подработанной толще выше зоны обрушения выделяют ещё две: прогиба с нарушением сплошности слоев в виде трещин и плавного прогиба без нарушения сплошности слоев.

Таблица 2 – ТИСТ, обусловленные обрушением кровли пласта

ТИСТ	Величины ТИСТ		
	При отработке лавы на 50 % (99 суток)	При отработке лавы на 75 % (149 суток)	При отработке лавы на 100 % (198 суток)
$\Delta g_z[t-t_0]$ ( $1 \cdot 10^{-8} \text{ м с}^{-2}$ )	–48,3	–89,8	–91,5

В таблице 3 приведены результаты моделирования ТИСТ, обусловленных образованием зоны трещин, высота которой равна 30 м. Изменения плотности последовательно равны 5 %, 10 % и 15 %.

Таблица 3 – ТИСТ, обусловленные образованием зоны трещин

ТИСТ	Величины ТИСТ		
$\Delta g_z[t-t_0]$ ( $1 \cdot 10^{-8} \text{ м с}^{-2}$ )	–59,9	–121,0	–183,0

Результаты, приведенные в таблицах 1 – 3, показывают значимость ТИСТ при современной точности гравиметрических наблюдений, равной  $20 \cdot 10^{-8} \text{ м с}^{-2}$ .

#### Выводы

Основным отличием развития теории регистрации информации при проведении ГМНДСЗК в Кузбассе является новый подход, основанный на МСДЗК их зависимости с проявлениями ГДЯ, а не амплитудами движений поверхности земной коры или достигнутой инструментальной точности.

#### Литература

1. Соловицкий, А.Н. О применении результатов геодезического мониторинга напряженно-деформированного состояния земной коры при освоении угольных месторождений Кузбасса [Текст] // International Research Journal. – 2016. – № 5(47). – Часть 6. – С. 97–98.
2. Соловицкий, А. Н. Интегральный метод контроля напряженного состояния блочного массива горных пород. – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2003. – 260 с.
3. Магницкий, В. А. Слой низких скоростей верхней мантии Земли [Текст]. – М.: Недра, 1968. – 29 с.
4. Карпик, А. П. Технология изучения изменений во времени деформаций блоков земной коры при освоении месторождений Кузбасса [Текст] / А. П. Карпик, А. И. Каленицкий, А. Н. Соловицкий // Вестник ССГА.–2013. – № 4(24). – С. 3–11.

#### References

1. Solovitskiy, A. N., 2016. The application of results of geodetic monitoring crustal deformation in case of development of coal deposits // International Research Journal. # 5(47).
2. Solovitskiy, A. N. Integral Method for monitoring the state of stress of a block of rock mass. – Kemerovo, State University KuzSTU, 2003. – 260 p.
3. Magnickij, V/A/ Sloj nizkih sorostej verhnjej mantii Zemli. – M.: Nedra, 1968. – 29 z.
4. Karpik, A. P., Kalenitskiy, A. I., Solovitskiy, A. N., 2013. The technology of studying the changes of the deformations of the earth crust blocks in time during the development of deposits of Kuzbass. Vestnik of SSGA. #4.

DOI: 10.18454/IJR.2016.48.054

Тарбаев В.А.<sup>1</sup>, Долгирев А.В.<sup>2</sup>, Забелин С.А.<sup>3</sup>, Кондракова С.А.<sup>4</sup><sup>1</sup> Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; <sup>2</sup>ORCID: 0000-0001-7835-1503, аспирант; <sup>3</sup>аспирант; <sup>4</sup>магистр, Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова**КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ****Аннотация**

Статья посвящена мониторинговым исследованиям на территории Аткарского муниципального района Саратовской области с применением геоинформационных технологий. В рамках работы рассмотрены основные деградационные процессы на данной местности и их влияние на агроландшафт, даны рекомендации для землепользователей по рациональному использованию земель на основе комплексного мониторинга земель. Предложен комплекс мер, позволяющих эффективно влиять на восстановление почв, а также на повышение устойчивости агроландшафтов и улучшение систем противоэрозионной защиты.

**Ключевые слова:** мониторинг, агроландшафт, геоинформационные системы.

Tarbaev V.A.<sup>1</sup>, Dolgirev A.V.<sup>2</sup>, Zabelin S.A.<sup>3</sup>, Kondrakova S.A.<sup>4</sup><sup>1</sup>PhD in Agriculture, Associate professor; <sup>2</sup>ORCID: 0000-0001-7835-1503, Postgraduate student;<sup>3</sup>Postgraduate student; <sup>4</sup>Master,

Saratov State Agrarian University named after NI Vavilov

**INTEGRATED MONITORING OF LAND OF GIS-TECHNOLOGIES****Abstract**

The article is devoted to monitoring studies in the territory Atkarsk municipal district of the Saratov region with the use of geoinformation technologies. As part of the basic degradation processes in this area and their impact on agrolandscape, recommendations for land users on the rational use of land in an integrated land monitoring. A range of measures to effectively influence the restoration of soil, as well as at improving the sustainability of agricultural landscapes and improving anti-erosion protection systems.

**Keywords:** monitoring, agrolandscape, geographic information systems.

Современный уровень развития дистанционных методов изучения Земли, а также программных комплексов цифровой обработки полученных данных, выдвигает на первый план проблему создания технологий эффективного использования получаемой пространственной информации при решении широкого спектра прикладных задач.

В настоящее время основным способом повышения качества и эффективности землеустройства стала его автоматизация на основе компьютерных технологий. Современные технологии и соответствующее программное и аппаратное обеспечение позволяют обрабатывать большие объёмы информации, повысить её точность, наглядность и достоверность, получать наиболее эффективные проектные решения, изготавливать качественную землеустроительную документацию. Среди компьютерных технологий в землеустройстве центральное место занимают геоинформационные системы [1].

Целью исследования стали анализ и оценка состояния территории Елизаветинского муниципального образования Аткарского района Саратовской области и выработка мер по рациональному использованию земель на основе устойчивого адаптивно-ландшафтного землеустройства.

В процессе исследования выполняются следующие задачи:

- проведение анализа и оценки состояния земель;
- проведение микрозонирования изучаемой территории;
- разработка комплекса мер, позволяющих эффективно влиять на сохранение, восстановление почв и повышение устойчивости агроландшафтов и эффективности землеустройства на основе мониторинговых данных.

Используя беспилотный летательный аппарат, имеющийся на кафедре «Землеустройство и кадастры» Саратовского ГАУ, путем получения, обработки аэрофотоснимков и построения 3D модели и картограммы высот были установлены 6 категорий эрозионной опасности земель исследуемой территории (рисунок 1).



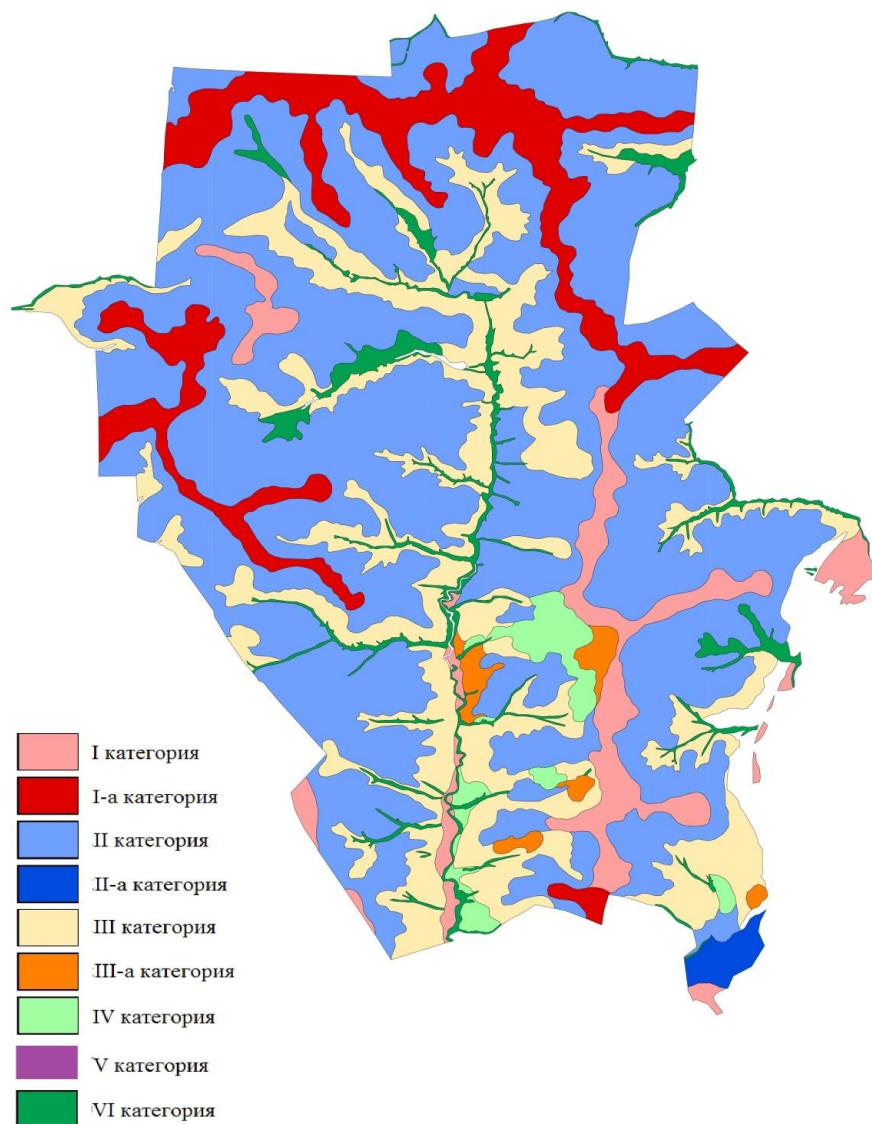


Рис. 1 – Картограмма эрозионной опасности земель

Так, наибольшую площадь занимают земли 2 категории. В данную категорию вошли земли, подверженные слабой водной эрозии. Это черноземы обыкновенные среднегумусные, среднеческие слабосмытые глинистые (3160 га), черноземы обыкновенные малогумусные, маломощные слабосмытые глинистые (7059 га). Занимают они пологие и слабопологие слабоволнистые и волнистые верхние, средние и иногда низкие части склонов. Для прекращения эрозии необходимо применять простейшие противоэрозионные мероприятия, оптимальные сроки обработки почвы, обработку почвы и посев поперек склона, периодическую глубокую вспашку, применение временного водозадерживающего микрорельефа, прерывистое бороздование пропашных, посев кулис на парах, внесение органоминеральных удобрений, регулирование снеготаяния.

Около 10 % территории занимают земли 4, 5 и 6 категории, которые непригодны под пашню. Для прекращения эрозии на данной территории рекомендуется строго нормировать выпас, заравнивание промоин, устройство простейших гидротехнических сооружений, высадку приовражных лесных полос, облесение [2].

По результатам картограммы эрозионной опасности земель было проведено микрозонирование исследуемой территории по категориям эрозионной опасности. На рисунке 2 представлено состояние, интенсивность и степень эродированных процессов на территории Елизаветинского муниципального образования Аткарского района Саратовской области.

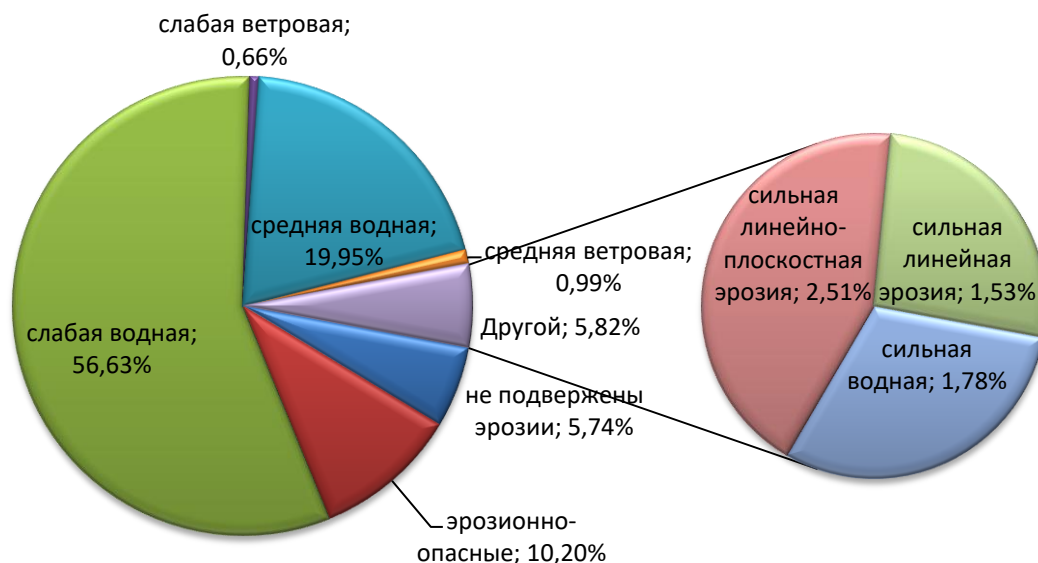


Рис. 2 – Распределение земель по степени эрозионной опасности

Таким образом, больше половины земель подвержены слабой водной эрозии.

Также в рамках данного исследования были проанализированы туры обследования основных показателей плодородия почв в соответствии со следующей периодизацией: 1991 – 1998 – 2003 – 2014 г. В процессе исследования выявляются тенденции изменения основных показателей плодородия почв. Так на исследуемой территории Аткарского района были проанализированы показатели гумуса, содержания азота, фосфора, калия и реакции почвенной среды.

Содержание гумуса является одним из основных показателей состояния почв. Анализ данных показывает, что почвы по всем годам обследования относятся к группировке с повышенным содержанием гумуса. Таким образом, гумусное состояние обследованных почв характеризуется средним и повышенным содержанием, и средний показатель составил 6%.

Азот для растений является одним из основных питательных элементов. Содержание азота в почвах с 1991 по 2014 год стремительно снижалось (рисунок 3). Так, за это время увеличилась доля почв с низкой обеспеченностью, а со средней уменьшилась. Таким образом, обеспеченность азотом в целом снизилась более чем в 2 раза, что является катастрофическим. В этой ситуации необходимо увеличивать дозы азотных удобрений и проводить агрохимические обследования для контроля за обеспеченностью почв этим питательным элементом.

### Содержание азота

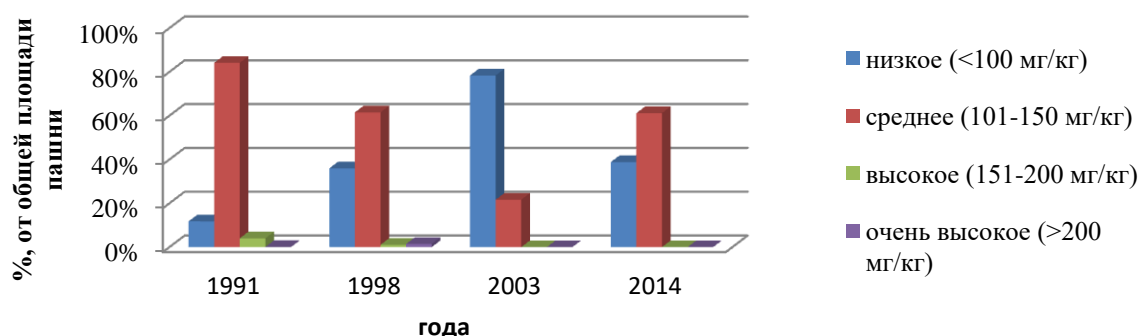


Рис. 3 – Динамика содержания азота в пашне (1991-2014 гг.)

Обеспеченность подвижным фосфором по годам в целом оставалась стабильной.

Содержание обменного калия (рисунок 4) в общем также оставалось стабильным. На исследуемой территории практически отсутствуют почвы с очень низким и низким содержанием этого элемента.

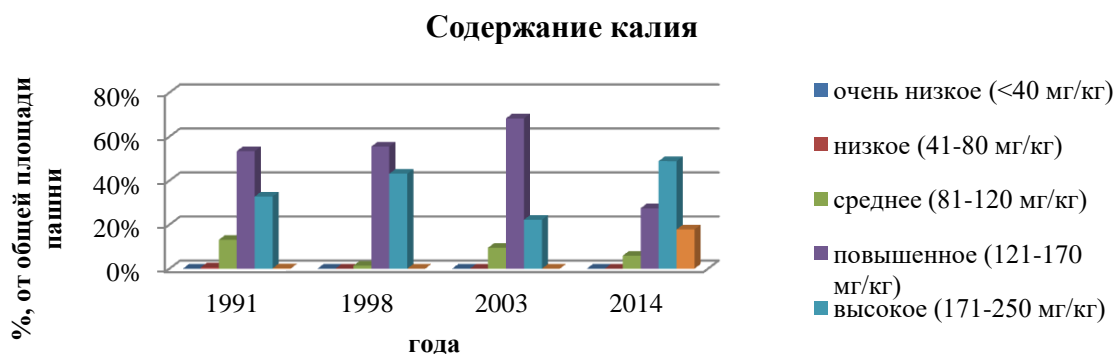


Рис. 4 – Динамика содержания калия в пашне (1991-2014 гг.).

Реакцию почвенной среды (рН) в среднем можно оценить как нейтральную и близкой к нейтральной (рисунок 5).

Анализ динамики изменения реакции почвенного раствора показывает, что в период исследования снижается доля слабокислых почв и, напротив, возрастает доля нейтральных и близких к нейтральным почв. Среднекислые почвы перешли в категорию слабокислых. Также незначительно возросла доля слабощелочных почв. Но в целом наблюдается положительная динамика, поскольку постоянно возрастает доля почв с нейтральной и близкой к нейтральной реакцией почвенной среды.



Рис. 5 – Динамика реакции почвенной среды

Также был проведен анализ содержания тяжелых металлов на пахотных землях, который показал, что все исследуемые элементы находятся в пределах допустимого значения (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в пашне, мг/кг почвы

Элементы	Значение, мг/кг почвы			ПДК
	минимальное	максимальное	среднее	
Pb	10,6	14,5	12,27	130
Cd	0,32	0,47	0,4	2
Zn	30	52	48,7	220
Ni	27	33	29,6	80
Mn	277	422	334,3	1500
Cu	14	18,8	16,2	132
Hg	0,01	0,04	0,025	2,1
As	1,6	2	1,9	10

Содержания тяжелых металлов в пахотных землях муниципального образования не превышают предельно допустимые концентрации. Таким образом, территория пашни относится к категории незагрязненных.

Практическая реализация полученных материалов заключается во внедрении их в геоинформационную систему агропромышленного комплекса Саратовской области, разработанную совместно со специалистами кафедры «Землеустройство и кадастры» Саратовского государственного аграрного университета и которая частично функционирует на территории области (9 районов) и охватывает исследуемый район. Это позволит видеть изменения состояния почвы каждого поля и в случае необходимости оперативно реагировать на негативные тенденции путем привлечения к ответственности землепользователей и землевладельцев, а также с помощью мер экономического воздействия стимулировать сельхозтоваропроизводителей к рациональному использованию земель.

Применение Геоаналитической системы «АгроУправление» также позволит решить некоторые вопросы и по столь актуальной проблеме, обозначенной Президентом РФ, как изъятие неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения.

При постоянной актуализации данных, ГИС АПК можно использовать специалистами государственного земельного надзора с целью выявления негативных изменений состояния земель и привлечения к административной и иной ответственности землевладельцев и землепользователей.

Геоаналитическая система «Агроуправление» уже сейчас может выявить не востребуемые и незаконно обрабатываемые земли, а интеграция многолетних мониторинговых исследований позволит следить за качественным состоянием земель, и при выявлении негативных аспектов в использовании земель сельскохозяйственного назначения. Данный комплекс мер позволит улучшить общую культуру землеустройства и увеличить поступление налогов в местный бюджет [3, 4].

В целом на протяжении последних 25 лет на исследуемой территории наблюдалось ухудшение показателей почвенного плодородия. Данный факт является следствием многолетнего нерационального использования земель, неэффективного землеустройства, незавершенности систем противоэрозионной защиты, неадаптивности систем мелиорации к особенностям рельефа, довольно медленного внедрения почвозащитных технологий.

Таким образом, синтез мониторинговых исследований и современных геоинформационных технологий позволит вывести на новый уровень управление агробиологическим и технологическим потенциалом отрасли растениеводства региона, будет способствовать увеличению объемов выращивания сельскохозяйственной продукции, улучшению производственно-экономической деятельности хозяйств, а также усилить административный контроль и управление земельными ресурсами района.

#### Литература

1. Долгирев, А.В. Проблемы и перспективы землеустройства в современных условиях [Текст]/ А.В. Долгирев, Ю.С. Костюкова // Проблемы агропромышленного комплекса стран Евразийского экономического союза: материалы I Международной научно-практической конференции. – Саратов: ООО "Центр социальных агроинноваций СГАУ", 2015. – С. 274-276.
2. Долгирев, А.В. Разработка земельной информационной системы для оценки эффективности землепользования и создания устойчивых агроландшафтов [Текст]/ А.В. Долгирев, С.А. Забелин, С.А. Кондракова // Международный научно-исследовательский журнал №4-6 (46). – Екатеринбург: Соколова Марина Владимировна, 2016. – С. 79-85.
3. Мурашева, А.А. Анализ показателей мониторинга сельскохозяйственных земель [Текст]/ А.А. Мурашева, В.А. Тарбаев, М.П. Галкин // Аграрный научный журнал №8, 2014. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2014. – С. 27-31.
4. Тарбаев, В.А. Использование беспилотных систем для уточнения площади полей землепользователей [Текст] / В.А. Тарбаев, А.В. Долгирев, К.Д. Минаева//Вавиловские чтения – 2015.–Саратов: ООО «Амирит», 2015.–С. 261-262.

#### References

1. Dolgirev, A.V. Problemy i perspektivy zemleustrojstva v sovremennyh uslovijah [Tekst]/ A.V. Dolgirev, Ju.S. Kostjukova // Problemy agropromyshlennogo kompleksa stran Evrazijskogo jekonomicheskogo sojuza: materialy I Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Saratov: ООО "Centr social'nyh agroinnovacij SGAU", 2015. – S. 274-276.
2. Dolgirev, A.V. Razrabotka zemel'noj informacionnoj sistemy dlja ocenki jeffektivnosti zemlepol'zovanija i sozdaniya ustojchivyh agrolandshaftov [Tekst]/ A.V. Dolgirev, S.A. Zabelin, S.A. Kondrakova // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal №4-6 (46). – Ekaterinburg: Sokolova Marina Vladimirovna, 2016. – S. 79-85.
3. Murasheva, A.A. Analiz pokazatelej monitoringa sel'skhozozajstvennyh zemel' [Tekst]/ A.A. Murasheva, V.A. Tarbaev, M.P. Galkin // Agrarnyj nauchnyj zhurnal №8, 2014. – Saratov: Saratovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. N.I. Vavilova, 2014. – S. 27-31.
4. Tarbaev, V.A. Ispol'zovanie bespilotnyh sistem dlja utocnenija ploshhadi polej zemlepol'zovatelej [Tekst] / V.A. Tarbaev, A.V. Dolgirev, K.D. Minaeva//Vavilovskie chtenija – 2015.–Saratov: ООО «Amirit», 2015.–S. 261-262.

# DOAJ

Все материалы, опубликованные в Международном научно-исследовательском журнале, размещаются в депозитарии научных изданий Университета Лунда.  
**DOAJ** (Лунд, Швеция) [<http://www.doaj.org/>].

Таким образом, публикации наших авторов доступны еще большему кругу исследователей, что поднимает их статус и увеличивает возможность цитирования.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.065

Титов В.Н.<sup>1</sup>, Ходов Д.А.<sup>2</sup><sup>1</sup>Доктор сельскохозяйственных наук, <sup>2</sup>аспирант,

Саратовский социально-экономический институт (филиал)

ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова»

**К ВОПРОСУ О ГОСУДАРСТВЕННОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ  
В НЕФТЯНОЙ ОТРАСЛИ (НА ПРИМЕРЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ)****Аннотация**

*В статье рассматривается вопрос об эффективности государственного экологического контроля в отношении предприятий нефтяной отрасли, расположенных на территории Саратовской области, с учётом их поднадзорности и нормативных требований о периодичности их проверок на предмет соблюдения природоохранного законодательства. Авторы приходят к выводу, что при существующей штатной численности инспекторов территориальных органов Росприроднадзора эффективность государственного экологического контроля в отношении предприятий нефтяного комплекса остаётся недостаточно высокой.*

**Ключевые слова:** государственный экологический контроль; эффективность надзорных мероприятий; нефтяной комплекс.

Titov V.N.<sup>1</sup>, Hodov D.A.<sup>2</sup><sup>1</sup>PhD in Architecture, <sup>2</sup>postgraduate,

Saratov Social and Economic Institute (branch) of " Russian University of Economics named by G.V. Plekhanov", Saratov

**TO THE QUESTION OF THE FEDERAL STATE ENVIRONMENTAL CONTROL IN THE PETROLEUM  
INDUSTRY (ON THE EXAMPLE OF SARATOV REGION)****Abstract**

*The article discusses the effectiveness of state environmental control over the petroleum industry located in the territory of the Saratov region, taking into jurisdiction and regulatory requirements on the frequency of inspections for compliance with environmental legislation. The authors come to the conclusion that with the current staffing the number of inspectors of the territorial bodies of Rosprirodnadzor efficiency of the state ecological control over the enterprises of oil complex remains insufficiently high.*

**Keywords:** state environmental control; effectiveness of Supervisory activities; oil complex.

Разрушающее и загрязняющее техногенное воздействие на окружающую среду при добыче, транспортировке и переработке нефти на всех технологических этапах является одной из острых экологических проблем в регионах с приоритетным развитием нефтяного комплекса. Саратовская область по праву относится к числу таких регионов, т.к. является старейшим на территории России центром нефтепереработки – с 1934 года – и нефтедобычи – с 1939 года.

Развитие нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, при отсутствии на протяжении длительного времени действенной государственной природоохранной политики, обусловило значительный ущерб, нанесённый отрасли различным природным средам на территории области.

По состоянию на 01.01.2015 г. нефтяной комплекс Саратовской области представлен многочисленными предприятиями, чьим основным видом деятельности в соответствии с Общероссийским классификатором видов экономической деятельности являются: 11.10, 11.20, 23.2, 45.12, 45.21.3, 50.50, 51.51, 60.30, 63.12.21, 74.20.

Саратовский региональный рынок нефтепереработки и транспортировки нефти по магистральным трубопроводам является, по сути, монополизированным (представлен ОАО «Саратовский НПЗ» и «Филиал АО «Транснефть — Приволга», Саратовское РНУ), что в отношении охраны окружающей среды оказывается благоприятным фактором, т. к. перечисленные компании входят в крупнейшие российские нефтяные холдинги (ОАО НК «Роснефть» и ОАО АК «Транснефть»), которые проводят достаточно открытую и эффективную экологическую политику, выражающуюся, в том числе, в серьёзном финансировании природоохранных мероприятий и соблюдении требований природоохранного законодательства [1, 2].

Основным нефтедобывающим предприятием на территории области является ОАО «Саратовнефтегаз», входящее в состав ОАО НК «РуссНефть». ОАО НК «РуссНефть» также относится к числу крупнейших компаний нефтяной отрасли России с открытой и эффективной экологической политикой [3].

Однако около половины объёма всей добываемой на территории области нефти приходится на средние и мелкие предприятия, чья экологическая политика либо не сформирована, либо закрыта от общественности, в том числе, от научного сообщества.

В полной мере тезис об отсутствии или недоступности экологической политики предприятий для общественности относится и к отрасли нефтегазодобычи.

Об остроте природоохранной проблематики применительно к региональному нефтяному комплексу свидетельствует, в частности, тот факт, что основная доля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников на территории области в 2009-2014 гг. приходилась на предприятия, транспортирующие по трубопроводам газ, нефть и нефтепродукты [1].

В соответствии с Положением о федеральном государственном экологическом надзоре [2] и пунктами 1 «а» (объекты, относящиеся к федеральным энергетическим системам, федеральным транспорту, путям сообщения, линиям связи, включая телекоммуникационные сети, а также линейные объекты, обеспечивающие деятельность субъектов естественных монополий), 5 (объекты, подлежащие государственному земельному контролю в соответствии с Положением о государственном земельном контроле), 6 (объекты, подлежащие государственному контролю за геологическим изучением, рациональным использованием и охраной недр в соответствии с Положением о

государственном контроле за геологическим изучением, рациональным использованием и охраной недр) и 7 (объекты хозяйственной и иной деятельности, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду, отнесенные Федеральным законом "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" к категории опасных производственных объектов) Перечня объектов, подлежащих федеральному государственному экологическому контролю, все предприятия, осуществляющие перечисленные выше виды экономической деятельности, подлежат федеральному государственному экологическому контролю [3].

Федеральный государственный экологический контроль в отношении этих категорий объектов осуществляется Департаментом «Росприроднадзора» по Приволжскому федеральному округу и территориальным управлением «Росприроднадзора» по субъекту Российской Федерации (Управлением «Росприроднадзора» по Саратовской области).

В Актуальном перечне объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду при осуществлении хозяйственной деятельности на территории Саратовской области и подлежащих федеральному государственному экологическому надзору, утвержденном Приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 31.01.2014 № 55 [3], в общей сложности содержится 977 предприятий, 96 из которых осуществляют перечисленные выше виды экономической деятельности, т.е. составляют нефтяной комплекс Саратовской области. Согласно статье 9 ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» периодичность плановых проверок на предмет соблюдения природоохранного законодательства хозяйствующими субъектами составляет 3 года [4].

Таким образом, для того, чтобы охватить нефтяной комплекс Саратовской области регулярными экологическими надзорными мероприятиями, необходимо осуществлять по 32 проверки этой отрасли в год. Анализ утвержденных планов проведения плановых проверок юридических лиц и индивидуальных предпринимателей на 2011-2014 г. Департамента «Росприроднадзора» по Приволжскому федеральному округу и Управления «Росприроднадзора» по Саратовской области свидетельствует о том, что количество намечаемых проверок отрасли значительно уступает расчётному: 2011 г. – 7 предприятий, 2012 г. – 15 предприятий, 2013 г. – 13 предприятий, 2014 г. – 14 объектов нефтяного комплекса [3]. Необходимо отметить тот факт, что ряд запланированных проверок был перенесен на более поздние сроки, увеличивая таким образом период между проверками до 5-7 лет.

С точки зрения возможного ущерба окружающей среде от бесконтрольной деятельности нефтедобывающих предприятий независимо от масштаба их производства, 5-7 лет огромный срок, который может означать серьёзный урон, как различным природным средам, так и здоровью населения, проживающего на территории деятельности.

Решить проблему недостаточной эффективности государственного экологического контроля нефтяной отрасли на региональном уровне невозможно. Научное и экспертное сообщество посредством имеющихся механизмов должно инициировать разработку и принятие откорректированных государственных регламентов в сфере экологического контроля, включая увеличение числа государственных инспекторов в территориальных управлениях, утверждения приоритетных списков и т. п.

### Литература

1. Годовой отчет Открытого акционерного общества «Саратовский нефтеперерабатывающий завод» за 2007-2013 гг. [Электронный ресурс]//Официальный сайт ОАО «Саратовский нефтеперерабатывающий завод»: URL: <http://www.saratov-npz.ru/> (Дата обращения 09.08.2015)
2. Экология [Электронный ресурс]// Официальный сайт ОАО АК «Транснефть»: URL: <http://www.pmn.transneft.ru/about/deyatelnost/>
3. Годовой отчет Открытого акционерного общества «Саратовнефтегаз» по результатам работы за 2009-2013 гг. [Электронный ресурс]// Официальный сайт ОАО «Саратовнефтегаз»: URL: <http://www.sng.ru/files/raskrytie/godotch.pdf> (Дата обращения 09.08.2015)
4. Доклады о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2009-2014 гг. [Электронный ресурс]//Сайт Правительства Саратовской области: URL: <http://saratov.gov.ru/gov/auth/minres/doklad-o-sostoyanii-i-obokhrane-okruzhayushchey-sredy-saratovskoy-oblasti/dokladOOS.php> (Дата обращения 09.08.2015)
5. Положение о федеральном государственном экологическом надзоре, утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации от 8 мая 2014 г. N 426[Электронный ресурс] / Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере природопользования: URL: [http://rpn.gov.ru/sites/default/files/426\\_pprf\\_0.docx](http://rpn.gov.ru/sites/default/files/426_pprf_0.docx) (Дата обращения: 22.09.2015)
6. Перечень объектов, подлежащих федеральному государственному экологическому контролю, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 31 марта 2009 года N 285 [Электронный ресурс]/ Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере природопользования: URL: <http://64.rpn.gov.ru/#to> (Дата обращения: 22.09.2015)
7. Федеральный закон «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» [Электронный ресурс]//Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации «Техэксперт»: URL: <http://docs.cntd.ru/document/902135756> (Дата обращения: 22.09.2015)

### References

1. Godovoj otchet Otkrytogo akcionernogo obshhestva «Saratovskij neftepererabatyvajushhij zavod» za 2007-2013 gg. [Elektronnyj re-surs]//Oficial'nyj sajт ОАО «Saratovskij neftepererabatyvajushhij zavod»: URL: <http://www.saratov-npz.ru/> (Data obrashhenija 09.08.2015)
2. Jekologija [Elektronnyj resurs]// Oficial'nyj sajт ОАО АК «Transneft»: URL: <http://www.pmn.transneft.ru/about/deyatelnost/> (Data obrashhenija 09.08.2015)



3. Godovoj otchet Otkrytogo akcionernogo obshhestva «Saratovneftegaz» po rezul'tatam raboty za 2009-2013 gg. [Elektronnyj resurs]// Ofici-al'nyj sayt OAO «Saratovneftegaz»: URL:<http://www.sng.ru/files/raskrytie/godotch.pdf> (Data obrashheniya 09.08.2015)
4. Doklady o sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej sredy Saratovskoj obla-sti v 2009-2014 gg. [Elektronnyj resurs]//Sajt Pravitel'stva Saratov-skoj oblasti: URL: <http://saratov.gov.ru/gov/auth/minres/doklad-o-sostoyanii-i-ob-okhrane-okruzhajushchey-sredy-saratovskoy-oblasti/dokladOOS.php> (Data obrashheniya 09.08.2015)
5. Polozhenie o federal'nom gosudarstvennom jekologicheskom nadzore, utverzhdenom Postanovleniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 8 maja 2014 g. N 426[Elektronnyj resurs] / Oficial'nyj sayt Federal'-noj sluzhby po nadzoru v sfere prirodopol'zovaniya: URL: [http://rpn.gov.ru/sites/default/files/426\\_pprf\\_0.docx](http://rpn.gov.ru/sites/default/files/426_pprf_0.docx) (Data obrashheniya: 22.09.2015)
6. Perechen' ob#ektov, podlezhashhih federal'nomu gosudarstvennomu jekolo-gicheskomu kontrolju, utverzhdonnogo Postanovleniem Pravitel'stva RF ot 31 marta 2009 goda N 285 [Elektronnyj resurs]/ Oficial'nyj sayt Federal'-noj sluzhby po nadzoru v sfere prirodopol'zovaniya: URL: <http://64.rpn.gov.ru/#to> (Data obrashheniya: 22.09.2015)
7. Federal'nyj zakon «O zashhite prav juridicheskikh lic i individual'nyh predprinimatelej pri osushhestvlenii gosudarstvennogo kontrolja (nadzora) i municipal'nogo kontrolja» [Elektronnyj re-surs]/Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tehnicheskoy dokumen-tacii «Tehjeksper»: URL: <http://docs.cntd.ru/document/902135756> (Data obrashheniya: 22.09.2015)

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.043

Чайко А.А.

ORCID: 0000-0001-5168-2601, выпускник аспирантуры,  
Сахалинский Государственный Университет**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ СУСУЯ: РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА  
ЗА ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 2015 Г.***Аннотация*

*В статье рассмотрены некоторые наиболее важные особенности загрязнения, связанные с гидрологическими и географическими характеристиками данного водотока. А также описаны различные пути поступления загрязняющих веществ, выявленные в результате многолетнего мониторингового исследования. В основе работы лежат практические данные полевых наблюдений, проведенных автором в период с 2007 по 2015 гг. Данная статья может быть полезна широкому кругу лиц: студентам и специалистам, занимающимся проблемами загрязнения рек.*

**Ключевые слова:** гидрология, мониторинг, загрязнение, экология, реки.

Chayko A.A.

ORCID: 0000-0001-5168-2601, graduate of postgraduate study,  
The Sakhalin State University**SOME FEATURES OF POLLUTION OF THE RIVER SUSUYA: RESULTS OF MONITORING  
FOR THE SPRING PERIOD OF 2015***Abstract*

*In the article some most important features of the Susuya River water pollution (the South of the island of Sakhalin) connected with hydrological and geographical characteristics of a waterway are considered. At the same time the ways of polluting substances inflow, found in the issue of many years monitoring, are described. The practical data of the field observations carried out by the author during the period from 2007 to 2015 make the foundation of the work. The given article can be useful for a wide readership, such as students and specialists, dealing with the problems of rivers pollution.*

**Keywords:** hydrology, monitoring, pollution, ecology, rivers.

**П**ри разработке мониторингового исследования на реке Сусуя планировалось определить степень влияния стоков города Южно-Сахалинска на качественный состав воды. Изначально предполагалось, что стоки города являются основными источниками поступления загрязняющих веществ. Однако в результате проведенных наблюдений в период с весны 2007 по осень 2011 гг. и анализа полученных практических данных было установлено наличие других, не менее интенсивных источников загрязнения [1].

Исследования проводились в рамках выполнения диссертационной работы по официально утверждённой методике проведения гидрологических исследований на реках [2]. В соответствии с которой точки контроля (створы для отбора проб) были размещены в двух местах до и после контролируемого участка водотока: в двух километрах выше (створ № 1) и в двух километрах ниже (створ № 2) города Южно-Сахалинска по течению реки. Такое расположение точек контроля позволяло выявить степень влияния не только централизованных систем сброса, например, канализационных сетей или сельскохозяйственных объектов, но и оценить воздействие на качественный состав вод реки поверхностного стока с городских территорий. Что, поскольку река Сусуя имеет питание, главным образом, за счёт поверхностного стока (снеговое и дождевое питание), является важным фактором для проведения такого рода работ. Предельно допустимые концентрации (ПДК) рассматриваемых в рамках мониторинга загрязняющих веществ (азот аммонийный, фосфаты и сероводород) рассчитывались согласно утверждённым нормативам [3].

В большинстве проб концентрации загрязнителей (азота и фосфатов) были превышены на створе № 2, что напрямую указывает на влияние городских стоков [4, 5], и полностью согласуется с общепринятой моделью антропогенного загрязнения.

Но в отдельных моментах наблюдений концентрации загрязнителей оказывались превышены и на створе № 1, то есть выше контролируемого участка реки, где прямое влияние города исключено. При этом в некоторых случаях фиксировались крайне высокие уровни загрязнения, сопоставимые с концентрациями на створе № 2, уже после прохождения рекой городских территорий. Миграция загрязнителей в водах реки Сусуя против течения не видится возможной, как и столь значительное движение загрязняющих веществ в почвах территорий водосбора в районе реки. Эти данные не согласуются с предполагаемой моделью, в которой главными источниками поступления загрязняющих веществ в воду реки Сусуя считались городские бытовые и сельскохозяйственные стоки Южно-Сахалинска.

Также был выявлен высокий уровень загрязнения сероводородом, что могло бы свидетельствовать о процессах гниения, протекающих в реке. Вместе с тем, резкие перепады концентраций его от высоких уровней до полного отсутствия в пределах сезона указывают на то, что это не следствие процессов эвтрофикации, а поступление извне. Поскольку превышение ПДК сероводорода в проточной воде реки как часть процесса эвтрофикации при сохранении проточности маловероятна. Кроме того, регулярные паводковые явления, связанные с таянием снегов и дождями, приводят к сильному поднятию уровня воды в реке, что должно приводить и к размыванию загрязнения.

Отсутствуют и более-менее просматриваемые корреляции с уровнями загрязнения воды биогенными веществами, наличие которых могло бы объяснить столь высокие уровни содержания сероводорода. Такие зависимости между уровнем загрязнения сероводородом и наличием превышения предельно допустимых концентраций биогенных веществ не были выявлены как непосредственно за короткое время, так и в более длительной перспективе.

Таким образом, была сформулирована новая модель, согласно которой можно утверждать, что имеется два основных способа поступления загрязняющих веществ в воду реки: первый способ загрязнения – это централизованные сбросы города. К которым относятся стоки канализационных сетей коммунальных объектов и сельскохозяйственных предприятий, а также вещества, попадающие в воду с поверхностным стоком с прилегающих территорий. Они оказывают на Сусую перманентное негативное влияние, проявляющееся в повышенном содержании биогенных веществ. Которое, меж тем, хоть и превышает нормы ПДК, но не демонстрирует чрезвычайного уровня. В отдельные периоды, связанные с наибольшей долей вероятности с водностью реки, концентрации загрязнителей и вовсе находятся в пределах допустимого.

Второй способ – это выявленные в ходе мониторинга разовые поступления загрязнителей непосредственно в водоток или на территорию водосбора в районах ещё до прохождения рекой города. Одномоментные сбросы отходов, которые, ввиду преобладающего дождевого и снегового питания реки, быстро попадают в воду с поверхностным стоком, и впоследствии фиксируются на точках контроля. Эти источники не оказывают постоянного давления на состав речной воды, но, будучи в моменте в разы больше рассеянных во времени централизованных сбросов города, демонстрируют чрезвычайно высокие уровни. И эти разовые, но интенсивные загрязнения могут представлять для реки большую опасность, чем постоянное небольшое влияние централизованных стоков.

Кроме того, такие неконтролируемые одноразовые пути поступления загрязнителей опаснее централизованных стоков ещё и тем, что наличие их удаётся выявить лишь при совпадении момента поступления (сброса) загрязняющих веществ в реку с моментом отбора проб на створах. То есть загрязнения имеющие место в периоды между проведением контроля не обнаруживаются и не учитываются.

При этом новые данные, полученные весной 2015 г., показали практически полную прямую зависимость содержания сероводорода от концентраций азота (Рис. 1). Увеличение концентраций азота на створе № 2 почти в два раза (по сравнению с данными со створа № 1) совпало с таким же двойным увеличением концентраций сероводорода. Между тем, предыдущие исследования не показывали подобных корреляций, что вызывает сомнения в наличии прямой зависимости даже в данном конкретном случае. К примеру, осенью 2014 года при концентрациях азота и фосфатов в 20,51 ПДК и 5,55 ПДК соответственно, концентрации сероводорода были равны всего 6 ПДК. Весной же 2015 г. превышения уровня по фосфатам вообще не отмечено.

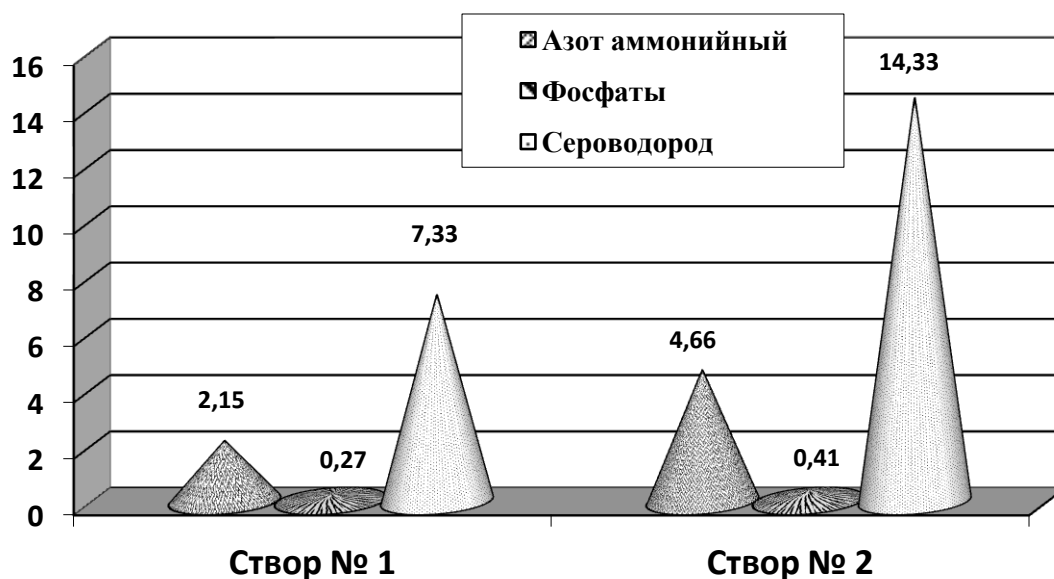


Рис. 1 – Изменение концентраций биогенных веществ в водах реки Сусуя в весенний период 2015 г. (в ПДК)



Из всего вышеуказанного можно сделать следующие выводы: загрязнение Сусуи имеет ряд особенностей, которые проявляются в больших временных отрезках.

Ввиду наличия сильных колебаний уровней содержания загрязнителей, данные наблюдений, полученные в короткие периоды, могут не охватывать всё многообразие тех процессов, которые происходят в водах реки и влияют на её геоэкологическое состояние. Именно благодаря многолетнему мониторинговому наблюдению за состоянием водотока и стало возможно выявить ранее не обнаруживаемые особенности поступления загрязнителей. Получить информацию об источниках поступления загрязняющих веществ, оказывающих сильное воздействие на качественный состав воды.

Необходимо продолжать мониторинговые исследования на реке Сусуя с целью увеличения фактического материала по качественному составу воды для выявления скрытых закономерностей, проявляющихся только в более длинные периоды.

### Литература

1. Чайко А.А. - Результаты пятилетних наблюдений свидетельствуют: сероводородное загрязнение реки Сусуя не связано с поступлением биогенных веществ. // Евразийский Союз Ученых. Ежемесячный научный журнал, часть 11, № 4 (13), 2015 г. С. 118 – 119.
2. СанПиН 2.1.4.1074-01 (с изменениями 28.06.2010 г.).
3. Приказ Росрыболовства об утверждении нормативов качества воды водных объектов от 18 января 2010 года.
4. Чайко А.А. Загрязнения фосфатами вод реки Сусуя на юге Сахалина. // Вестник РГУ им. И. Канта. Вып. 1: Сер. Естественные науки. – Калининград: изд-во РГУ им. И. Канта, - 2009. С 104 – 107.
5. Чайко А.А. Мониторинговые исследования изменения содержания азота аммонийного в водах реки Сусуя в 2007 - 2008 гг. // Вестник ВГУ. Сер. География. Геоэкология. Воронеж: изд-во ВГУ, - 2009. - № 2 – С. 117-118.

### References

1. Chayko A.A. - RezultRezul'taty pjatiletnih nabljudenij svidetelstvujut: serovodorodnoe zagriznenie reki Susuja ne svjazano s postupleniem biogennyh veshhestv. // Evrazijskij Sojuz Uchenyh. Ezhemesjachnyj nauchnyj zhurnal, chast 11, № 4 (13), 2015 g. S. 118 – 119.
2. SanPiN 2.1.4.1074-01 (28.06.2010).
3. Prikaz Rosrybolovstva ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnyh objektov ot 18 janvarja 2010 goda.
4. Chayko A.A. Zagriznenija fosfatami vod reki Susuja na jube Sahalina. // Vestnik RGU im. I. Kanta. Vyp. 1: Ser. Estestvennye nauki. – Kaliningrad: izd-vo RGU im. I. Kanta, - 2009. S 104 – 107.
5. Chayko A.A. Monitoringovyie issledovaniia izmenenija soderzhanija azota ammonijnogo v vodah reki Susuja v 2007 - 2008 gg. // Vestnik VGU. Ser. Geografija. Geojekologija. Voronezh: izd-vo VGU, - 2009. - № 2 – S. 117-118.

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.091

Вагунин Д.А.<sup>1</sup>, Капсамун А.Д.<sup>2</sup>, Иванова Н.Н.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>кандидат сельскохозяйственных наук, <sup>2</sup>доктор сельскохозяйственных наук,  
<sup>3</sup>кандидат сельскохозяйственных наук,

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель»

### АГРОФИТОЦЕНОЗЫ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО СЕНОКОСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ НОВЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ

#### Аннотация

В статье рассматриваются агробиологические показатели долгодетных кормовых агрофитоценозов сенокосного использования. Проводится изучение биопродуктивности сенокосных бобово-злаковых травостоев с козлятником восточным, кострцом безостым, двукисточником тростниковым, тимофеевкой луговой, на основе новых перспективных сортов.

**Ключевые слова:** козлятник восточный, травосмесь, почва, сорт.

Vagunin D.A.<sup>1</sup>, Kapsamun A.D.<sup>2</sup>, Ivanova N.N.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PhD in Agriculture, <sup>2</sup>PhD in Agriculture, <sup>3</sup>PhD in Agriculture,

Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands»

### AGROPHYTOCENOSIS GALEGA ORIENTALIS HAY USE BASED ON NEW PROMISING VARIETIES

#### Abstract

The article deals with agro biological indicators long years of forage hay agrophytocenosis. Were studied bioefficiency of hay legume-grass grass stands on the basis of promising new varieties of fodder galega, brome, reed canary grass reed, timothy grass.

**Keywords:** fodder galega, grass mixture, soil, variety.

## Введение

Важным направлением в интенсификации кормопроизводства является введение в структуру травосеяния нетрадиционных или малораспространенных многолетних бобовых трав с ценными хозяйственными и биологическими свойствами. В последние годы, наряду с традиционными видами бобовых, при создании бобово-злаковых сенокосных травостоев значительное внимание уделяется использованию козлятника восточного (*Galega orientalis* Lam.) [1].

Основными достоинствами этой культуры являются продуктивное долголетие, высокая урожайность, питательная ценность корма, быстрое весеннее отрастание и устойчивость к вытеснению, по которым он превосходит традиционные для условий Европейского Севера виды бобовых – клевер луговой и клевер ползучий. Он имеет мощную корневую систему, которая благоприятно влияет на плодородие почвы, обладает высокой усваивающей способностью, способен усваивать азот из воздуха за счет клубеньковых бактерий, образующихся на его корнях, поэтому не требует внесения азотных удобрений, что особенно актуально в условиях дефицита материально-технических ресурсов. Растение обладает высокой биологической продуктивностью за счет образования большой ассимиляционной поверхности листьев и высокого фотосинтетического потенциала [2, 3].

#### Методика проведения исследований

Опыт заложен в 2014 году. Почва участка дерново-подзолистая, супесчаная, на 3х почвенных разностях (глубокооглеенная, глееватая, глеевая), с содержанием подвижного фосфора 100,9 мг/кг и 140,2 мг/кг обменного калия. Реакция почвенного раствора на контроле среднекислая pH – 4,5-5,0. Удельная масса почвы 2,59г/см<sup>3</sup>. Преобладающими почвообразующими породами являются маломощные двучлены (более 60-70 %). Междренные расстояния регулирующей сети 18-40м, глубина закладки дрен колеблется от 0,8 до 1,1 метра. Содержание гумуса – 1,4-1,9. Площадь опыта 6,8га, размещение вариантов рендомизированное, в три яруса, повторность трехкратная. Посев беспокровный. Использование двухукосное. Агротехника общепринятая.

#### Результаты исследования

Густота стеблестоя, к второму году жизни достигает 649 шт./м<sup>2</sup>. В вариантах козлятника восточного, в чистом виде, отмечена наибольшая густота стояния сорта Гале составив в среднем по вариантам 119шт./м<sup>2</sup>. Более активно злаковый компонент вытеснял козлятник восточный на варианте 2 глубокооглеенной почвы сорта Гале составив в среднем за 2 укоса 583шт./м<sup>2</sup>. В чистых посевах густота травостоя козлятника восточного сорта Юбилар изменялась от 75 до 129 шт./м<sup>2</sup>, сорта Кривич – от 87 до 144 шт./м<sup>2</sup>.

Основными агрохимическими факторами плодородия являются: гумусное состояние, кислотные свойства, питательный режим. Вынос из почвы питательных веществ с урожаем зависит от биологических особенностей возделываемых луговых культур и условий внешней среды. Использование питательных веществ из почвы сильно варьирует в зависимости от типа почв, реакции почвенного раствора, гранулометрического состава, биологических особенностей культуры, содержания элементов питания в почве. В 2015 году кислотность почвы на всех типах почв находилась в пределах pH 4,4-5,2, что достаточно для нормального роста и развития трав (табл.1). Максимальное содержание подвижного фосфора и обменного калия отмечено на глубокооглеенной почве, составив от 128,1мг/кг и 103,3мг/кг соответственно. По содержанию гумуса почвы низкообеспеченные – 1,8-2,3%. Содержание важных для развития растений микроэлементов кальция и магния изменяясь от 3,3 до 5,4 мг-экв./100г и 0,5 до 1,0 мг-экв./100г соответственно.

Таблица 1 – Химический состав почвы под травостоями в зависимости от степени оглеения, 2015 г.

Почва	pH	Мг/кг		N легкогидролизуемый	Мг-экв./100г почвы		гумус, %
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		Ca	Mg	
Глубокооглеенная	5,0	128,1	103,3	3,8	3,6	0,8	1,8
Глееватая	5,2	89,5	77,1	4,6	5,4	1,0	2,3
Глеевая	4,4	124,1	95,9	4,4	3,3	0,5	2,1

Влажность верхнего (0-40) слоя почвы в 2015 году изменялась от 4,5 до 16,9%. В начальный период развития влагообеспеченность фитоценозов находилась на уровне 50,0-70,0% от ППВ и была благоприятной для роста и развития трав в цикле отрастания. С конца июня до начала августа установилась жаркая и засушливая погода. Влагообеспеченность упала ниже 60% от ППВ, что отразилось на росте и развитии трав. Уровень грунтовых вод снизился с 25 мая по 26 июня ниже 1,4м от поверхности земли на всех типах почв. Начиная с середины августа, когда прошли обильные осадки, влагообеспеченность посевов вернулась на уровень 60-75%, но УГВ по-прежнему оставался не выше 1,4 м.

Не менее важным показателем при эксплуатации травостоев является объемная масса почвы. От объемной массы почвы зависит распространение корневой системы растений, водный, воздушный и тепловой режимы почв, а значит, и продуктивность сельскохозяйственных растений.

В пахотном слое почвы 0–20 см, по сравнению с предыдущим годом произошло незначительное уплотнение верхнего горизонта вызванная воздействием сельскохозяйственной техники. Объемная масса варьируется в пределах 1,0-1,2г/см<sup>3</sup>, что соответствует оптимальной плотности для большинства сельскохозяйственных культур. В подпахотных горизонтах плотность увеличивается до 1,5 г/см<sup>3</sup>.

Сравнительное изучение сортов козлятника восточного показало, что в 2015 году наиболее интенсивный рост данной культуры наблюдался в чистых посевах. Высота растений в фазу массовой бутонизации–начала цветения составила у козлятника восточного в среднем за 2 укоса 19-52 см. Наиболее высокорослым в первом укосе был козлятник восточный сорта Кривич чистого посева, высота его составляла на второй год 49-62см. Высота злаков была заметно выше достигая на варианте 7 до 92см. Во втором укосе на второй год жизни галега имели высоту 19-48 см, что на 30-40 % меньше, чем в 1 укосе.

Применение индекса ценотической активности позволяет определить поведение отдельных видов трав в составе различных типов сеяных травостоев на протяжении длительного периода. Индекс каждого из видов определяют, исходя из его ценотической активности, отношением доли участия конкретного вида в сложном травостое в % к доле участия семян в высеванной травосмеси. Продуктивность травосмесей изменяется по годам и в значительной степени зависит от ценотической активности высеванных отдельных видов.

Более высоким индексом ценотической активности в среднем за год опыта отличались злаковые травы: двукосточник тростниковый (1,3-2,6), кострец безостый (1,1-1,8), тимopheевка луговая (0,7-1,8). В связи с медленным развитием козлятника восточного в первые годы жизни индекс ценотической активности был небольшим и составил по вариантам опыта от (0,2-0,8).

Структура урожая является важным показателем качества корма. Облиственность во всех вариантах опыта была на высоком уровне и составляла у козлятника восточного 50,0-63,9%. Наиболее облиственным был козлятник восточный в чистом посеве сорта Юбилар 54,1 – 59,0%, наименьший на варианте 1 сорта Гале глееватой почвы 50,9 – 56,0%. На второй год жизни облиственность козлятника в первом укосе составляла 51,8-63,9%, во втором – 50,0-55,4% (табл. 2)

Таблица 2 – Структура урожая агрофитоценозов с участием козлятника восточного, %

Вариант	Почва	1 укос		2 укос		Среднее	
		стебель	лист	стебель	лист	стебель	лист
Козлятник восточный (Гале) (контроль)	Глубокооглеенная	40,2	59,8	47,9	52,1	44,0	56,0
	Глееватая	48,2	51,8	50,0	50,0	49,1	50,9
	Глеевая	42,8	57,2	49,3	50,7	46,0	54,0
Козлятник восточный (Юбилар)	Глубокооглеенная	42,5	57,5	47,7	52,3	45,1	54,9
	Глееватая	47,3	52,7	44,6	55,4	45,9	54,1
	Глеевая	36,1	63,9	45,9	54,1	41,0	59,0
Козлятник восточный (Кривич)	Глубокооглеенная	42,5	57,5	46,5	53,5	44,5	55,5
	Глееватая	43,9	56,1	47,4	52,6	45,6	54,4
	Глеевая	47,8	52,2	44,9	55,1	46,4	53,6

При формировании урожайности многолетних травостоев 2 года пользования немаловажное значение имеют погодные условия. В умеренно влажном и теплом (ГТК = 1,52) 2015 году урожайность варьировала от 4,3 до 8,1 т/га. В среднем по укосам доля урожая в первом составила 61%, втором – 39% от всего урожая за вегетацию.

#### Литература

1. Харьков Г.Д. Введение в культуру козлятника восточного / Г.Д.Харьков, Л.А.Трузина // Кормопроизводство. - 1999, № 10. -С. 9-13.
2. Сереброва И.В. Нетрадиционные для условий Европейского Севера РФ кормовые культуры в системе лугового и полевого кормопроизводства /И.В.Сереброва [и др.] // Научное обеспечение развития агропромышленного комплекса на Европейском Севере РФ. Сб. научных трудов ГНУ «Карельская государственная сельскохозяйственная опытная станция Российской академии сельскохозяйственных наук». -Новая Вилга, 2005. -С.70-73
3. Шпаков А.С. Кормовые культуры в системах земледелия и севооборотах / А.С.Шпаков. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 400 с.

#### References

1. Har'kov G.D. Vvedenie v kul'turu kozljatnika vostochnogo /G.D. Har'kov, L.A. Truzina // Kormoproizvodstvo. -1999, № 10. -S. 9-13.
2. Serebrova I.V. Netradicionnye dlja uslovij Evropejskogo Severa RF kormovye kul'tury v sisteme lugovogo i polevogo kormoproizvodstva /I.V.Serebrova [i dr.] //Nauchnoe obespechenie razvitija agropromyshlennogo kompleksa na Evropejskom Severe RF. Sb. nauchnyh trudov GNU «Karel'skaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja opytная stancija Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk». -Novaja Vilga, 2005. -S.70-73.
3. Shpakov A.S. Kormovye kul'tury v sistemah zemledelija i sevooborotah / A.S. Shpakov. -M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2004. -400 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.076

Ермакова Н.В.

ORCID: 0000-0003-3310-0123, Кандидат биологических наук,

Орловский государственный аграрный университет

**ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДИНАМИКИ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ПОЛ-АОЗ У КОРОВ ПО СЕЗОНАМ ГОДА****Аннотация**

*В статье рассмотрено – выявление закономерностей сезонной динамики состояния системы перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита (ПОЛ - АОЗ) у коров по содержанию в сыворотке крови вторичного метаболита ПОЛ малонового диальдегида и антиоксидантного витамина Е с целью своевременной профилактики нарушений перекисного гомеостаза, а также представлены результаты изучения молочной продуктивности коров, включая среднесуточный удой, массовую долю жира и массовую долю белка в молоке, с учетом сезонов года.*

**Ключевые слова:** коровы, сезон года, перекисное окисление липидов, система антиоксидантной защиты.

Ermakova N.V.

ORCID: 00000000-0003-3310-0123, PhD in Biology,

Orel State Agrarian University

**REVEALING DYNAMICS STATUS SYSTEM POL-AOP IN COWS BY SEASONS****Abstract**

*In the article-identification of regularities of seasonal dynamics of lipid peroxidation system status - antioxidant protection (POL -AOP) in cows by serum content of secondary metabolite POL malonic dialdehyde and antioxidant vitamin E with a view to timely prevention of lipid homeostasis, as well as presents the results of a study of milk productivity of cows, including average daily milk yield, fraction of total mass of fat and mass fraction of protein in milk, in the light of the seasons.*

**Keywords:** cows, season, lipid peroxidation, antioxidant defense system.

**В**ажнейшей особенностью эксплуатации крупного рогатого скота в Центральной России, которую необходимо учитывать при его содержании и разведении, является достаточно ярко выраженная сезонность. При этом каждый сезон характеризуется специфическими особенностями кормового рациона, уровнем двигательной активности животных, степенью воздействия на них климатических факторов, в том числе связанных с интенсивностью инсоляции и температурой окружающей среды. Многие из этих сезонных особенностей зачастую приводят к нарушению физиологически адекватных условий содержания и кормления животных, что способствует возникновению у них стрессовых состояний [1]. Стресс, будучи реакцией адаптивного характера, вызывает напряжение в работе всех физиологических систем, в том числе в системе перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита (ПОЛ-АОЗ).

В адекватных условиях перекисное окисление липидов является естественным физиологическим процессом, а его активация в ходе развития стресс-реакций объясняется резким увеличением концентрации субстратов процесса в связи с катаболическим действием гормонов стресса, а также усиленным вовлечением в процесс больших количеств кислорода. Такая потребность в кислороде определяется необходимостью получения дополнительных источников энергии для обеспечения жизнедеятельности организма в экстремальных условиях. «Излишки» кислорода не охватываются процессами ферментативного восстановления и включаются в свободнорадикальные самоиницилирующиеся реакции, в результате чего в организме происходит накопление метаболитов ПОЛ [2,3]. Их мутагенность и цитотоксичность проявляется у животных ухудшением усвояемости получаемого рациона, нарушением обмена веществ, снижением интенсивности роста и развития, продуктивности, воспроизводительной способности [4].

Система АОЗ живого организма представлена набором антиоксидантов (АО) - соединений, обладающих способностью уменьшать или предотвращать свободнорадикальное окисление органических веществ кислородом [5,6]. Усиление ее работы в ходе развития стресс-реакций связано с необходимостью защиты организма от вредного воздействия радикалов и продуктов перекисидации органических биомолекул. Состояние антиоксидантной недостаточности, развивающееся в условиях продолжительного стресса, приводит к нарушению перекисного гомеостаза и является неспецифической патофизиологической реакцией.

Таким образом, с целью успешной реализации продуктивного потенциала крупного рогатого скота представляется необходимым изучение состояния системы ПОЛ-АОЗ у коров по сезонам года и выявление закономерностей ее динамики.

Работа была выполнена на молочном поголовье коров чёрно-пёстрой породы, находящихся на 3-4 месяце 2-3 лактации. В первой декаде каждого месяца в течение года формировалась группа клинически здоровых животных из 15 голов. Во время постановки эксперимента у всех подопытных животных брали кровь для исследования на содержание метаболита ПОЛ малонового диальдегида (МДА) и антиоксидантного витамина Е. Молочную продуктивность, включающую в себя среднесуточный удой, массовую долю жира и белка, определяли методом контрольных доек. Результаты объединялись по сезонам года: осень (сентябрь, октябрь, ноябрь), зима (декабрь, январь, февраль), весна (март, апрель, май), лето (июнь, июль, август).

В стойловый период, который продолжался с октября по апрель включительно, животные экспериментальных групп содержались привязно, в стойлах, без предоставления активного моциона. В этот период в животноводческом помещении отмечались неудовлетворительный температурно-влажностный режим (температура воздуха от -2 до +10<sup>0</sup> и влажность свыше 90%), недостаток естественного света, а также ухудшение качества кормов к концу зимовки скота. В пастбищный период (май-сентябрь) коровы находились на пастбище в летних лагерях. Этот период

характеризовался повышением температуры окружающей среды до +35-37<sup>0</sup>С (июнь), при этом гипертермия протекала на фоне нарушения водоснабжения животных.

После забора проб крови у коров сыворотку получали по общепринятой методике. Содержание малонового диальдегида определяли по реакции с тиобарбитуровой кислотой по методу Э.Н. Коробейниковой [7]. В основе этого метода лежит реакция между МДА и ТБК, которая при высокой температуре и кислом значении pH протекает с образованием окрашенного в розовый цвет триметинового комплекса, который экстрагируется бутанолом и имеет максимум поглощения при 532нм. Определение концентрации антиоксидантного витамина Е проводили по реакции  $\alpha, \alpha'$ -дипиридилом, для чего измеряли интенсивность окраски образующегося красного комплекса двухвалентного иона железа  $Fe^{2+}$  и  $\alpha, \alpha'$ -дипиридила при длине волны 520 нм [8]. Жирномолочность и белковомолочность определяли с помощью ультразвукового анализатора «Лактан 1-4» (Россия).

Результаты исследований подвергались биометрической обработке с использованием критерия Стьюдента в компьютерной программе Microsoft Office Excel.

При изучении экспериментальных данных среди получившихся 4-х сезонных групп (осень, зима, весна, лето) в качестве контроля была выбрана сезонная группа «осень» (табл.1). Именно в ней отмечалось самое низкое содержание метаболита ПОЛ малонового диальдегида на фоне активного состояния системы АОЗ, представленной антиоксидантным витамином Е. Кроме этого, осенний сезон характеризовался относительно высокими показателями молочной продуктивности коров.

Таблица 1 – Показатели состояния системы ПОЛ-АОЗ и молочной продуктивности коров по сезонам года

Показатель	Осень (сентябрь-ноябрь)	Зима (декабрь-февраль)	Весна (март-май)	Лето (июнь-август)
Малоновый диальдегид, мкМ/л	0,30±0,033	0,53±0,024***	0,55±0,038***	0,43±0,019***
Витамин Е, мкмоль/л	34,3±1,58	25,83±1,96**	26,03±1,86**	36,08±1,84
Среднесуточный удой, кг	15,3±0,30	12,5±0,39***	11,2±0,38***	13,1±0,29***
Массовая доля жира, %	4,01±0,035	3,93±0,040	3,68±0,039***	3,92±0,040
Массовая доля белка, %	3,02±0,033	2,92±0,036*	2,79±0,044***	3,01±0,031

Различия статистически достоверны по сравнению с контролем:

-\*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001

Результаты анализа состояния системы ПОЛ – АОЗ у коров зимой по сравнению с контролем (осень) позволило выявить повышение уровня МДА на 76,7% (P<0,001) при снижении содержания витамина Е на 24,7% (P<0,01). Сходная динамика отмечалась и весной: увеличение МДА составило 83,8% (P<0,001), уменьшение концентрации витамина Е - 24,1% (P<0,01). Нарушение перекисного гомеостаза в эти сезоны года сопровождалось падением среднесуточного удоя: зимой - на 18,3% (P<0,001), весной - на 26,8% (P<0,001). Снижение содержания жира в молоке зимой по сравнению с контролем составило 2%, а белка 3,3% (P<0,05). Весной наблюдалось дальнейшее уменьшение жирно- и белковомолочности: на 8,2% (P<0,001) и 7,6% (P<0,001) соответственно.

Подобная картина может указывать на истощение системы АОЗ на фоне активации ПОЛ в зимний и весенний сезоны. Очевидно, это связано с развитием стресс-реакции вследствие отсутствия систематического активного рациона коров, нарушения параметров микроклимата в животноводческих помещениях, несбалансированного кормления и разрушения антиоксидантных витаминов в ходе хранения кормов. Кроме того, в весенний период (май) происходила смена способа содержания животных с привязного на беспривязное, что является дополнительным стрессом для крупного рогатого скота.

При стрессовых нагрузках складываются неблагоприятные условия для секреторной деятельности молочной железы, что связано с угнетением выработки пролактина, отвечающего за процесс молокообразования [9]. Поэтому снижение молочной продуктивности животных в зимний и весенний периоды выражалось падением среднесуточного удоя, а также уменьшением массовой доли жира и белка в молоке.

Летний сезон характеризовался несколько иным состоянием системы ПОЛ-АОЗ. На фоне увеличения МДА по сравнению с контролем (осень) на 43,3% (P<0,001) был выявлен рост витамина Е на 5,2%. Падение среднесуточного удоя летом составило 14,4% (P<0,001), содержания жира и белка в молоке снизилось на 2,2% и 0,3% при отсутствии достоверности.

Очевидно, что летний пастбищный период в системе технологии содержания связан с повышенным воздействием ряда климатических факторов [10]. Одним из них является высокая температура окружающей среды, которая регистрировалась в июне. На фоне гипертермии снижается приём и ухудшается использование питательных веществ корма, но при этом возрастает потребление воды. В случае отсутствия должной организации питьевого режима в условиях пастбища у животных наступает водное голодание. Несвоевременное обеспечение животных питьевой водой приводит к развитию стрессовой реакции и активации процессов ПОЛ, что выражалось ростом МДА. Именно гипертермия и нарушение питьевого режима скота в июне привели к снижению среднесуточного удоя за сезон в целом. При этом увеличение концентрации антиоксидантного витамина Е может свидетельствовать о мобилизации системы АОЗ и возможности организма животного в летний период противостоять развивающемуся окислительному стрессу. Переход животных на летний рацион, включающий в себя зеленый корм вволю и концентрированные корма,

а также обеспечение в этот период физиологической потребности коров в двигательной активности и естественном свете, способствуют поддержанию равновесия в системе ПОЛ-АОЗ.

Таким образом, выявленные нарушения перекисного гомеостаза свидетельствуют о развитии у коров в зимний и весенний сезоны года процессов незавершенной адаптации, что способствует снижению их молочной продуктивности.

### Литература

1. Юрьев, Е.А. Стресс сельскохозяйственных животных / Е.А.Юрьев, А.В.Котиков, Н.В.Чулкова // Ветеринария с.-х. животных. - 2007. - №12. - С.3-8.
2. Бузлама, В.С. Активные формы кислорода, антиоксиданты, адаптогены / В.С.Бузлама // Свободные радикалы, антиоксиданты и здоровье животных: матер. междунар. науч.-практ. конф. - Воронеж, 2004. - С.183-186.
3. Зенков, Н.К. Оксидативный стресс. Биохимический и патофизиологический аспекты / Н.К.Зенков. - М.: МАИК: Наука: Интерпериодика, 2001. - 343с.
4. Лыкасова, И.А. Влияние кормовой добавки нутрил селен на состояние процессов перекисного окисления липидов в организме свиней в условиях интенсивного откорма / И.А.Лыкасова, С.П.Меренкова // Свободные радикалы, антиоксиданты и здоровье животных: материалы междунар. науч.-практ. конф. - Воронеж, 2004. - С.235-236.
5. Зборовская, И.А. Антиоксидантная система организма, её значение в метаболизме / И.А.Зборовская, М.В.Банникова // Вестник РАМН. - 1995. - №6. - С.53-60.
6. Сурай, П. Антиоксиданты и их роль в условиях стресса / П.Сурай // Птицефабрика. - 2006. - №6. - С.48-52.
7. Коробейникова, Э.Н. Модификация определения продуктов перекисного окисления липидов в реакции с тиобарбитуровой кислотой / Э.Н. Коробейникова // Лаб. дело. - 1989. - №7. - С.8-10.
8. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник / И.П.Кондрахин, А.В.Архипов, В.И.Левченко; под ред. И.П. Кондрахина. - М.: Колос, 2004. - 520с.
9. Преображенский, О.Н. Влияние стрессов на половую систему и молочную железу домашних животных / О.Н.Преображенский, С.Н. Преображенский // Ветеринария с.-х. животных. - 2006.- №9. - С.54-58.
10. Дедов, М.Д. Увеличение производства молока и повышение его качества в летний период / М.Д.Дедов, Н.В.Сивкин // Зоотехния. - 2004. - №8. - С.21-24.

### References

1. YUrev, E.A. Stress selskokhozyaystvennykh zhivotnykh / E.A.YUrev, A.V.Kotikov, N.V. CHulkova // Veterinariya s.-kh. zhivotnykh. - 2007. - №12. - S.3-8.
2. Buzlama, V.S. Aktivnye formy kisloroda, antioksidanty, adaptogeny/ V.S. Buzlama// Svobodnye radikaly, antioksidanty i zdorove zhivotnykh: mater. mezhdunar. nauch.- prakt. konf. – Voronezh, 2004. - S.183-186.
3. Zenkov, N.K. Oksidativnyy stress. Biokhimicheskiy i patofiziologicheskii aspekty / N.K. Zenkov. – M.: MAIK: Nauka: Interperiodika, 2001. – 343s.
4. Lykasova, I.A. Vliyanie kormovoy dobavki nutrit selen na sostoyanie protsessov perekisnogo okisleniya lipidov v organizme sviney v usloviyakh intensivnogo otkorma / I.A. Lykasova, S.P. Merenkova // Svobodnye radikaly, antioksidanty i zdorove zhivotnykh: mater. mezhdunar. nauch.- prakt. konf. – Voronezh, 2004. - S.235-236.
5. Zborovskaya, I.A. Antioksidantnaya sistema organizma, ee znachenie v metabolizme / I.A. Zborovskaya, M.V. Bannikova // Vestnik RAMN. - 1995. - №6. - S.53-60.
6. Suray, P. Antioksidanty i ikh rol v usloviyakh stressa / P. Suray // Ptitsefabrika. - 2006. - №6. - S.48-52.
7. Korobeynikova, E.N. Modifikatsiya opredeleniya produktov perekisnogo okisleniya lipidov v reaktsii s tiobarbiturovoy kislotoy / E.N. Korobeynikova // Lab. delo. - 1989. - №7. - S.8-10.
8. Metody veterinarnoy klinicheskoy laboratornoy diagnostiki: spravochnik / I.P. Kondrakhin, A.V. Arkhipov, V.I. Levchenko; pod. red. I.P. Kondrakhina. – M.: Kolos, 2004. – 520s.
9. Preobrazhenskiy, O.N. Vliyanie stressov na polovuyu sistemu i molochnuyu zhelezu domashnikh zhivotnykh / O.N. Preobrazhenskiy, S.N. Preobrazhenskiy // Veterinariya s.-kh. zhivotnykh. - 2006.- №9. - S.54-58.
10. Dedov, M.D. Uvelichenie proizvodstva moloka i povyshenie ego kachestva v letniy period / M.D. Dedov, N.V.Sivkin // Zootekhnika. - 2004. - №8. - S.21-24.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.226

Клейменова М.Э.

Аспирант,

Университет ИТМО

# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ГИДРОБИОНТОВ С ПОСЛЕДУЮЩИМ ВНЕДРЕНИЕМ НА РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ СЗФО

## Аннотация

Актуальность этого проекта обусловлена сложившейся ситуацией в области экологии и пищевой безопасности. На предприятиях рыбной промышленности существует острая потребность в технологиях, позволяющих перерабатывать отходы их производства; эти технологии не только позволяют решать непосредственно вопросы обращения с отходами, но и получать ценные белковые продукты. В статье рассмотрены методы получения белковых гидролизатов на основе отходов рыбного производства, свойства белковых гидролизатов, перспективность применения и возможности коммерческой реализации готового продукта. Основная цель данного проекта - обоснование применения схемы переработки рыбных отходов на основании технологии ферментативного гидролиза.

**Ключевые слова:** рыбное производство, вторичная переработка, гидролиз.

Kleimenova M.E.

Postgraduate student,

ITMO University

# DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE RECYCLING TECHNOLOGY BASED ON HYDROBIONTS

## Abstract

The relevance of this project is due to the situation in the field of environment and food safety. On the enterprises of the fishing industry there is an urgent need to use recycling technology; these technologies not only allow it to solve issues directly handling the waste, but also to receive valuable protein products. The article describes methods of obtaining protein hydrolysates based on fish processing waste, properties of protein hydrolysates, the prospect of the application and possible commercialization of the final product. The main objective of the project is the substantiation of the application of fish waste recycling schemes based on the enzymatic hydrolysis technology.

**Keywords:** fish manufacturing, recycling, hydrolysis.

В настоящее время имеется дефицит белковых продуктов животного происхождения, пригодных к использованию в различных секторах промышленности, и в тоже время существует острая проблема обращения с отходами рыбного производства и некондиционным рыбным сырьем. Таким образом, логично решать эти две проблемы комплексно на стыке интересов. Этой проблеме посвящено множество научно-исследовательских работ, направленных на исследование возможного применения этого ценного белкового сырья, в большей степени на способы его переработки, интенсификацию процессов получения готовых продуктов, с наилучшими показателями качества состава, физико-химических свойств и безопасности.

**Цель исследования** – обоснование рациональной переработки отходов рыбного производства на предприятиях Северо-Западного округа и в дальнейшем разработка и внедрение технологической схемы ферментативного белкового гидролиза на рыбоперерабатывающих заводах региона.

## Сырье

В качестве исследуемого сырья целесообразно рассматривать отходы переработки основных видов промысловых рыб, добываемых в регионе исследования, в данном случае, это СЗ регион, и виды рыб, выбранные для последующего изучения в рамках проекта: скумбрия, лосось, треска и сельдь. Среднее содержание белка у представителей этих видов 18-24%, содержание жира до 30% (у трески до 1%).

## Способы получения белковых гидролизатов

Белковый гидролизат – это продукт с высоким содержанием свободных аминокислот и полипептидов. Процесс белкового гидролиза инициируется и протекает под действием катализирующих веществ, которые разрушают в белковой молекуле структурную связь C-N.

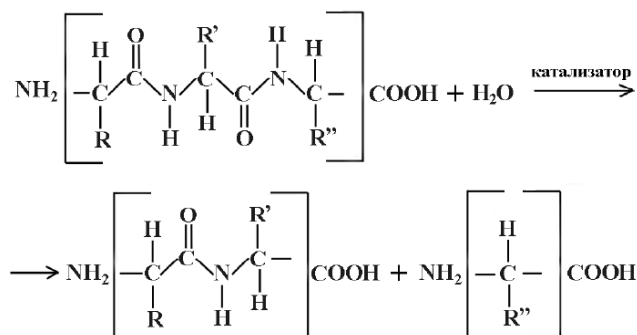


Рис. 1 – Разрушение C-N связи в молекуле трипептида

Таким образом, в зависимости от применяемого в процессе гидролиза катализатора различают химический и ферментативный гидролиз.

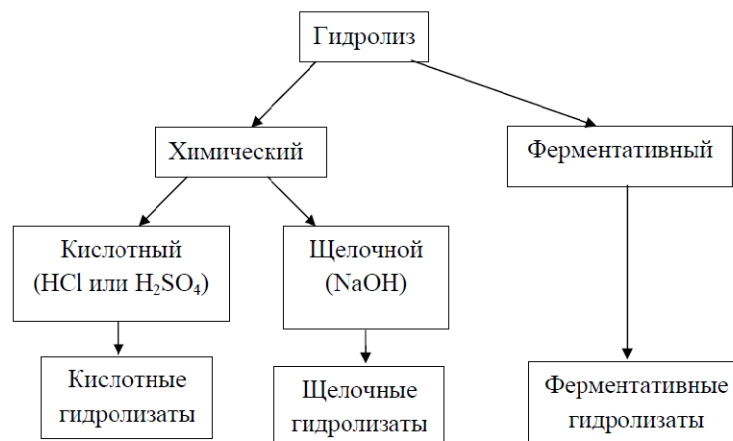


Рис. 2 – Классификация методов белкового гидролиза

На данный момент химический гидролиз белка является наиболее распространенным способом получения белковых гидролизатов, несмотря на ряд недостатков, одним из которых является сама природа процесса. Химический гидролиз (кислотный) протекает в жестких условиях (при температурах кипения растворов и выше и под давлением), при которых разрушаются не только молекулы белка и патогенная микрофлора, но и ценные аминокислоты. В ходе кислотного гидролиза происходят разрушение триптофана, треонина, серина, дезанимирование аспаргина и глутамина, и разрушение витаминов. Еще один существенный минус применение кислотного гидролиза – это образование побочных продуктов гидролиза в виде солей соответствующих кислот.

Щелочной способ гидролиза наименее популярен в промышленности, так как состав гидролизата, получаемого с его помощью имеет неудовлетворительные характеристики качества и безопасности, так как содержит токсичные для человека и животных вещества – структурные части лантаниона и лизиноаланина.

В целом химические методы белкового гидролиза нуждаются в значительном аппаратном исполнении и повышенному вниманию к технике безопасности на производстве, так как кислоты и щелочи – являются агрессивными средами и могут выводить технику из строя, за счет своих коррозионных свойств.

Наиболее перспективным для изучения и применения является ферментативный способ получения белковых гидролизатов из рыбных отходов из-за специфичности катализаторов и исходного сырья, требующих индивидуального подбора условий проведения реакции в зависимости от их вида. Наибольшая биохимическая активность у большинства ферментов проявляется только при строго определённых концентрациях водородных ионов, и даже незначительные отклонения pH среды от этого оптимума ослабляет активность фермента, либо изменяет характер его действия. Например, оптимум pH для типичных протеолитических ферментов: трипсин – 7,8-9,5; пепсин – 1,5-2,5. Кроме того, для каждого фермента существует определённый температурный оптимум (для амилазы – 50°C, пепсина и трипсина – 37°C). При нагревании до 70°C большинство ферментов инактивируются, а при 100°C они разрушаются.

Преимущества ферментативного гидролиза заключаются в селективности катализирующих веществ, высокой эффективности, так как данный способ позволяет получать готовый продукт с составом аминокислот идентичным аминокислотному составу исходного сырья. Сохранность аминокислот обеспечивается, в том числе, «мягкими» условиями протекания реакции ( $t^0 = 35\div 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pH близкие к нейтральным значениям, давление атмосферное). Еще одно существенное преимущество заключается в том, что при ферментативном гидролизе разрушается структурная связь белка с жиром, что позволяет с легкостью отделить последний, чтобы провести последующую сушку белка без побочных продуктов и дополнительных манипуляций.





Рис. 3 – Схема переработки рыбных отходов с применением технологии ферментативного гидролиза

#### Коллоидно-химические свойства ферментативных белковых гидролизатов и области их применения

Основные показатели к использованию гидролизатов в различных областях промышленности – коллоидно-химические свойства, а именно, вязкость, растворимость, способность к эмульгированию, гелеобразованию, пенообразованию и другие. Данные свойства во многом зависят от вида сырья, подвергаемого гидролизу, от выбранного фермента-катализатора и режима гидролиза, от глубины расщепления белковых молекул.

Растворимость белковых гидролизатов зависит от способа их получения, степени гидролитического расщепления, значений pH, температуры и присутствия солей в растворе. В литературе отмечен факт существенно более высокого растворения белкового рыбного гидролизата (гидролизат мойвы имеет растворимость более 84% в диапазоне pH 2÷11) по сравнению с нативными белками или гидролизатами бобовых культур (растворимость соевых белковых гидролизатов находится в пределах 20% при pH=4÷5) даже при относительно низкой степени расщепления белковых структур.

Термостабильность – важное качество белковых гидролизатов, представляет собой способность пептидов дольше сохранять свои структуру и свойства при воздействии температур по сравнению с нативными белками. Это свойство

присуще для гидролизатов белков молочной сыворотки, казеина, сои, а так же мясных и рыбных гидролизатов, оно обеспечивает возможность сушки гидролизатов на финальных стадиях процесса переработки.

Эмульгирующие свойства играют важную роль для пищевой промышленности. Установлено, что при степени гидролитического расщепления 36% белковый гидролизат сельди показывает хорошую эмульсионную способность, это обусловлено выходом на поверхность гидрофобных аминокислотных остатков, способствующих образованию устойчивых эмульсий. Таким образом, можно сделать вывод, что эмульгирующие свойства напрямую и в значительной степени зависят от гидрофобных свойств гидролизатов, которые влияют на растворимость белковых молекул и пептидов в воде. При увеличении гидрофобности эмульгирующая способность снижается.

Еще одним важным показателем для пищевой промышленности является вязкость гидролизата. При расщеплении пептидных связей наблюдается значительное уменьшение вязкости раствора белкового гидролизата по сравнению с раствором нативных белков. Это объясняется существенным снижением гидрофобности гидролизатов, а также увеличением степени их ионизации по сравнению с нативными белками. Снижение вязкости гидролизата также оказывает положительное воздействие на процесс сушки.

### **Вывод**

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что разработка и внедрение технологии получения ферментативных белковых гидролизатов из недоиспользуемого рыбного сырья является перспективным и востребованным направлением для рыбоперерабатывающей промышленности. Белок, полученный методом ферментативного гидролиза, может быть широко востребован в пищевой, медицинской и кормовой промышленности, благодаря полноценному аминокислотному составу, содержанию в них макро- и микроэлементов, жирных кислот, в том числе полиненасыщенных жирных кислот, а также благодаря доступности технологии переработки.

Основные планируемые последующие этапы и результаты проекта:

- лабораторное получение белковых гидролизатов из предоставляемого рыбного сырья;
- исследование физико-химических свойств полученных белковых гидролизатов;
- технико-экономическое обоснование реализации проекта на рыбоперерабатывающем предприятии СЗ региона
- внедрение схемы вторичной переработки гидробионтов.

### **Литература**

1. Аламдари, Х. Определение оптимальных режимов получения белковых гидролизированных компонентов из кильки для стартовых кормов осетровых рыб / Х. Аламдари, Н. В. Долганова, С. В. Пономарев // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. - 2013. - № 1. - С. 173-179.
2. Антонов, В. К. Специфичность и механизм действия протеолитических ферментов / В.К. Антонов // Биоорганическая химия. - 1980. - Т. 6, № 6. - С. 805-839.
3. Маслова Г.В., Василевский П.Б. Способ получения белка из белоксодержащего раствора. Авторское св-во № 1594727 СССР, 1988.
4. Маслова Г.В., Егорова Е.Э., Василевский П.Б., Прокошенков А.А., Широков С.А. Способ получения белкового гидролизата из гидробионтов. Авторское св-во № 772518 СССР, 1989
5. Максимюк, Н. Н. О преимуществах ферментативного способа получения белковых гидролизатов / Н. Н. Максимюк, Ю. В. Марьяновская // Фундаментальные исследования. - 2009. - № 1. - С. 34-35.

### **References**

1. Alamdari, H. Opredelenie optimal'nyh rezhimov polucheniya belkovykh gidrolizovannykh komponentov iz kil'ki dlja startovykh kormov osetrovykh ryb / H. Alamdari, N. V. Dolganova, S. V. Ponomarev // Vestnik AGTU. Ser.: Rybnoe hozjajstvo. - 2013. - № 1. - S. 173-179.
2. Antonov, V. K. Specifichnost' i mehanizm dejstvija proteoliticheskikh fermentov / V.K. Antonov // Bioorgan. Himija. - 1980. - T. 6, № 6. - S. 805-839.
3. Maslova G.V., Vasilevskij P.B. Sposob polucheniya belka iz beloksoderzhashhego rastvora. Avtorskoe sv-vo № 1594727 SSSR, 1988.
4. Maslova G.V., Egorova E.Je., Vasilevskij P.B., Prokoshenkov A.A., Shirokov S.A. Sposob polucheniya belkovogo gidrolizata iz gidrobiontov. Avtorskoe sv-vo № 772518 SSSR, 1989
5. Maksimjuk, N. N. O preimushhestvah fermentativnogo sposoba polucheniya belkovykh gidrolizatov / N. N. Maksimjuk, Ju. V. Mar'janovskaja // Fundamental'nye issledovaniya. - 2009. - № 1. - S. 34-35.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.141

Кордабовский В.Ю.

Старший научный сотрудник,

Федеральное государственное бюджетное учреждение

«Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», г. Магадан, Россия

**НОВЫЕ СКОРОСПЕЛЫЕ СОРТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАРТОФЕЛЯ****Аннотация**

*В статье излагаются направления научно-исследовательской работы по созданию пластичных, высокоурожайных, адаптированных к местным условиям сортов картофеля, дана характеристика скороспелых сортов картофеля, с высоким адаптационным потенциалом, выведенных в результате многолетней работы ученых в ФГБНУ Магаданский НИИСХ: Север, Вьюга, Арктика, Зоя, Магадан. Сорта отличаются повышенной продуктивностью, хорошими товарными и вкусовыми качествами, устойчивостью к основным болезням, лежкостью.*

**Ключевые слова:** картофель, сорт, скороспелость, урожайность, устойчивость.

Kordabovskiy V. Y.

Senior Researcher,

FSBSI Magadan Research Agricultural Institute

Magadan, Russia

**NEW EARLY – RIPE PROSPECTIVE VARIETIES OF POTATO****Abstract**

*In article the directions in a research work on creation of flexible, high- yielding potato varieties adapted to local conditions are stated, description of domestic early-ripe potato prospective varieties with high adaptive potential, bred as a result of the labour of scientists in FSBSI Magadan Research Agricultural Institute is given: The North, Snow-storm, Arctic, Zoya, Magadan. The prospective varieties have high productivity, good marketability and gustatory qualities resistance to main diseases, storageability.*

**Keywords:** potatoes, prospective variety, early- ripening, yield, resistance.

Картофель - основная продовольственная культура, возделываемая в Магаданской области на площади 1,4 тысячи га. Суровые почвенно-климатические условия региона (безморозный период длится 52 - 111 дней, среднесуточная температура июля не превышает 11,0 - 13,5<sup>0</sup> С, мерзлотные почвы с низким содержанием доступных для растений питательных элементов и кислой реакцией) предопределяют возможность выращивать сорта только ранней и среднеранней группы спелости, способные сформировать урожай за максимально короткий период вегетации.

На данном этапе, из-за вырождения ранее районированных для севера Дальнего Востока сортов, происходит резкое снижение урожайности культуры картофеля. Использование на посадках завозимо семенного материала из других регионов страны, без учета адаптации к месту произрастания, дает положительный результат в течение 2-3 лет, а затем продуктивность резко снижается и производство картофеля становится нерентабельным. Поэтому необходимо выведение сортов картофеля нового поколения. Вновь создаваемые генотипы должны обладать высокой пластичностью, адаптивностью к стрессовым факторам окружающей среды, устойчивостью к наиболее распространенным болезням, возможностью обеспечить надежное семеноводство. Раннеспелость картофеля должна сочетаться с высокой урожайностью и качеством продукции, способностью более полной реализации биологического и хозяйственно-полезного потенциала.

Сортосмена – практически единственный доступный фактор интенсификации картофелеводческой отрасли [1]. С переходом растениеводства к эколого-биосферным системам ведения, способствующим повышению плодородия почвы и урожайности культуры, роль сорта возрастает на 60 – 80 % [2,3].

Вышеизложенные обстоятельства определяют важность и необходимость осуществляемой ФГБНУ Магаданский НИИСХ расширенной программы по созданию и районированию зональных сортов картофеля. В результате многолетней селекционной работы подобран ряд перспективных сортов картофеля с урожайностью 30 - 50 т/га, что, практически соответствует уровню сельскохозяйственных предприятий страны с хорошо развитым картофелеводством. Полученные популяции сочетают в себе такие хозяйственно-ценные показатели, как привлекательный внешний вид и выравненность клубней, небольшую глубину глазков, хороший вкус, устойчивость к механическим повреждениям, повышенное содержание сухого вещества и крахмала. Ниже приводятся их основные сортовые и хозяйственные характеристики.

**Север** – выделен в популяции Барака × Аусония. По срокам созревания отнесен к ранней группе. Урожайность в среднем за четыре года испытаний (2012 – 2015 гг.) составила 43,9 т/га, что выше стандартного районированного сорта Сантэ на 16,4 т/га. Клубни удлиненные, вогнутые, со светло-бежевой кожурой, крупные (110-150 г), в гнезде от 7 до 12 штук, выкапываются практически чистыми. Товарность высокая – 93 - 95 %. Глазки мелкие, мякоть желтая, при резке и варке не темнеет. Сорт отличается ранним интенсивным клубнеобразованием: на 60 - 65 день после посадки формирует урожай массой 18 - 20 т/га. Вкусовые и столовые качества хорошие, содержание крахмала в пределах 11,9 - 12,5 %, что для раннеспелого сорта в условиях севера Дальнего Востока считается высоким.

По результатам Государственного испытания устойчив к обычной и агрессивной расе рака картофеля, золотистой цистообразующей и бледной нематод, вирусным болезням. Практически не подвержен заболеванию фитофторозом, ботва в годы массовой эпидемии поражается в малой степени. Адаптирован к колебаниям температурного режима, засухе, переувлажнению почвы, ночным и утренним морским туманам.

По итогам зимнего хранения (сентябрь - апрель) обладает хорошей лежкостью (до 90,2 %) и длительным периодом покоя. Для получения крепкого и здорового семенного материала желательно послеуборочное световое озеленение клубней в течение 7 - 10 дней.

Интенсивного типа возделывания, положительно отзывается на высокий агрофон. С успехом выращивается на пойменных дерново-аллювиальных почвах, но лучше - старо пойменные супесчаные и песчаные.

**Вьюга** – материнская линия Накра, опылитель Раја. Среднеранний, столового назначения. Урожайность за 2012 – 2015 гг. составила 32,6 т/га, раннего картофеля – от 14 до 17,5 т/га. Клубни округлые, выровненные, под кустом формируется от 7 до 15 штук со средней массой 85 - 105 г. Кожура светло-бежевая, глазки мелкие, окраска мякоти светло-желтая. Товарность 90 - 94 %, содержание крахмала 10,9 - 12,2 % .

Устойчив к раку и нематодам, вирусным болезням, парше обыкновенной, фитофторозу. При избытке влаги в почве расположен к поражению черной ножкой. Пригоден для выращивания на хорошо окультуренных, удобренных землях, но с успехом использует и естественное плодородие. Сохранность картофеля 91 – 93 %, универсален для приготовления различных домашних блюд.

**Арктика** – получен в комбинации Дар × 1198-2, среднеспелый, столовый. Клубни светло-бежевые, овально-округлые, вес 80 - 100 г, глазки мелкие, в гнезде 7 - 15 штук. В ранние сроки уборки (на 75 - й день после посадки) урожайность колеблется от 14 до 17 т/га. За четыре года испытаний в среднем собрали по 32,4 т/га, с товарностью 92 - 96 %..

Потребительские качества хорошие и отличные, крахмалистость - 12,8 %. Устойчив к раку картофеля, золотистой нематоде, фитофторозу, вирусным болезням, парше обыкновенной, ризоктониозу, умеренно восприимчив к черной ножке. Сортообразец обладает способностью при минимуме лимитирующих продуктивность факторов к более полной реализации биологического и хозяйственно- полезного потенциала. В процессе хранения отходы за 2014 – 2015гг. составили всего 3 – 4 % от общей массы семян.

**Зоя** – родительские формы Памяти Осиповой × 946-3. Среднеранний, клубни желтые, овально-округлые, глазки средней глубины, белые, окраска мякоти светло-желтая. Гнезда компактные, выровненные, насчитывающие 8 - 16 клубней, весом 75 - 90 г, товарность 90 - 95 %. Урожайность за годы исследований составила 33,4 т/га. Пригоден для приготовления пюре, жарки, в товарном виде, промышленной переработки, содержание крахмала 13,2 %.

Клубни и ботва устойчивы к наиболее распространенным в регионе грибковым и бактериальным заболеваниям. Лежкоспособность 94,1 %, хорошо отзывается на повышение фона минерального питания увеличением количества и доли товарной массы.

**Магадан** - популяция 81.14/16 × Аусония, Среднеспелый, столовый. Клубни желтые, овально-округлые, глазки средней глубины, мякоть желтая, при резке не темнеет. Под кустом образуется 7 - 15 штук, со средней массой одного товарного клубня 75 - 90 г, гнезда компактные, выровненные. Урожайность за годы изучения составила 33 т/га, товарность 92,7 %. Кулинарные характеристики отличные, крахмалистость 12,4 %, содержание сухого вещества 17 - 20 %.

Пластичен, успешно возделывается на различных почвах со средним и повышенным уровнем минерального питания (N90P120K140 кг д.в./га). Лежкость картофеля - 91,4 %, при температуре 2-3<sup>0</sup> С в течении 8 - 9 месяцев не прорастает.

Государственное сортоиспытание урожайности выделенных сортообразцов картофеля даст возможность оценить их по всем показателям и ввести лучшие в районирование.

#### Литература

1. Картофель России. Селекция, семеноводство, сертификация / Под ред. А. В. Коршунова. - М., 2003. - Т. 1. - С. 262 - 263.
2. Кожемякин В. С. Состояние отрасли картофелеводства в Южно-Уральском регионе РФ // Вопросы картофелеводства: научн. тр. / ВНИИКХ. М., 1998. - С. 74 - 78.
3. Писарев Б.А.Сортовая агротехника картофеля. - М.:Агропромиздат, 1990. - 208 с.

#### References

1. Kartoffel Rossii. Seleksia, semenovodstvo, sertifikasja / Pod red. A. V. Korsunova. – М., 2003. – Т. 1. – S. 262-263.
2. Kozemakin V.S. Sostoianie otrasli kartofelevodstva v Ugno- Yralskom regione RF//Voprosye kartofelevodstva: nauchnye tr. /VNNIIKH.M., 1998. - S. 74 - 78.
3. Pisarev B. A. Sortovay agrotehnika kartofela. – М.: Agropromizdat, 1990. - 208 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.160

Латышева О.В.

Аспирант ФГБОУ ВПО «Костромская ГСХА»,

кафедра внутренних незаразных болезней, хирургии и акушерства.

**ВЛИЯНИЕ СЕЗОНА ГОДА И УРОВНЯ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МОЛОКА КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ****Аннотация**

*В статье анализируется влияние сезона года и уровня молочной продуктивности на химический состав молока коров голштинской породы. В племенном заводе ООО «Современные агротехнологии» более высокими показателями по содержанию жира и белка в молоке отличались коровы с меньшей продуктивностью ( $P \leq 0,001-0,05$ ). По содержанию лактозы в молоке, выраженных изменений при росте продуктивности не выявлено. Наибольшее содержание в молоке белка отмечается в осенью, а лактозы в зимой. Изменения содержанию массовой доли жира у коров разного уровня продуктивности не одинаковы и зависят от сезона года.*

**Ключевые слова:** сезон года, молочная продуктивность, химический состав молока, массовая доля жира, массовая доля белка, лактоза.

Latysheva O.V.

Postgraduate,

Kostroma State Agricultural Academy

**INFLUENCE OF SEASON AND MILK PRODUCTIVITY ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF MILK OF HOLSTEIN BREED COWS****Abstract**

*The article analyzes the influence of season and level of milk production on the chemical composition of milk of Holstein breed cows. In a stud farm ООО "Sovremennyye agrotekhnologii" cows with a lower productivity ( $P \leq 0,001-0,05$ ) showed higher rate of fat and protein in their milk. The correlation between increased productivity and lactose content in the milk was not found. The highest content of protein in milk is registered in autumn, the highest content of lactose is registered in winter. Changes of fat content in the milk of cows with a different productivity level are not equal and depend on the season.*

**Keywords:** season of the year, milk production, milk chemical composition, technological properties of milk, fat mass fraction, mass fraction of protein, lactose.

**Введение.** Химический состав молока обуславливает его биологическую и пищевую ценность, от которых зависит выход молочной продукции и ее качество. Поэтому очень важно изучать влияние различных факторов на химический состав молока и учитывать их как при производстве молока, так и при его переработке [7]. Качество молока и его пригодность для производства молочной продукции зависят от породной принадлежности, стадии лактации, возраста, состояния здоровья, сезона года, уровня кормления и других [3, 4, 6].

При изучении влияния сезона года на технологические качества молока Н.В. Соболева, А.В. Кузнецов и С.В. Карамаяв установили, что в летние месяцы содержание жира в молоке коров самое низкое, а зимой самое высокое и это обусловлено повышением температуры окружающей среды в помещениях [5]. По данным Е.Г. Федоровой и Б.С. Флоренсовой технологические качества молока значительно ухудшались весной и улучшались осенью [6]. Е.Н. Мартынова, Е.В. Ачкасова, И.Ф. Дултаева в результате исследований наблюдали увеличение массовой доли жира (МДЖ) в весенний и летний сезон года, а увеличение массовой доли белка (МДБ) в молоке осенью с последующим снижением к летнему периоду [3].

В настоящее время при использовании современных технологий в молочном скотоводстве все чаще для содержания крупного рогатого скота используют холодный метод, при котором коровы содержатся в зданиях облегченной конструкции павильонного типа. Микроклимат в таких сооружениях зависит от природно-климатических факторов окружающей среды, что безусловно имеет значительное влияние на продуктивные способности, содержащихся в них коров [1,2].

**Цель исследования.** Целью наших исследований являлось изучение влияния сезона года и уровня молочной продуктивности на химический состав молока коров голштинской породы при холодном методе содержания.

**Материал и методы исследования.** Исследования были проведены в племенном хозяйстве по разведению голштинской породы ООО «Современные агротехнологии» г. Москва на протяжении двух смежных лет (апрель 2014 - февраль 2016). Для опыта были отобраны 200 коров с учетом месяца лактации, уровня продуктивности, из которых было сформировано 5 групп по 40 коров в каждой. В первую группу вошли коровы с продуктивностью менее 9000 кг молока за 305 дней лактации, во вторую – от 9000 до 9999 кг, в третью – от 10000 до 10999 кг, в четвертую – от 11000 до 11999 кг, в пятую – более 12000 кг. Химический состав молока был изучен по следующим показателям: массовая доля жира (%), массовая доля белка (%), лактоза (%) при помощи прибора «FOSS MilkoScan<sup>TM</sup>FT+» для этого молоко отбиралось индивидуально от каждой коровы. Во время опыта животные всех групп находились в одинаковых условиях содержания и кормления.

**Результаты и их обсуждение.** Данные по изменению содержания массовой доли жира в зависимости от сезона года и уровня молочной продуктивности представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение содержания массовой доли жира в зависимости от сезона года и уровня молочной продуктивности, %

Группа	Сезон года			
	весна	лето	осень	зима
1 группа	3,99±0,14 a**, b**, c*, d***	3,92±0,16 b*, d*, g*	4,09±0,17 a*	3,93±0,09 c**, e*, f*
2 группа	3,47±0,12 a**	3,86±0,14 a*, f*, e*	4,14±0,16 b*, c**	3,59±0,12 c**
3 группа	3,44±0,15 b**	3,48±0,12 a*, b*	4,00±0,17	3,59±0,11 e*
4 группа	3,49±0,15 c*	3,45±0,15 d*, f*	3,78±0,09 b*	3,60±0,12 f*
5 группа	3,21±0,14 d***	3,43±0,16 g*, e*	3,58±0,13 a*, c**	3,64±0,12

Примечание: буквенными индексами (a, b, c, d, e, f, g) обозначены пары достоверно различающихся групп при уровне значимости: \*-P≤0,05, \*\*-P≤0,01, \*\*\*-P≤0,001.

Из данных таблицы 1 видно, что в каждом из сезонов года прослеживается отрицательная динамика между МДЖ и увеличением молочной продуктивности. Так в весенний период МДЖ в молоке коров первой группы была значительно выше, чем у животных остальных групп. Наибольшее различие отмечается с 3-й и 5-й группами на 0,78% (P≤0,001) и 0,55% (P≤0,01). Различия между максимальным и минимальным значением МДЖ в летний период составило 0,49%, в осенний период 0,51%. Минимальным это различие было в зимний период и составило 0,34%.

Графическое изображение изменения содержания массовой доли жира в зависимости от сезона года и уровня молочной продуктивности представлено на рисунке 1.

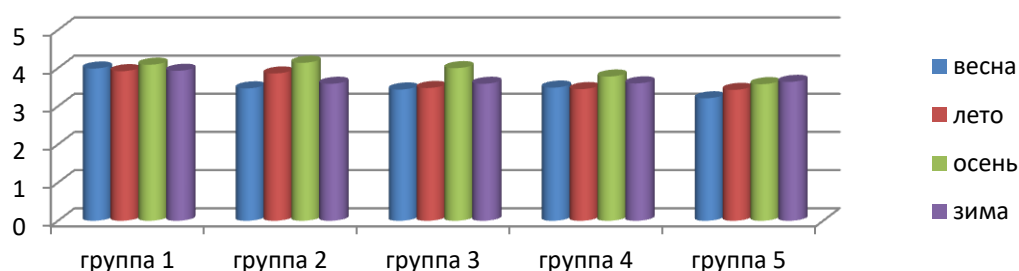


Рис. 1 – Изменение содержания массовой доли жира в зависимости от сезона года и уровня молочной продуктивности

Анализ данных рисунка 1 показывает, что в группе с наименьшим уровнем молочной продуктивности (группа 1), МДЖ не зависимо от сезона года была на высоком уровне (3,92%-4,09%) и колебания данного показателя были незначительными (0,07%-0,17%). Во 2-й, 3-й и 4-й группах наблюдается увеличение МДЖ в осенний период. В осенний период по сравнению с весенним периодам содержание жира в молоке во 2-й группе выше на 0,67% (P≤0,001), в 3-й группе выше на 0,56% (P≤0,05), в сравнении с зимним периоду на 0,55% (P≤0,001) и на 0,41% (P≤0,05) соответственно. В 5-й группе от весны к зиме МДЖ повышается в среднем на 0,06-0,22%. Различие между значениями этого показателя весной и зимой составляет 0,43% (P≤0,05).

Содержание белка в молоке является одним из основных показателей, учитываемых при оценке качества молока. Изменение содержания массовой доли белка в зависимости от сезона года и уровня молочной продуктивности представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Изменение содержания массовой доли белка в зависимости от сезона года и уровня молочной продуктивности, %

Группа	Сезон года			
	весна	лето	осень	зима
1 группа	3,21±0,06 a***, b**, c*, d**	3,23±0,08 a*	3,50±0,06 a*, c**	3,23±0,06 b***, c***, d*, e*
2 группа	2,95±0,04 a***	3,21±0,05 b*	3,39±0,08	3,03±0,04 b***
3 группа	2,96±0,05 b**	3,09±0,05	3,44±0,08	2,96±0,04 c***
4 группа	3,01±0,05 c*	3,15±0,05	3,29±0,06 a*	3,08±0,04 d*
5 группа	2,99±0,05 d**	3,04±0,05 a*, b*	3,26±0,05 c**	3,08±0,05 e*

Примечание: буквенными индексами (a, b, c, d, e) обозначены пары достоверно различающихся групп при уровне значимости: \*-P≤0,05, \*\*-P≤0,01, \*\*\*-P≤0,001.

Анализируя результаты содержания белка, установлено, что во все сезоны года наибольшее количество его было в молоке у коров 1-й группы с наименьшей молочной продуктивностью с колебаниями от 3,21 до 3,50%. При этом достоверные различия между 1-й и 5-й группами имели место на протяжении всего года ( $P \leq 0,01-0,05$ ). В весенний период животные 1-й группы также значительно превосходили по МДБ коров 2-й, 3-й и 4-й групп (0,20-0,26%, при  $P \leq 0,001-0,05$ ). В летний период высокое содержание белка в молоке, также отмечается во 2-й группе, что выше, чем у животных с наивысшей продуктивностью ( $P \leq 0,05$ ). В осенний период прослеживаются различия между 1-й и 4-й группами, разница между которыми составила 0,21% при  $P \leq 0,05$ . Разница по содержанию белка между животными 2-й, 3-й и 4-й групп в зимний период была незначительной и составила в среднем 0,5-0,12%. В то время как значение МДБ в вышеперечисленных группах было существенно ниже по сравнению с 1-й группой (0,15-0,27% при  $P \leq 0,05$ ,  $P \leq 0,001$ ).

Изменение содержания МДБ в зависимости от сезона года и уровня молочной продуктивности представлено на рисунке 2.

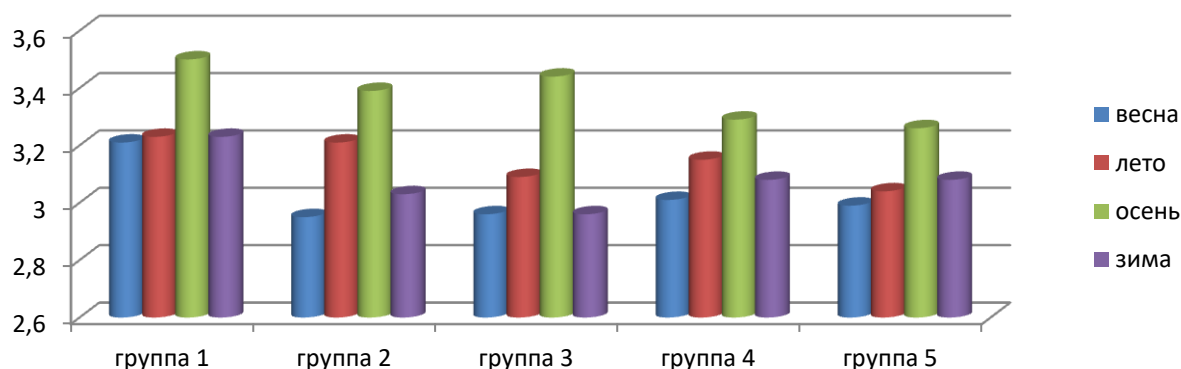


Рис. 2 – Изменение содержания массовой доли белка в зависимости от сезона года и уровня молочной продуктивности

Анализ полученных данных показывает, что во всех подопытных группах наибольшее значение МДБ отмечается в осенний период содержания (3,26-3,50%). Различие в сравнении с весенним молоком по всем группам составило 0,27-0,48% ( $P \leq 0,001$ ), в сравнении с зимним 0,18-0,48% (5-я группа- $P \leq 0,05$ , 1-4 групп-  $P \leq 0,001$ ). В 1-й, 3-й и 5-й группах прослеживаются различия между МДБ в зимний и летний периоды. В 1-й группе разница составила 0,29% ( $P \leq 0,001$ ), в 3-й – 0,43% ( $P \leq 0,001$ ), в 5-й – 0,27% ( $P \leq 0,01$ ). Также по всем группам животных отмечается незначительное повышение МДБ в летний период по сравнению с весенним. Это повышение минимально в 1-й группе 0,02%, максимально – во 2-й группе 0,26%.

Изучение содержания лактозы молока имеет важное физиологическое значение, так как этот компонент необходим при питании новорожденного молодняка, кроме того он участвует в обмене веществ, в частности в образовании жиров и белков. Изменение содержания лактозы в зависимости от сезона года и уровня молочной продуктивности представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Изменение содержания лактозы в зависимости от сезона года и уровня молочной продуктивности, %

Группа	Сезон года			
	весна	лето	осень	зима
1 группа	4,33±0,05	4,67±0,04	4,59±0,05	4,84±0,03 <sub>d*</sub>
2 группа	4,37±0,03	4,71±0,04	4,53±0,07 <sub>a*</sub>	4,88±0,03 <sub>e**</sub>
3 группа	4,34±0,03	4,68±0,03	4,50±0,06 <sub>b** c*</sub>	4,83±0,03
4 группа	4,34±0,04	4,69±0,04	4,70±0,04 <sub>a* b**</sub>	4,82±0,04
5 группа	4,34±0,04	4,67±0,04	4,68±0,04 <sub>c*</sub>	4,75±0,03 <sub>d* e**</sub>

Примечание: буквенными индексами (a, b, c, d, e) обозначены пары достоверно различающихся групп при уровне значимости: \*- $P \leq 0,05$ , \*\*- $P \leq 0,01$ .

Анализируя полученные данные по содержанию лактозы в молоке, выраженных изменений при росте продуктивности не выявлено. Минимальные различия в сравниваемых группах наблюдались в весенний и летний периоды (0,04%). В осенний период различие между группами по значительно возросло и составило 0,2%, что выше в 5 раз по сравнению с весенним и летним периодами. Наибольшее содержание лактозы осенью наблюдалось у коров с наибольшей продуктивностью (4-я и 5-я группы,  $P \leq 0,01-0,05$ ), а зимой у животных с меньшими удоями (1-я и 2-я группы,  $P \leq 0,01-0,05$ ).

Графическое изображение изменения содержания лактозы в зависимости от сезона года и уровня молочной продуктивности представлено на рисунке 3.



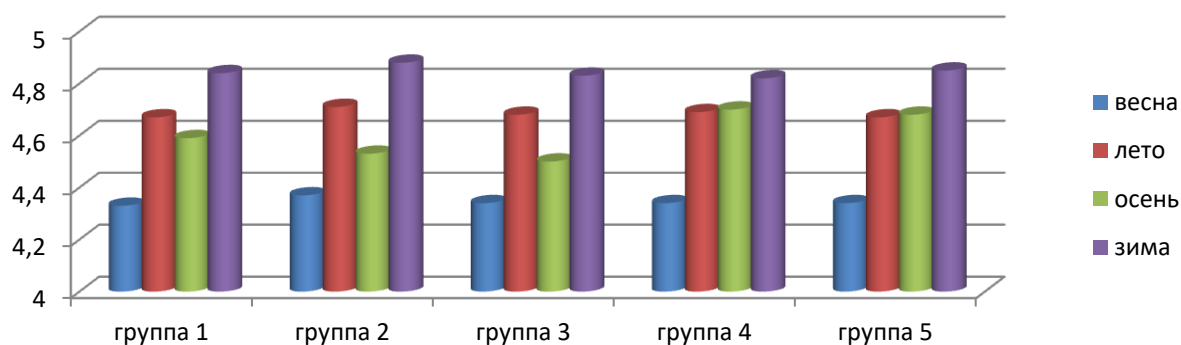


Рис. 3 – Изменение содержания лактозы в зависимости от сезона года и уровня молочной продуктивности

Определение содержания лактозы в молоке показало (рис. 3), что в течение анализируемых периодов оно изменялось во всех опытных группах: весной лактозы в молоке было меньше по сравнению с летним периодом на 0,33-0,35% ( $P \leq 0,001$ ), по сравнению с осенью на 0,16-0,36% ( $P \leq 0,001$ ,  $P \leq 0,05$  - 2-я и 3-я группы) и по сравнению с зимой на 0,41-0,51% ( $P \leq 0,001$ ). Максимальное содержание данного компонента молока по сравнению с летним и осенним периодами было зимой с разницей в 0,08-0,17% ( $P \leq 0,001$ -0,05) и 0,07-0,35% ( $P \leq 0,001$  в 1-й, 2-й и 3-й группах,  $P \leq 0,05$  в 4-й группе) соответственно.

**Заключение.** Проанализировав данные мы видим, что у коров племенного завода ООО «Современные агротехнологии» химический состав молока изменяется в зависимости от сезона года и уровня молочной продуктивности. Более высокими показателями по МДЖ и МДБ отличались у коровы с меньшей продуктивностью ( $P \leq 0,001$ -0,05). По содержанию лактозы в молоке, выраженных изменений при росте продуктивности не выявлено. Наибольшее значение МДБ отмечается в осенний период содержания, а лактозы в зимний период. Изменения содержанию МДЖ у коров разного уровня продуктивности не одинаковы и зависят от сезона года.

#### Литература

1. Китаев Е.А., Карамаев С.В., Карамаева А.С. Молочная продуктивность коров в зависимости от способа содержания и кратности доения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2011. №1. С. 1-7.
2. Латышева О.В., Позднякова В.Ф. Особенности производства молока коров голштинской породы в условиях современного комплекса // Зоотехния. - 2015. - №7. - С. 17-18.
3. Мартынова Е.Н., Ачкасова Е.В., Дултаева И.Ф. Влияние сезона года на продуктивность, химический состав и технологические свойства молока коров черно-пестрой породы // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. - 2014. - №3. - С. 215-219.
4. Петрухина Л.Л. Молочная продуктивность и качественный состав молока разных генотипов // Мир науки, культуры, образования. - 2014. - №2. - С. 448-451.
5. Соболева Н.В., Кузнецов А.В., Карамаев С.В. Влияние породы коров и сезона года на технологические свойства молока при производстве сладкосливочного масла // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2010. - №27-1. - С. 85-88.
6. Федорова Е.Г., Флоренсова Б.С. Влияние породной принадлежности и сезона года на реологические свойства молока // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. - 2014. - №6. - С. 226-229.
7. Эрнст Л.К., Зиновьева Н.А. Биологические проблемы животноводства XXI века. - М.: РАСХН, 2008. 508с.

#### References

1. Kitaeva E.A., Karamaev S.V., Karamaeva A.S. Molochnaya produktivnost' korov v zavisimosti ot sposoba soderzhaniya i kratnosti doeniya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2011. - №1. - S. 1-7.
2. Latysheva O.V., Pozdnyakova V.F. Osobennosti proizvodstva moloka korov golshtinskoyi porody v usloviyah sovremennogo kompleksa // Zootehniya. - 2015. - №7. - S. 17-18.
3. Martynova E. N., Achkasova, E. V., I. F.Dultaeva. Vliyanie sesona goda na produktivnost', himicheskii sostav i tehnologicheskie svoistva moloka korov cherno-postroyi porodi //Uchenie zapiski Kazanskoyi gosudarstvennoyi akademii veterinarnoyi medicyni im. N.E. Bauman. - 2014. - №3. - S. 215-219.
4. Petruhina L.L. Molochnaya produktivnost' i kachestvenniy sostav moloka raznih genotipov //Mir nauki, kul'tury, obrasovaniya. - 2014. - №2. - S. 448-451.
5. Soboleva N.V., Kuznecov A.V., Karamaev S.V. Vliyanie porody korov i sezona goda na tehnologicheskie svoi'stva moloka pri proizvodstve sladkoslivochnoogo masla // Izvestiya Orinburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2010. - №27-1. - S. 85-88.
6. Fedorova E.G., Florensova B.S. Vliyanie porodnoi' prinadleshnosti i sezona goda na reologicheskie svoi'stva moloka // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2014. - №6. - S. 226-229.
7. Ernst L.K., Zinov'eva N.A. Biologicheskie problem zhivotnovodstva XXI veka. M.: RASHN, 2008. 508s.



DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.047

Маракаева Т.В.<sup>1</sup>, Казыдуб Н.Г.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-9384-8112, Кандидат сельскохозяйственных наук,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-2234-9647, Доктор сельскохозяйственных наук,

Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ОБРАЗЦОВ ФАСОЛИ ОВОЩНОЙ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ****Аннотация**

В статье приведены результаты изучения коллекционных образцов фасоли овощной (*Phaseolus vulgaris* L.) различного эколого-географического происхождения по продолжительности вегетационного периода, числу бобов с растения, массе семян с растения, массе 1000 семян и урожайности. Исследованы закономерности изменения этих признаков от условий среды. Выделены образцы с высокими показателями адаптивности – перспективные для дальнейшей селекции культуры в условиях южной лесостепи Западной Сибири.

**Ключевые слова:** фасоль овощная, образец, индекс условий, пластичность, стабильность.

Marakaeva T.V.<sup>1</sup>, Kazydub N.G.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-9384-8112, PhD in Agriculture<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-2234-9647, PhD in Agriculture,

Omsk State Agrarian University named after PA Stolypin

**ASSESSMENT OF ECOLOGICAL PLASTICITY AND STABILITY OF SAMPLES OF HARICOT OF WESTERN SIBERIA, VEGETABLE IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN FOREST-STEPPE****Abstract**

Results of studying of collection samples of haricot vegetable are given in article (*Phaseolus vulgaris* L.) various ekologo-geographical origin on duration of the vegetative period, number of beans from a plant, the mass of seeds from a plant, the mass of 1000 seeds and productivity. Regularities of change of these signs from environment conditions are investigated. Samples with high rates of adaptability – cultures, perspective for further selection, in the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia.

**Keywords:** haricot vegetable, sample, index of conditions, plasticity, stability.

Большинство современных образцов фасоли овощной имеют достаточно высокий потенциал продуктивности, реализация которого сдерживается из-за их низкой гомеостатичности и чувствительности к неблагоприятным факторам среды [1].

В процессе селекции адаптивные свойства растений к стрессовым факторам среды даже имеют определенную тенденцию к ухудшению, что в ближайшем будущем может стать главной причиной сдерживания дальнейшего прогресса производства культуры [2]. В связи с этим одной из основных задач, которые стоят перед селекционерами фасоли, является создание оптимального генотипа растений, способного стабильно реализовывать свой потенциал и при этом оптимально реагировать на изменение условий выращивания.

Для характеристики потенциала модификационной и генотипической изменчивости отдельных признаков (или их групп) и видов растений используют термины «пластичность» и «стабильность». Пластичность (способность к изменчивости признаков), также, как и стабильность в варьирующих условиях внешней среды, рассматривают в качестве основных приспособительных свойств живых организмов [3]. Экологическая пластичность образца – способность стабильно формировать высокий, относительно других образцов, урожай генетически обусловленного качества в широком ареале при достаточном разнообразии погодных и агротехнических условий [4]. A.D. Bradshaw давал определение пластичности, как способности генотипа изменять величину признаков в разных условиях среды, а стабильности – как отсутствия пластичности [5].

При оценке образцов сельскохозяйственных культур по экологической пластичности и стабильности у учёных нет единого мнения. S.A. Eberhart и W.A. Russell считают, что лучшими являются средне пластичные образцы с высоким значением признака и высокой стабильностью в различных условиях выращивания [6].

Цель исследования заключается в проведении оценки адаптивных свойств образцов фасоли овощной различного эколого-географического происхождения и выделение перспективного исходного материала для селекции.

**Материал и методика**

Материалом для исследований послужили 13 образцов фасоли овощной различного эколого-географического происхождения (Россия, Германия, Польша, Нидерланды, США), выделенных из коллекции по комплексу хозяйственно-ценных признаков.

Исследования проводились в 2013-2015 гг. на опытном поле ФГБОУ ВО Омский ГАУ.

Почвы опытного поля представлены черноземами обыкновенными, выщелоченными и лугово-черноземными. Для лугово-черноземной маломощной малогумусовой среднесуглинистой почвы характерен благоприятный гранулометрический состав для произрастания овощных культур. Порозность и аэрация хорошие. Относительное количество доступной влаги высокое – 62,5–64,4%. Однако абсолютное ее содержание довольно низкое – 131,8–160,4 мм весной, летом – от 7–8 мм продуктивной влаги. Почва с низким содержанием гумуса – 4,8%, что определяет невысокое содержание в ней валового азота N–28%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>–0,12%.

Годы исследований различались контрастными климатическими условиями, что позволило достоверно оценить образцы фасоли по пластичности и стабильности.

Полевые исследования, наблюдения и анализы проводились согласно Методическим рекомендациям ВИР [10]. Параметры экологической пластичности рассчитывали по методу S. A. Eberhart и B. A. Rusell в интерпретации В.А. Зыкина и др.

## Результаты и обсуждения

Метеорологические условия в годы проведения исследований имеют контрастные показатели в период вегетации фасоли овощной, как по количеству осадков, так и по температурному режиму. Наиболее благоприятные условия для проявления признака продолжительность вегетационного периода фасоли овощной сложились в 2015 г. Индекс условий ( $I_j$ ) был положительным (0,23), а средний показатель признака ( $x_i$ ) равен 76,5 суток (рисунок 1). Отрицательно на проявление данного признака сказались условия 2013 г. ( $I_j = -0,38$ ;  $x_i = 74,0$ ).

Потенциальная возможность продуктивности фасоли велика. В наших исследованиях мы проанализировали следующие показатели структуры урожая: число бобов с растения, масса семян с растения, масса 1000 семян. Как видно из рисунка 2 в 2013 г. были наиболее благоприятные условия для проявления признака число бобов с растения. Для этого признака установлена прямолинейная зависимость от индекса условий среды –  $x_i = 24,4$ , а  $I_j = 0,62$ . Согласно полученным данным, из изученной коллекции наибольшей экологической пластичностью по изученному признаку выделился образец Польская 14 ( $b_i = 9,26$ ). Стоит отметить, что образцы: Памяти Рыжковой ( $b_i = 3,12$ ), Ibiza ( $b_i = 2,67$ ), Либретто ( $b_i = 1,69$ ) и Золото Сибири ( $b_i = 1,60$ ) также имели сильную реакцию на изменение условий среды. Низкими показателями стабильности ( $\sigma_{dr}^2$ ) в годы исследований характеризовались образцы: Золушка ( $\sigma_{dr}^2 = 0,23$ ), Маруся ( $\sigma_{dr}^2 = 0,11$ ) и Бона ( $\sigma_{dr}^2 = 0,02$ ).

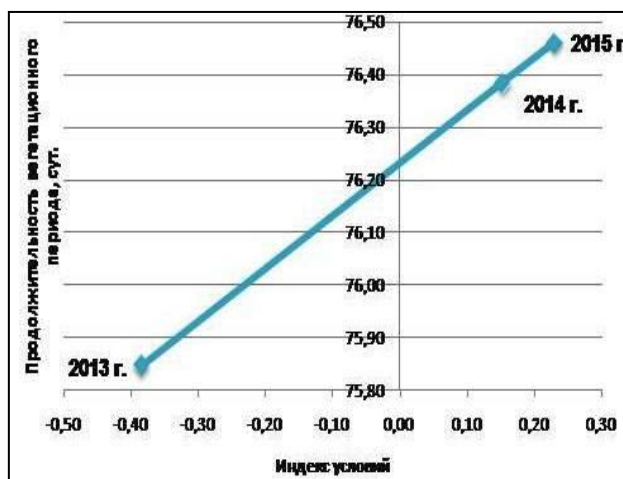


Рис. 1 – Зависимость продолжительности вегетационного периода от условий среды

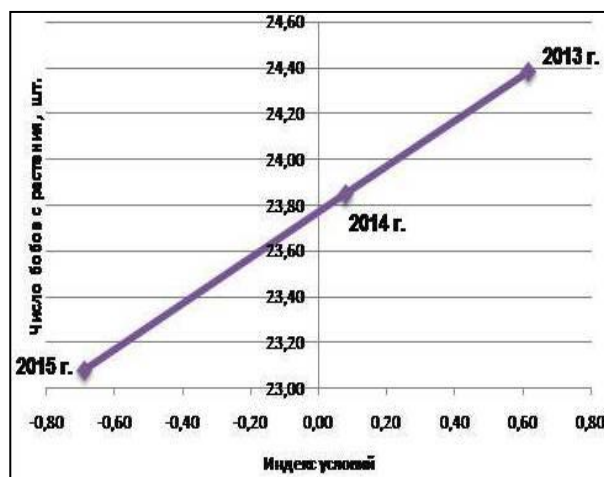


Рис. 2 – Зависимость числа бобов с растения от условий среды

Наиболее благоприятные условия для проявления признака масса семян с растения изучаемых образцов фасоли овощной сложились в 2014 г. –  $I_j = 0,49$ ;  $x_i = 20,68$  г (рисунок 3). В 2013 г. индекс условий ( $I_j$ ) был отрицательным и составил -0,89, а средний показатель признака ( $x_i$ ) – 19,29 г. Наглядная информация влияния условий среды на массу семян с растения образцов фасоли представлена линейной регрессией (рисунок 3). Наибольшими коэффициентом регрессии и реакцией на изменение условий среды по изученному признаку отличился образец Marion ( $b_i = 2,63$ ).

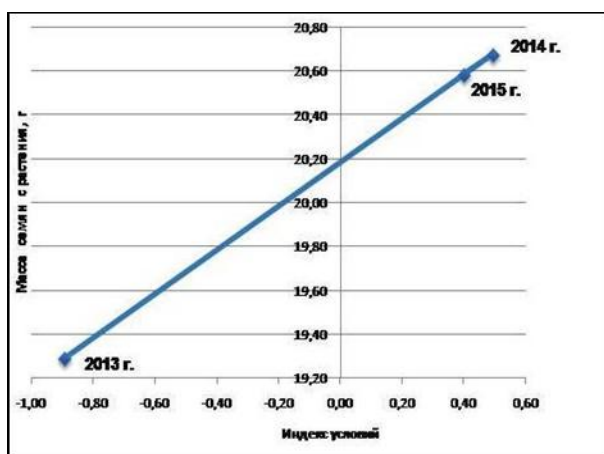


Рис. 3 – Зависимость массы семян с растения от условий среды

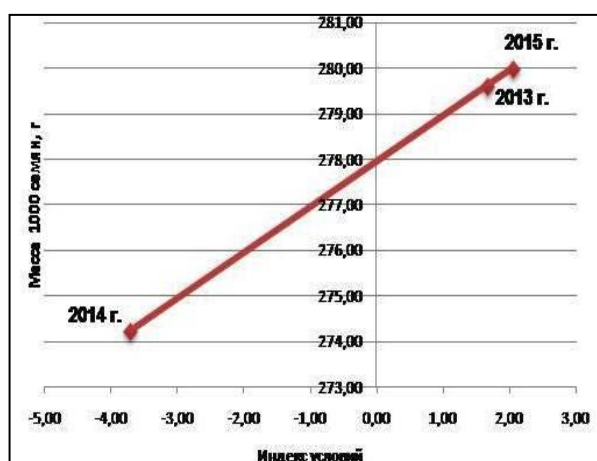


Рис. 4 – Зависимость массы 1000 семян от условий среды

Также высокой экологической пластичностью по данному признаку характеризовались образцы: Сисаль ( $b_i = 2,53$ ), Польская 25 ( $b_i = 2,52$ ) и Польская 14 ( $b_i = 2,02$ ). Низкими показателями массы семян с растения на протяжении трех лет изучения характеризовались: Золушка ( $\sigma_{dr}^2 = 0,04$ ), Маруся ( $\sigma_{dr}^2 = 0,00$ ) и Бона ( $\sigma_{dr}^2 = 0,01$ ).

На рисунке 4 видно, что для признака масса 1000 семян хорошие условия сложились в 2014 г. ( $I_j = 2,05$ ;  $x_i = 280$  г). В 2013 г. индекс условий ( $I_j$ ) был отрицательным (-3,72). Наибольшим коэффициентом регрессии и наибольшей

реакцией на изменение условий среды по данному признаку выделились образцы: Польская 14 ( $b_i=5,17$ ), Niver ( $b_i=3,08$ ), Сисаль ( $b_i=2,77$ ), Либретто ( $b_i=2,59$ ) и Памяти Рыжковой ( $b_i=2,09$ ).

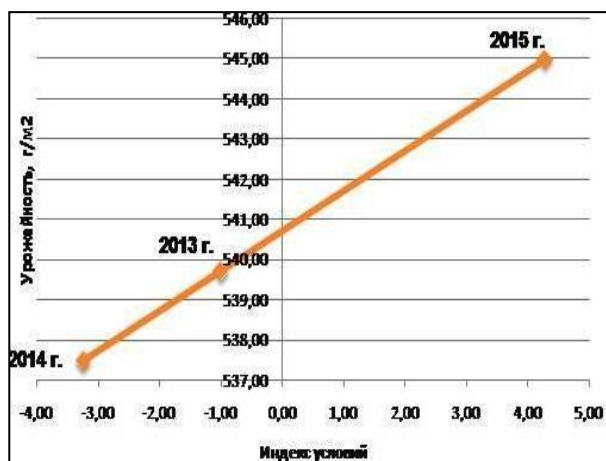


Рис. 5 – Зависимость урожайности от условий среды

Наиболее благоприятные условия для урожайности изучаемых образцов фасоли овощной сложились в 2015 г. ( $I_j=4,27$ ;  $x_i=545,01$  г/м²) (рисунок 5). В

2014 г. индекс условий ( $I_j$ ) был отрицательным (-3,26), а средний показатель

признака ( $x_i$ ) равен 537,4 г/м². Такие образцы, как Ibiza ( $b_i=10,15$ ), Niver ( $b_i=5,83$ ), Памяти Рыжковой ( $b_i=6,93$ ) и Золото Сибири ( $b_i=6,34$ ) имели высокие коэффициенты регрессии по урожайности и высокую пластичность.

#### Заключение

В результате исследований установлена прямолинейная зависимость от условий среды средних показателей признаков продолжительности вегетационного периода, числа бобов с растения, массы семян с растения, массы 1000 семян и урожайности.

Из коллекции фасоли овощной выделены образцы с высокой стабильностью, средней пластичностью и высокими показателями ценных признаков, перспективные для селекционного и практического использования:

- по продолжительности вегетационного периода – Бона, Niver, Золото Сибири, Либретто и Золушка;
- по числу бобов с растения – Польская 14, Памяти Рыжковой, Ibiza, Либретто и Золото Сибири;
- по массе семян с растения – Marion, Сисаль, Памяти Рыжковой, Польская 25 и Польская 14;
- по массе 1000 семян – Польская 14, Niver, Сисаль, Либретто и Памяти Рыжковой;
- по урожайности – Ibiza, Niver, Памяти Рыжковой и Золото Сибири.

Таким образом, высокая вероятность получения новых генотипов с высоким адаптивным потенциалом при использовании в селекционном процессе образцов: Золото Сибири, Памяти Рыжковой, Ibiza и Niver.

#### Литература

1. Казыдуб Н.Г. Сравнительная оценка хозяйственно-ценных признаков образцов фасоли (PHASEOLUS VULGARIS L.) и создание на их основе нового селекционного материала для условий южной лесостепи Западной Сибири/ Н.Г. Казыдуб, Т.В. Маракаева// Монография. - Омск, 2015.
2. Казыдуб Н.Г. Селекция фасоли овощной в южной лесостепи Западной Сибири/ Н.Г. Казыдуб, С.Ю. Пучкова, Т.В. Рассказова// Вестник Омского государственного аграрного университета. 2013. № 2 (10). С. 9-13.
3. Драгавцев В.А. Эколого-генетический скрининг генофонда и методы конструирования сортов сельскохозяйственных растений по урожайности, устойчивости и качеству. Методические рекомендации (новые подходы)/ В.А. Драгавцев// СПб: ВИР, 1997. – 49 с.
4. Жученко А.А. Мобилизация генетических ресурсов цветковых растений на основе их идентификации систематизации/ А.А. Жученко// М., 2012. – 584 с.
5. Bradshaw A.D. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants // Advances in Genetics, 1965. – Vol. 13. – P. 115-155.
6. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci., 1966. – V. 6, – P. 36- 8. Wricke G. Über eine Method ezur Erfassung der Okologischen Streubreite in Feldversuchen // Z. Pflanzen zuchtung, 1962. – V. 47, – P. 92-93.

#### References

1. Kazydub N. G. Comparative assessment of economic and valuable signs of samples of haricot (PHASEOLUS VULGARIS L.) and creation on their basis of new selection material for conditions of the southern forest-steppe of the Western Siberia / N. G. Kazydub, T.V. Marakaeva//the Monograph. - Omsk, 2015, P. 150
2. Kazydub N. G. Selection of haricot of vegetable Western Siberia in the southern forest-steppe / N. G. Kazydub, S.Yu. Puchkova, T.V. Rasskazova//Bulletin of Omsk state agricultural university. 2013. No. 2 (10). P. 9-13.
3. Dragavtsev V.A. Ekologo-geneticheskyy screening of a gene pool and methods of designing of grades of agricultural plants on productivity, stability and quality. Methodical recommendations (new approaches) / V.A. Dragavtsev//SPb: VIR, 1997. – P. 49

4. Zhuchenko A.A. Mobilization of genetic resources of flowering plants on the basis of their identification systematization / A.A. Zhuchenko//M., 2012. – P. 584

5. Bradshaw A.D. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants // Advances in Genetics, 1965. – Vol. 13. – P. 115-155.

6. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci., 1966. – V. 6, – P. 36- 8. Wricke G. Über eine Method zur Erfassung der Ökologischen Streubreite in Feldversuchen // Z. Pflanzen zuchtung, 1962. – V. 47, – P. 92-93.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.211

Никитин В.В.<sup>1</sup>, Соловиченко В.Д.<sup>2</sup>, Карабутов А.П.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Доктор сельскохозяйственных наук, <sup>2</sup>доктор сельскохозяйственных наук, <sup>3</sup>кандидат сельскохозяйственных наук  
ФГБНУ “Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства”

# **ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

**Аннотация**

*Приводятся результаты многолетнего полевого опыта по изучению влияния удобрений на урожай и качественные показатели зерна озимой пшеницы. Минеральные удобрения увеличивают урожайность культуры до 1,5 тонн с гектара и улучшают технологические показатели зерна и муки. Оптимальные показатели продуктивности озимой пшеницы на чернозёмах юго-западной части ЦЧР находятся в диапазоне внесения 60-90 д.в. кг/га NPK.*

**Ключевые слова:** озимая пшеница, рентабельность, условно-чистый доход (УЧД), стекловидность, индекс деформации клейковины (ИДК), сила муки, седиментация, цветность мякиша.

Nikitin V.V.<sup>1</sup>, Solovichenko V.D.<sup>2</sup>, Karabutov A.P.<sup>3</sup>, Navalnev V.V.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>PhD in Agriculture, <sup>2</sup>PhD in Agriculture, <sup>3</sup>PhD in Agriculture, <sup>4</sup>PhD in Agriculture  
FGBNU "The Belgorod research institute of agriculture"

# **INFLUENCE OF PROLONGED USE OF FERTILIZERS ON EFFICIENCY OF THE CROP ROTATION AND QUALITY OF WINTER WHEAT**

**Abstract**

*The results of long term field experiment to study the effects of fertilizers on yield and grain quality indicators of winter wheat. Mineral fertilizers increase yields to 1.5 tonnes per hectare and improve technological indicators of grain and flour. Optimal indicators of economic evaluation of productivity of a winter wheat on Chernozem in South-Western part of the Central Chernozem region are in the range of 60-90 kg/ha NPK.*

**Keywords:** winter wheat, profitability, steklovinnost, flour force, sedimentation, chromaticity of a crumb.

На эффективность удобрений, применяемых под озимую пшеницу, в сильной степени сказывается последствие предшествующей культуры. Например, в опытах Воронежского СХИ вносили под пшеницу, высеваемую по черному пару и гороху, 30 и 60 кг/га азота. Урожай зерна по черному пару по первой дозе составил 43 и 36 ц/га, по второй - 46 и 44 ц/га [1].

На черноземах типичных Лесостепи Украины лучшие результаты при посеве пшеницы по стерновым предшественникам получены от N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>, по кукурузе - от N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>40</sub>, по вико-овсу - от N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> [2,3]. Увеличение дозы азота до 120 кг/га было неэффективным. В степной зоне Украины при возделывании пшеницы по черному пару максимальный урожай обеспечивало внесение P60K90, а при посеве ее после кукурузы - N<sub>90</sub>P<sub>60-90</sub> K<sub>60</sub> [4].

На черноземе слабовыщелоченном Краснодарского края при посеве пшеницы по кукурузе на силос и подсолнечнику на фоне P80K60 наиболее эффективной дозой азота была 120 кг/га [5]. На черноземах выщелоченных Молдовы оптимальной дозой под пшеницу следует считать N<sub>90-120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; минеральные удобрения увеличили содержание белка на 1,8-3,1%, клейковины - на 4-7% [6]. При этом дозы дифференцировались в зависимости от гидротермического коэффициента сезона: в засуху оптимальными были 45-60 кг, при достаточном увлажнении 120-150 [7].

На урожай озимой пшеницы существенное влияние оказывает сроки внесения азотных удобрений. При внесении карбамида-аммиачной смеси в дозах 60, 110 и 160 кг/га в два срока - рано весной и в конце фазы трубкования - наиболее высокий урожай был получен при раннем внесении, повышение содержания белка в зерне не компенсировало потерь урожая от позднего внесения [8].

По данным Баварского института земледелия, наиболее эффективным оказалось дробное внесение азота в дозе 148 кг/га: N58 - в фазу кущения, N20 - в начале выхода в трубку, N40 - в начале колошения. В этом случае повышается урожай, увеличивается содержание белка и его сбор с единицы площади [9].

На черноземах выщелоченных Кубани рекомендуется вносить 50% азота перед посевом по непаровым предшественникам [10], а на южных черноземах Украины дробное внесение целесообразно только в случае больших доз - порядка 180 кг/га [11].

Таким образом, урожай зерна в наибольшей степени окупает затраты на азотные удобрения при внесении их либо под основную обработку, либо рано весной. Поздние подкормки не повышают сборов зерна, но улучшают качество, доводя его до сильного [12,13].

На эффективность удобрений, внесенных под озимую пшеницу, очень сильное влияние оказывает последствие предшествующей культуры. После чистых паров, парозанимающих культур потребность в дополнительном азотном

питании сравнительно невелика; после зернобобовых - средняя и после зерновых колосовых и поздно убираемых предшественников – сильная.

Эффективность фосфорных и калийных удобрений определяется, в основном содержанием этих элементов в почве в подвижной форме. При средней обеспеченности фосфором и высокой обменным калием прибавки от фосфорных удобрений в три раза, а от калийных – в пять раз меньше, чем от азотных [14].

Результаты исследований были получены в стационарном полевом опыте, заложенном на черноземе типичном со следующей агрохимической характеристикой: содержание гумуса (по Тюрину) – 6,03%, рН (KCl) – 6,1, Нг (по Каппену) – 1,67 мг-экв/100 г почвы, Нг (по Корнфильду) – 145 мг/кг, Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (по Чирикову) – 54 мг/кг, К<sub>2</sub>O (по Чирикову) – 116 мг/кг.

Севооборот – типичный для зоны, пятипольный со следующим чередованием культур: горох, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на силос; сорта и гибриды – районированные для ЦЧЗ. Минеральные удобрения вносили под озимую пшеницу, сахарную свеклу и кукурузу, навоз в количестве 40 т/га применяли один раз в ротацию под сахарную свеклу с осени, как и минеральные удобрения, под плуг, под пшеницу удобрения вносили под предпосевную культивацию.

Схема опыта включала в себя два блока: безнавозный и с применением органических удобрений (навоза). Каждый блок логически разделяется на две части: первая включает возрастающий уровень минеральных удобрений при неизменном соотношении N:P:K, вторая – изменение их сочетаний. Уровень удобренности позволяет максимизировать продуктивность культур.

Урожаи зерна пшеницы во второй ротации выше, чем в первой, примерно, в 1,5 раза. Это связано, прежде всего, с метеорологическими условиями, сложившимися за годы проведения эксперимента: за годы первой ротации за период май-июнь выпало 81 мм осадков, а второй – 163 мм. Кроме того, в большинстве лет второй ротации вегетация озимых начиналась очень рано – в конце марта-начале апреля. Средняя температура апреля за первую ротацию составила 6,2° С, а за вторую – 8,1° С. Это позволило значительно удлинить вегетационный период и, что немаловажно, начинать вегетацию при низком стоянии солнца над горизонтом при преобладании в солнечном спектре энергонасыщенных ультрафиолетовых лучей. Следует отметить, что заметный прирост урожая зерна пшеницы имеет место при внесении единичной дозы удобрений, небольшая прибавка имеет место при дальнейшем увеличении дозы до полуторной; более высокие дозы неэффективны.

В целом закономерности действия минеральных удобрений на озимую пшеницу по обеим ротациям были идентичны, и поэтому мы делаем анализ в сумме по двум ротациям (табл.1). Увеличение доз до полуторных сопровождалось повышением урожая зерна как на безнавозном фоне, так и на фоне навоза, внесенного под сахарную свеклу. Варьирование соотношением питательных веществ не привело к достоверному изменению продуктивности пшеницы, и здесь можно судить лишь о тенденции.

Таблица 1 – Влияние удобрений на урожайность и качество озимой пшеницы  
(среднее за две ротации)

Варианты	Уро-жай-ность, т/га	УЧД, тыс. руб/га	Рента-бель-ность, %	%		
				Бе-лок	Клей-кови-на	ИДК
Контроль (б/у)	3,10*	-	-	12,5	24,8	77,0
(NPK)60	1,13	1,53	26,9	13,6	26,2	73,0
(NPK)90	1,31	-0,26	-3,0	14,0	27,7	72,5
(NPK)120	1,41	-2,31	-20,3	13,9	29,0	75,5
(NPK)150	1,41	-5327	-37,0	14,2	29,0	74,5
N120P90K90	1,32	-0,99	-10,6	14,0	28,4	74,5
N90P60K60	1,21	0,93	13,3	13,9	28,1	74,0
N90P120K90	1,37	-1,89	-18,7	14,0	28,3	73,0
N90P90K60	1,17	-0,69	-8,6	13,7	28,9	76,5
Навоз (Н), 40 т/га**	0,07	0,44	-	12,7	24,6	73,5
Н+(NPK)60	1,08	1,41	24,7	13,7	27,2	72,0
Н+(NPK)90	1,37	0,22	2,6	14,0	28,7	74,5
Н+(NPK)120	1,45	-2,08	-18,2	14,2	29,8	76,0
Н+(NPK)150	1,43	-5,20	-36,5	14,6	29,2	72,5
Н+N120P90K90	1,37	-0,69	-7,4	14,3	29,2	73,0
Н+N90P60K60	1,31	1,68	23,9	14,3	28,6	74,5
Н+N90P120K90	1,41	-1,44	-14,2	14,1	28,9	75,0
Н+N90P90K60	1,38	0,82	10,2	14,2	28,2	73,0

НСР<sub>05</sub>, тонн: 0,49

\* На контроле урожайность, на остальных вариантах - прибавки

\*\*Под свеклу

Так, снижение РК-фона с 120 кг до 90 несколько снизило урожай зерна, с увеличением доз фосфорных удобрений с 60 до 90 и 120 кг на фоне навоза\_ урожайность возрастала. Повышение дозы калийного компонента с 60 до 90 кг было нецелесообразным.

Краткосрочная производственная эффективность навоза сравнительно невысокая: за десять лет он обеспечил увеличение урожая зерна в количестве 0,07 т/га, но здесь нужно иметь ввиду заметно возрастающий уровень плодородия почвы (повышение содержания гумуса, снижение кислотности, улучшение агрофизических свойств и др.), что в перспективе несомненно скажется на росте продуктивности сельскохозяйственных культур.

Экономически оправданно вносить непосредственно под озимую пшеницу при неизменном соотношении NPK на безнавозном фоне (NPK)60, на фоне навоза (NPK)60-90. При изменении соотношений элементов питания лучшими оказались сочетания: на безнавозном фоне – N90P60K90, на фоне навоза – N90P60K90 и N90P90K60

Общеизвестно, что удобрения, прежде всего азотные, повышают качество зерна озимой пшеницы [6,10,11]. В наших длительных опытах от основного внесения минеральных удобрений увеличивается содержание белка и сырой клейковины. Изменение соотношений в полном удобрении не привело к принципиальным флуктуациям этих параметров. Следует отметить, что на всех удобренных вариантах ИДК была ниже, чем на контроле, но это не имеет принципиального характера в данном случае, так как все варианты опыта обеспечили продовольственное зерно.

Для более детальной оценки влияния удобрений на качество зерна озимой пшеницы выборочные партии зерна были проанализированы по программе полного технологического анализа (табл. 2). Из таблицы следует, что минеральные удобрения и на фоне навоза, и на безнавозном фоне повышают стекловидность зерна. Влияние последствий навоза выражено в увеличении этого показателя на 7 относительных процентов. Уменьшение отношения N:P ухудшает стекловидность.

Таблица 2 – Влияние удобрений на показатели технологической оценки зерна озимой пшеницы

Варианты	Стекловидность, %	Клейковина, %	ИДК, ед.	P/L	Сила муки, е.ф.	Разжижение е. ф.	Валориметр, е.ф.	Цвет мякиша, балл	Пористость, балл	Седиментация, мл	Объем хлеба, см <sup>3</sup>
Контроль (без удобрений)	46	28,3	73	0,98	150	90	49	4,0	3,9	6,0	1055
(NPK)60	50	33,8	71	0,73	196	80	60	4,2	4,2	7,3	1216
(NPK)120	52	34,5	68	0,60	228	67	57	4,3	4,4	8,3	1246
Навоз, 40 т/га*	49	31,0	72	0,98	155	85	50	4,0	4,2	6,1	1085
H+(NPK)60	51	33,8	73	0,78	169	85	52	4,2	4,3	7,1	1170
H+(NPK)120	52	36,8	74	0,70	222	63	56	4,5	4,4	8,1	1203
H+(NPK)150	53	37,0	74	0,78	242	53	58	4,7	5,0	9,1	1258
H+N120P90K90	52	35,5	71	0,63	221	58	60	4,3	4,3	8,8	1244
H+(N90P90K60)	50	34,8	71	0,63	206	70	57	4,2	4,4	7,8	1180

\* Под свеклу

По содержанию клейковины в зерне также имеются отличия в зависимости от доз и соотношений питательных веществ в полном удобрении. Изменение содержания сырой клейковины происходит параллельно изменению стекловидности: чем выше уровень минерального питания, тем больше клейковины находится в продукции.

Современные требования к товарному продовольственному зерну предусматривают не только необходимое количество клейковины, но и ее качество. Данные таблицы показывают, что показатели ИДК на безнавозном фоне на удобренных вариантах несколько ниже, чем на контрольном, а на фоне навоза практически не изменяются. Тем не менее, все зерно по качественной характеристике можно отнести к сильному.

Показатели альвеограммы свидетельствуют, что от минеральных удобрений отношение P/L снижается, в особенности на безнавозном фоне; от последствий навоза этот показатель остается без изменений. Сила муки возрастает с увеличением дозы NPK и при увеличении соотношения N:P в удобрении. Степень разжижения теста снижается от удобрений, особенно заметно на фоне навоза при внесении по 150 кг/га азота, фосфора и калия. Показания валориметра увеличиваются на удобренных фонах, от последствий навоза изменений существенных не отмечено. На удобренных вариантах увеличивается балльная оценка цвета мякиша, возрастает пористость и седиментация теста, а также такой важный показатель как объем хлеба.

На основании многолетних стационарных опытов можно сделать следующее заключение. Основное внесение минеральных удобрений под озимую пшеницу – перспективный агроприем, обеспечивающий прибавку урожая в размере 1,13-1,45 т/га. Однако с учетом стоимости туков и закупочной цены зерна условно- чистый доход обеспечивают невысокие дозы – 62-90 кг NPK, и лучшие результаты получены по варианту N90P60K90. Как тенденцию можно отметить улучшение всех технологических показателей на фоне органических и минеральных удобрений.



## Литература

1. Пресняков Н.А. Роль удобрений в повышении урожайности и качества зерна озимой пшеницы при систематическом применении в севообороте//Эффективность применения удобрений и мелиорантов на почвах ЦЧЗ. – Воронеж, 1986. – С. 15-18.
2. Сырый Н., Ольховский Г., Зализовский В. Действие доз и форм минеральных удобрений на черноземе типичном//Тез. докл. На I дел. съезде почв. и агрох. УССР 3-11 июня, 1982. – С. 59.
3. Глянц А.Ф. Действие доз и соотношений питательных веществ в основном удобрении на урожай озимой пшеницы по разным предшественникам//Пути повышения урожайности зерновых культур в восточной Лесостепи. – Харьков, 1985. – С. 75-79.
4. Бондаренко В.И. Эффективность производства озимой пшеницы в зависимости от удобрений//Химия в сельском хозяйстве. – 1987. – N 6. – С. 51-55.
5. Казанкова В.И., Тарасенко, Тарасенко Н.Н. Содержание нитратов в почве и их влияние на урожай и качество зерна озимой пшеницы//Сб. науч. тр. Краснодарского НИИСХ, вып. 13. – Краснодар, 1977. – С. 61-66.
6. Туртуряну Н.А. Система применения удобрений в севообороте на выщелоченном черноземе//Система удобрений в интенсивном земледелии. – Кишинев, 1979. – С. 3-16.
7. Герасим В.Е. Урожайность и качество культур в зависимости от действия и последствия удобрений//Физиологические и биохимические основы повышения продуктивности и устойчивости растений. – Кишинев, 1986. – С. 64-65.
8. Hera C., Mihaila V. Modificarea unor indici agrochimici ai solului prin aplicarea ingrasamintelor. – An. Inst. Cerc. Cereale Plante Tehan, Агтвгдф, игсгкуые. 1981. 47Ж 319-327,
9. Fischer D. Erfahrung, Beobachtung und Boden vorrat zahlen. – Landwirtschaftliche Zeischrift Reinlland, 1984, 1, 51.7: 456-459.
10. Симакин А.И., Малюга Н.Г., Ширинян М.Х. Основы системы удобрения озимой пшеницы, возделываемой по интенсивной технологии на Кубани//Агрохимия. – 1987. – N 453. – С. 26-30.
11. Сичкарь Е., Ракитина Т. Эффективность минеральных удобрений при возделывании озимой пшеницы в условиях орошения//Биологические и агротехнические основы выращивания зерновых и зернобобовых культур на юге Украины – Одесса, 1983. – С. 65-69.
12. Кидин В.К. Влияние доз и сроков внесения азотных удобрений на превращение азота в почве и его использование пшеницей Безостая-1 в Ставропольском крае//Бюлл. ин-та им. Докучаева, вып. XIX. – М., 1978. – С. 28-33.
13. Горбачева А.Е. Подкормка озимой пшеницы азотными удобрениями//Агрохимия. – 1988. - N 11. – С. 51-54.
14. Стулин А.Ф., Жемела Г.П., Саввина М.С. Влияние систематического применения удобрений в севообороте на урожай озимой пшеницы и его качество//Агрохимия. – 1982. - N 5. – С. 38-43.

## References

1. Presnyakov N. And. The role of fertilizers in improving the yield and quality of grain of winter wheat when systematically applied in crop rotation/Efficiency of application of fertilizers and ameliorants on the soil of CCZ. – Voronezh, 1986. – С. 15-18.
2. The Syry N., G. Olkhovsky, V. Zalizovski the effects of doses and forms of mineral fertilizers on typical Chernozem//proc. Dokl. On I cases. Congress of the soil. and agrah. The Ukrainian SSR from 3 to 11 June, 1982. – С. 59.
3. Gloss A. F. the Effect of doses and ratios of nutrients in the basic fertilizer on yield of winter wheat on various predecessors in Ways of increasing the yield of grain crops in the Eastern Forest. – Kharkov, 1985. – С. 75-79.
4. Bondarenko V. I. Efficiency of winter wheat depending on fertilizers//Chemistry in agriculture. – 1987. – N 6. – С. 51-55.
5. Kazankova I. V., Tarasenko, Tarasenko N. N. The nitrate content in the soil and their influence on yield and quality of winter wheat//Proc. scientific. Tr. Krasnodar research Institute of agriculture, vol. 13. – Krasnodar, 1977. – С. 61-66.
6. Turtureanu N. And. The system of application of fertilizers in crop rotation on leached Chernozem//System of fertilizers in intensive agriculture. – Chisinau, 1979. – С. 3-16.
7. Gerasim V. E. the Yield and quality of crops depending on the effect and aftereffect of fertilizers//Physiological and biochemical bases for increasing the productivity and sustainability of plants. – Chisinau, 1986. – С. 64-65.
8. Hera C., Mihaila V. Modificarea unor indici agrochimici ai solului prin aplicarea ingrasamintelor. – An. Inst. Cerc. Cereale Plante Tehan, ITGLWF, highcue. 1981. 47Ж 319-327,
9. Fischer D. Erfahrung, Beobachtung vorrat zahlen und Boden. – Landwirtschaftliche Zeischrift Reinlland, 1984, 1, 51.7: 456-459.
10. Simakin A. I., Malyuga N. G., Shirinyan, M. H. fundamentals of system fertilizer of winter wheat, cultivated on intensive technology in the Kuban//Agrochemistry. – 1987. – N 453. – С. 26-30.
11. Sichkar E., Rakitina T. the Efficiency of mineral fertilizers in the cultivation of winter wheat in conditions of irrigation//Biological and agrotechnical basis of growing grain and leguminous crops on South of Ukraine – Odessa, 1983. – P. 65-69.
12. Kidin V. K. Influence of doses and timing of nitrogen fertilization on the transformation of nitrogen in soil and its utilization by wheat Bezostaya-1 in the Stavropol region//bull. in-TA im. Dokuchaev, vol. XIX. – М., 1978. – С. 28-33.
13. Gorbachev A. E. Fertilizing winter wheat with nitrogen fertilizers//Agrochemistry. – 1988. - N 11. – С. 51-54.
14. Stulin, A. F., Gemela G. P., Savvina M. S. Effect of systematic application of fertilizers in crop rotation on yield of winter wheat and its quality//Agrochemistry. – 1982. - N 5. – С. 38-43.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.213

Никитин В.В.<sup>1</sup>, Соловichenko В.Д.<sup>2</sup>, Карабутов А.П.<sup>3</sup><sup>1</sup>Доктор сельскохозяйственных наук, <sup>2</sup>доктор сельскохозяйственных наук,<sup>3</sup>кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ "Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства"

**ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЯЧМЕНЯ И ГОРОХА****Аннотация**

Показаны результаты двух ротаций длительного полевого опыта по влиянию последействия удобрений на урожай ячменя и гороха на почве со средней обеспеченностью подвижными формами азота и фосфора и повышенной - калия. Ячмень хорошо отзывался на удобрения, внесенные под свеклу, горох – значительно хуже. Качество зерна ячменя с увеличением доз внесения удобрений растёт, а на качество гороха этот параметр практически не оказал существенного влияния.

**Ключевые слова:** ячмень, горох, ротация, содержание белка, крупность зерна, экстрактивность солода, твердость солода, цветность сусла.

Nikitin V.V.<sup>1</sup>, Solovichenko V.D.<sup>2</sup>, Karabutov A.P.<sup>3</sup><sup>1</sup>PhD in Agriculture, <sup>2</sup>PhD in Agriculture, <sup>3</sup>PhD in Agriculture

FGBNU "The Belgorod research institute of agriculture"

**INFLUENCE OF PROLONGED USE OF FERTILIZERS ON EFFICIENCY AND QUALITY OF CROPS****Abstract**

Shows the results of the two rotations for a long period field experiment on the influence of the aftereffect of fertilizers on yield of barley and pea in soil with an average supply of the mobile forms of nitrogen and phosphorus and high - potassium. Barley responds well to fertilizers that are made under the beets, the peas – much worse. The quality of barley grain with increasing doses of fertilizer rises, and the quality of the peas, this parameter practically does not have a significant impact.

**Keywords:** barley, peas, rotation, protein content, fineness of grain, malt ekstraktivnost, hardness of malt, chromaticity of a mash.

Ячмень - культура хорошо окупающая затраты на удобрения, хотя он в основном использует их последействие [1]. Особенно высока окупаемость на бедных дерново-подзолистых почвах. Прибавки урожая зерна от удобрений, внесенных в дозах 50-75 кг/га д.в., составили 15-18 ц/га [2,3]. На почвах южных регионов уровень прироста урожая ниже - 4-5 ц/га [4]. Актуальным и в то же время дискуссионным является влияние удобрений, главным образом азота, на качество ячменя. Следует отметить, что этому вопросу посвящено много исследований за рубежом. Так, в НИИ растениеводства Чехословакии внесение под ячмень свыше 90 кг азота вызвало уменьшение фракций крупных зерен, снижение крахмалистости и повышение содержания белка [5].

В сельскохозяйственном университете Кестхей (Венгрия) оптимальными дозами азота под пивоваренный ячмень были 40-60 кг/га, более высокие дозы ухудшили пивоваренные качества зерна [6]. Согласно публикации В.Г.Минеева и З.К. Атрашковой [7], средняя доза азота под пивоваренный ячмень в Германии составила 60-80 кг/га, в Югославии - 60, в Норвегии - 90, в Канаде - 60-90. На почвах с содержанием минерального азота более 170 кг/га высевается фуражный ячмень [8].

Горох, в силу своих биологических особенностей, слабо реагирует на удобрения, во всяком случае, на черноземных почвах. Так, на черноземе типичном горох, используя последействие удобрений, обеспечил прибавки урожая зерна в размере 3-5 ц/га [9].

Результаты исследований были получены в стационарном полевым опыте, заложенном на черноземе типичном со следующей агрохимической характеристикой: содержание гумуса (по Тюрину) – 6,03%, рН (KCl) – 6,1, Нг (по Каппену) – 1,67 мг-экв/100 г почвы, Нг (по Корнфилду) – 145 мг/кг, Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (по Чирикову) – 54 мг/кг, К<sub>2</sub>O (по Чирикову) – 116 мг/кг.

Севооборот – типичный для зоны, пятипольный со следующим чередованием культур: горох, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на силос; сорта и гибриды – районированные для ЦЧЗ. Минеральные удобрения вносили под озимую пшеницу, сахарную свеклу и кукурузу, навоз в количестве 40 т/га применяли один раз в ротацию под сахарную свеклу с осени, как и минеральные удобрения, под плуг, под пшеницу удобрения вносили под предпосевную культивацию.

Схема опыта включала в себя два блока: безнавозный и с применением органических удобрений. Каждый блок логически разделяется на две части: первая включает возрастающий уровень минеральных удобрений при неизменном соотношении N:P:K, вторая – изменение их сочетаний. Уровень удобренности позволяет максимизировать продуктивность культур. Удобрения были внесены под предшествующие культуры – сахарную свеклу и кукурузу, и поэтому ячмень и горох использовали их последействие.

Урожай зерна ячменя на контрольных делянках в первой ротации составил 2,23 т/га, во второй – 2,51 т/га (табл. 1). Соответственно во второй ротации отмечены более высокие урожаи и на удобренных делянках и прибавках. Повышенную продуктивность ячменя во второй ротации можно объяснить следующими причинами. Для ячменя наиболее ответственными месяцами в условиях юго-западной части ЦЧЗ являются май и июнь. В это время формируются колосовые бугорки, определяется количество зерен в колосе, их масса, происходит отток питательных веществ из вегетативных органов в генеративные, наливаются зерно. В первую ротацию среднемесячное количество осадков за май-июнь составило 94 мм, во вторую - 101 мм при "норме" 103 мм. Однако во второй ротации растения получили значительно больше солнечной энергии. Если в первой ротации среднесуточная температура воздуха за май-июнь составила 14,4°, то во вторую - 16,4°, что весьма существенно.



Ячмень принято считать пластичной культурой, которая хорошо окупает затраты на удобрения. Прибавки урожая зерна от оптимальных доз удобрений в зависимости от района выращивания и складывающихся погодных условий составляют 6-15 ц/га [10, 11].

В первой ротации от единичной дозы минеральных удобрений прибавка урожая зерна составила 0,45 т/га, двойной – 0,92 на безнавозном фоне, на фоне навоза, внесенного под предшественник, - 0,62 и 1,0 т/га (табл. 1). Во второй ротации прибавки урожая на упомянутых вариантах выше, однако закономерность по обеим ротациям одинакова - с увеличением дозы удобрений кривая роста урожая стремится выйти на "плато".

Таблица 1 – Влияние последствия удобрений на урожайность ячменя, т/га

Варианты	Первая ротация		Вторая ротация		Среднее	
	урожай-ность	при-бавка	урожай-ность	прибав-ка	урожай-ность	прибав-ка
Контроль (б/у)	2,23	-	2,51	-	2,37	-
(NPK) <sub>120</sub>	2,68	0,45	3,13	0,62	2,91	0,54
(NPK) <sub>180</sub>	2,90	0,67	3,48	0,97	3,19	0,82
(NPK) <sub>240</sub>	3,15	0,92	3,65	1,14	3,40	1,03
(NPK) <sub>300</sub>	3,31	1,08	3,75	1,24	3,53	1,16
N <sub>240</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	3,10	0,87	3,69	1,18	3,40	1,03
N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>	2,94	0,71	3,47	0,96	3,21	0,84
N <sub>180</sub> P <sub>240</sub> K <sub>180</sub>	3,01	0,78	3,57	1,06	3,29	0,92
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	3,03	0,80	3,59	1,08	3,31	0,94
Навоз (Н), 40 т/га	2,52	0,29	2,64	0,13	2,58	0,21
H+(NPK) <sub>120</sub>	2,85	0,62	3,29	0,78	3,07	0,70
H+(NPK) <sub>180</sub>	3,03	0,80	3,69	1,18	3,36	0,99
H+(NPK) <sub>240</sub>	3,23	1,00	3,68	1,17	3,46	1,09
H+(NPK) <sub>300</sub>	3,40	1,17	3,75	1,24	3,58	1,21
H+ N <sub>240</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	3,22	0,99	3,68	1,17	3,45	1,08
H+ N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>	3,14	0,91	3,60	1,09	3,37	1,00
H+ N <sub>180</sub> P <sub>240</sub> K <sub>180</sub>	3,31	1,08	3,70	1,19	3,51	1,14
H+ N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	3,17	0,94	3,55	1,04	3,36	0,99
НСР <sub>05</sub> , тонн	0,30		0,41		0,36	

В первой ротации следует отметить эффективность повышенного уровня азотного питания, которая сохраняется и во второй ротации на безнавозном фоне. На фоне навоза в первой ротации отмечается прибавка урожая от двойных доз азота, но меньшая, чем на безнавозном фоне, а во второй ротации не наблюдается прироста урожая от N<sub>240</sub> по сравнению с N<sub>180</sub>.

По обеим ротациям урожаи зерна от единичных доз фосфора несколько ниже, чем от двойных как на безнавозном фоне, так и на фоне навоза, но различия эти незначительны. Неэффективны и полторные дозы калия по сравнению с единичными. Невысокие прибавки урожая были получены и от навоза, внесенного под сахарную свеклу.

В среднем за годы двух ротаций можно утверждать, что ячмень проявил высокую отзывчивость на удобрения, внесенные под сахарную свеклу: с увеличением дозы продуктивность культуры увеличивается. На обоих навозных фонах (нулевом и 40 т/га под свеклу) были эффективны двойные дозы азота и фосфора, и не имело смысла увеличивать дозу калия со 120 до 180 кг/га.

В связи с тем, что в опыте высевался пивоваренный сорт ячменя, были проведены анализы на технологические показатели зерна. С увеличением дозы удобрений закономерно снижается крупность зерна, причем довольно заметно по дозам, превышающим 180 кг/га каждого элемента (табл. 2). В этом же направлении снижается и экстрактивность солода, но менее заметно. Изменение соотношений NPK мало повлияло на изменение экстрактивности солода.

Твердость солода по Брабендеру - напротив - увеличивается с ростом уровня доз удобрений. Влияние соотношений элементов питания на этот важный показатель трудно поддается логическому анализу, можно лишь утверждать, что снижение уровня калийного питания понижает твердость солода.

Цветность суслу - также ответственный показатель в пивоваренном производстве. По нашим данным, он возрастает с увеличением уровня удобренности с 3,6 единиц ЕВС до 4,1 на безнавозном фоне и с 3,7 до 4,1 на фоне навоза. Однако судить о достоверности этих изменений не представляется возможным, так как из-за дороговизны анализов они проводились в смешанных образцах.

Об ухудшении качества пивоваренного ячменя (уменьшении доли крупных зерен, повышении содержания белка, снижении крахмала) свидетельствуют данные отечественных и зарубежных авторов [2, 3, 5]. Однако дозы азота, не превышающие 60-70 кг/га, не ухудшали пивоваренных качеств ячменя [7, 12]. Предлагается на почвах, где в метровом слое содержится более 170 кг/га минерального азота, выращивать кормовой ячмень. Однако в Центрально-Черноземной зоне в основном выращивают ячмень пивоваренный, который в зависимости от обстоятельств либо идет для приготовления пива, либо на корм скоту. Так, что здесь представляются большие возможности для маневра в зависимости от качественных показателей зерна.

Таблица 2 – Влияние последствий удобрения на технологические показатели зерна ячменя (среднее за две ротации)

Варианты	Крупность зерна, %	Экстрактив-ность солода, %	Твердость солода, у.е.	Цветность сусла, ед. ЕВС
Контроль (б/у)	87,8	77,6	75,2	3,8
(NPK) <sub>120</sub>	88,0	77,2	78,4	3,6
(NPK) <sub>180</sub>	85,8	76,5	83,0	3,9
(NPK) <sub>240</sub>	83,0	75,7	82,6	4,0
(NPK) <sub>300</sub>	80,2	75,8	85,4	4,1
N <sub>240</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	81,6	76,3	83,2	4,0
N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>	85,8	76,7	80,0	3,8
N <sub>180</sub> P <sub>240</sub> K <sub>180</sub>	85,4	77,1	79,6	3,9
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	85,8	76,7	81,8	3,9
Навоз (Н), 40 т/га	88,8	77,4	76,0	3,7
H+(NPK) <sub>120</sub>	87,4	77,6	74,5	3,9
H+(NPK) <sub>180</sub>	84,8	76,6	78,4	4,0
H+(NPK) <sub>240</sub>	82,0	76,0	85,6	4,1
H+(NPK) <sub>300</sub>	79,6	75,7	84,2	4,1
H+ N <sub>240</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	77,6	75,98	83,8	4,0
H+ N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>	84,4	76,5	78,0	3,9
H+ N <sub>180</sub> P <sub>240</sub> K <sub>180</sub>	82,4	76,52	82,8	4,0
H+ N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	84,0	76,4	76,6	3,8

Горох в силу своих биологических особенностей, слабо отзывается на удобрения, во всяком случае на черноземных почвах. Принято считать, что азотные удобрения не нужны бобовым культурам, и повышенное азотное питание снижает коэффициент азотфиксации. С другой стороны, имеются экспериментальные данные, свидетельствующие о необходимости внесения стартовых доз азота для сбалансированного питания растений в первый период роста в отсутствие клубеньковых бактерий.

Урожай зерна гороха в среднем за годы второй ротации на контрольных вариантах составил 21,4, а за годы первой - 16,3 ц/га (табл. 3). Во второй ротации сложился несколько более благоприятный тепловой режим для гороха, но главным образом большему урожаю способствовала лучшая влагообеспеченность. Так, за май-июнь во второй ротации выпало 148 мм осадков, а в первой - всего 89.

Урожай на удобренных делянках был выше, чем на контрольных за обе ротации, однако прирост урожаев зерна от последствий удобрений, внесенных под кукурузу, мало различался по вариантам и практически не зависел от изменений в соотношениях NPK удобрений. Содержание белка в зерне было на уровне 20-21% на всех делянках, и какой-либо зависимости этого показателя от того или иного элемента установить не удалось.

Можно отметить лишь следующие тенденции: на безнавозном фоне урожай зерна повысился по двойным дозам азота, а в первой ротации и фосфора; на фоне навоза оптимальной следует считать полуторную дозу фосфора.

Таким образом, на основании 20 опыто-лет можно констатировать, что ячмень проявил высокую отзывчивость на удобрения, внесенные под предшественник, а горох – заметно меньшую. Пивоваренные качества зерна ячменя закономерно ухудшались с увеличением уровня удобренности, а белковость зерна гороха не зависела от этого параметра.

Таблица 3 – Влияние последствий удобрения на урожайность и качество гороха

Варианты	Первая ротация		Вторая ротация		Среднее	
	урожай-ность, т/га	содержа-ние белка, %	урожай-ность, т/га	содержа-ние белка, %	урожай-ность, т/га	содержа-ние белка, %
Контроль (б/у)	1,63*	20,1	21,4*	21,4	1,89*	20,8
(NPK)60	0,31	19,9	0,21	21,4	0,26	20,7
(NPK)90	0,39	20,5	0,24	21,1	0,31	20,8
(NPK)120	0,46	20,0	0,34	21,4	0,40	20,7
(NPK)150	0,45	20,2	0,39	21,8	0,42	21,0
N120P90K90	0,56	20,1	0,34	21,4	0,45	20,8
N90P60K60	0,37	20,2	0,36	21,4	0,36	20,8
N90P120K90	0,47	20,2	0,34	21,4	0,40	20,8
N90P90K60	0,35	20,7	0,31	21,5	0,33	21,1
Навоз (Н), 40 т/га*	0,14	20,6	0,16	21,9	0,12	21,3
H+(NPK)60	0,62	20,3	0,36	21,7	0,49	21,0
H+(NPK)90	0,50	20,1	0,41	21,6	0,46	20,9
H+(NPK)120	0,53	20,4	0,46	21,5	0,49	21,0
H+(NPK)150	0,58	20,2	0,36	21,1	0,47	20,7
H+N120P90K90	0,47	20,2	0,54	21,6	0,50	20,9

Окончание табл. 3 – Влияние последствие удобрений на урожайность и качество гороха

Варианты	Первая ротация		Вторая ротация		Среднее	
	урожай- ность, т/га	содержа- ние белка, %	урожай- ность, т/га	содержа- ние белка, %	урожай- ность, т/га	содержа- ние белка, %
H+N90P60K60	0,36	20,2	0,36	21,5	0,36	20,9
H+N90P120K90	0,45	20,2	0,33	22,2	0,40	21,2
H+N90P90K60	0,49	20,4	0,26	21,8	0,39	21,1

HCP<sub>05</sub>, тонн 0,31

0,21

0,26

\* На контроле – урожайность, на остальных вариантах - прибавка

### Литература

1. Никитин В.В. Влияние повышенных доз, сроков внесения минеральных удобрений на урожай и качество сахарной свеклы и ячменя//Тез. докл. Всесоюз. науч-техн. совещ. "Пути повышения продуктивности земледелия и почвенного плодородия и задачи Геогр. сети опытов с удобр. в XI пятилетке. – Белгород, 1980, ч. 1. – С. 150-151.
2. Прокопович Г. Влияние водно-физических свойств почвы на продуктивность ячменя в севообороте при длительном изучении различных систем удобрений//Сб. науч. тр. Белорус. СХА, вып. 69. – Минск, 1980. – С. 32-37.
3. Чесалин Г., Лукин С., Самойлов Л. Использование азота удобрений ячменем в зависимости от фона питания и засоренности//Бюлл. ВИУА, вып. 54. – М., 1980. – С. 53-55.
4. Лихацких С. Влияние систематического внесения минеральных удобрений в звене севооборота на урожай и качество сельскохозяйственных культур//Бюлл. ВИУА, вып. 38. – М., 1987. – С. 41-43.
5. Kander J. Vplyv hnojenia dusicom na urudu a kvalitu jarnehojacmena. – Agrochemia (Bratislava), 1978, 18. 2: 47-50.
6. Kismanioky T. Wirkung der Stickstoffdungung auf Ertrag und Qualitat von Braugerste. – Braugerstetagung, 77. Tegungsvortrage. Halle. 1978, 140-152.
7. Минеев В.Г., Атрашкова Н.А. Урожай и качество ярового ячменя при разных уровнях минерального питания//Сельское хозяйство за рубежом. – 1980. – N 10. – С. 2-5.
8. Garz et. al. Beziehungen zwischen dem Gehalt des an organischem Stickstoff (Nan) und Ertrag sowie Qualitat der Braugerste. – Braugerstetagung, s. Halle (Saale). 1981: 200-210.
9. Никитин В.В. Удобрение и урожай гороха на черноземах//Зерновое хозяйство. – 1988. – N 9. – С. 40-41.
10. Шафран С.А. Корчагина Ю.И. О потребности зерновых культур в удобрениях//Химия в сельском хозяйстве. – 1987. – N 1. – С. 13-17.
11. Иванова Р.С. Сравнительная эффективность различных систем удобрения в севообороте на дерново-подзолистой суглинистой почве//Агрохимия. – 1988. – N 11. – С. 33-37.
12. Атрашкова Н.А., Благовещенская З.К. Влияние условий возделывания на качество пивоваренного ячменя//Сельское хозяйство за рубежом. – 1980. – N 1. – С. – 6-8.

### References

1. Nikitin V. V. Influence of high doses, timing of fertilizer application on yield and quality of sugar beet and barley//proc. Dokl. Vsesoyuz. scientific-technical. the meeting. "Ways to improve agriculture productivity and soil fertility and tasks of Geography. network experiments with in. in the XI five year plan. – Belgorod, 1980, p. 1. – С. 150-151.
2. Prokopovich G. Influence of water-physical properties of soils on productivity of barley in crop rotation with long-term study of various systems of fertilizers, in proc. scientific. Tr. Belarusian. Sxa, vol. 69. – Minsk, 1980. – С. 32-37.
3. Dr. Chesalin G., Lukin S., Samoilov L. the Use of nitrogen fertilizers barley depending on the background diet and the contamination//bull. WIWA, vol. 54. – M., 1980. – С. 53 to 55.
4. Lihatskij S. Effect of systematic application of mineral fertilizers in crop rotation link on yield and quality of agricultural cultures//bull. WIWA, vol. 38. – M., 1987. – Pp. 41-43].
5. J. Kander hnojenia dusicom Vplyv na kvalitu a urudu jarnehojacmena. – Agrochemia (Bratislava), 1978, 18. 2: 47-50.
6. Kismanioky T. Stickstoffdungung Wirkung der auf Ertrag und Qualitat und von Braugerste. – Braugerstetagung, 77. Tegungsvortrage. Halle. 1978, 140-152.
7. Mineev V. G., Trushkova N. And. Yield and quality of spring barley under different levels of mineral nutrition//Agriculture abroad. – 1980. – N 10. – С. 2-5.
8. Garz et. al. Beziehungen is des zwischen dem Gehalt an organischem Stickstoff (Nan) und Ertrag sowie der Qualitat Braugerste. – Braugerstetagung, s. Halle (Saale). 1981: 200-210.
9. Nikitin V. V. Fertilizer and harvest of peas on Chernozem//Grain economy. – 1988. – N 9. – С. 40-41.
10. Shafran, S. A. Korchagina, Y. I. On the needs of servich crops in fertilizers//Chemistry in agriculture.. – 1987. – N 1. – С. 13-17.
11. Ivanova R. S. Comparative effectiveness of different systems of fertilizers in crop rotation on sod-podzolic loamy soils//Agrochemistry. – 1988. – N 11. – С. 33-37.
12. Trushkova N. And., Blagoveshchenskaya, Z. K. Influence of growing conditions on the quality of malting barley//Agriculture abroad. – 1980. – N 1. – С – 6-8.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.217

Пуртова Л.Н.

ORCID: 000-0001-7776-7419, Доктор биологических наук,

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Биолого-почвенный институт ДВО РАН

**ВЛИЯНИЕ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ НА СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА АГРОТЕМНОГУМУСОВЫХ ГЛЕЕВЫХ ПОЧВ ПРИМОРЬЯ****Аннотация**

В статье рассмотрено влияние различных фитомелиорантов (клевер, кострец, люцерна) на плодородие агротемногумусовых глеевых почв Приморья. Установлены различия в интенсивности процессов гумификации и содержания гумуса в почве. В поверхностных горизонтах почв, с посевами фитомелиорантов, тип гумуса изменяется с гуматно-фульватного на фульватный. Среди гуминовых кислот, преобладали фракции связанные с  $\text{Ca}^{2+}$ . Определены наиболее эффективные фитомелиоранты (клевер, люцерна), оказывающие благоприятное влияние на плодородие почв.

**Ключевые слова:** гумус, тип гумуса, гумификация, почва, плодородие, фитомелиоранты.

Purtova L.N.

ORCID: 000-0001-7776-7419, PhD in Biology,

Institute of Biology and Soil science

Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences

**INFLUENCE OF PHYTOMELIORATION ON HUMUS CONTENT OF AGRODARKHUMUS-GLEY SOILS OF PRIMORYE****Abstract**

The article considers the influence different of phytomeliorants ( lucerne, awnless, clover) on agrodarkhumous-gley soils to improve of soil fertility. Differences in intensity of the behavior of humification stages and content of humus are found. In surface soil horizons with phytomeliorants crops, humus type changed from gumatno-fulvatic on fulvaticj. Among the humic acids, dominated by factions associated with  $\text{Ca}^{2+}$ . The most effective phytomeliorants (clover, Lucerne) favorably affecting on soil fertility were determined.

**Keywords:** humus, type of humus, humification, soil, fertility, phytomeliorants.

Фитомелиорация - комплекс мероприятий по улучшению природной среды с помощью культивирования или поддержания естественных растительных сообществ. В земледелии фитомелиорация широко применяется как экологически чистый метод воспроизводства плодородия почв, в котором используется природный потенциал растений. [1,2,9]. Замена однолетних трав на многолетние способствует интенсификации биологического круговорота. В севооборотах с многолетними травами накапливается органическое вещество в виде корневых остатков, представляющих собой основу для протекания процесса гумусообразования. При этом значительным образом активизируется деятельность микрофлоры и повышается плодородие почв [11]. Отмечена положительная роль бобовых трав в улучшении физико-химических свойств почв [5].

Одним из показателей уровня плодородия почв является содержание и качественный состав гумуса. В связи с этим следует уделять большее внимание изменениям в протекании процессов гумусообразования в почвах при использовании посевов различных трав. Исследованиями, проведенными на агрообразцах Приморья, на суходольной части мелиоративной системы с посевами фитомелиорантов (суданская трава, клевер соя, гречиха, кострец, люцерна), установлено позитивное их влияние на физико-химические свойства почв. Однако, на вариантах с посевами сои, из-за усиления минерализация органического вещества микрофлорой почв, наблюдалось значительное снижение количества гумуса, и имело место сокращение его запасов [10]. Поэтому весьма актуальны работы по выбору наиболее эффективных фитомелиоративных приемов, оказывающих позитивное влияние на накопление гумуса в почвах.

Целью данных исследований явилось изучение влияния различных посевов трав на изменение содержания, состава гумуса и протекание процессов гумификации в агротемногумусовых глеевых почвах. Объект исследований агротемногумусовые глеевые почвы [3]. Эти почвы широко используются в земледелии края и составляют одну из основ его пахотного фонда. Работы проведены на опытных полях ПримНИИСХ в полевом опыте по схеме: 1. Контроль; 2. Люцерна; 3. Кострец. 4. Клевер. Для агротемногумусовых глеевых почв свойственно морфологическое строение профиля: PU (23 см) – AU(23-48см) – G (46-68) – C(68-98 см).

Содержание гумуса определяли по методу Тюрина, фракционный и групповой состав гумуса – по Кононовой-Бельчиковой [8]. Для описания интенсивности процесса гумификации использовали показатели, предлагаемые М.Ф. Овчинниковой [6]. Интенсивность процесса новообразования гуминовых кислот и формирование их подвижных форм оценивалось по соотношению  $\text{C}_{\text{ГК-1}}/\text{C}_{\text{ФК-1}}$ , а  $\text{C}_{\text{ГК-2}}/\text{C}_{\text{ФК-2}}$  характеризовало интенсивность процесса полимеризации и формирование гуматов, связанных с  $\text{Ca}^{2+}$ . Запасы энергии рассчитывали по формуле предложенной Д.С. Орловым с соавторами:  $Q_r = 517,2 \times \Gamma \times H \times d$ , где 517,2 коэффициент пересчета в млн.ккал/га,  $\Gamma$  - содержание гумуса в %,  $H$  - мощность пахотного слоя в м,  $d$  - плотность сложения почвы,  $\text{г/см}^3$  [8]. Обращено внимание на изменение оптических параметров почв – интегральную отражательную способность почв ( $R$ ), тесно связанную обратной зависимостью с содержанием гумуса. Интегральное отражение почв исследовано на спектрофотометре СФ-18, по данным спектральной отражательной способности в диапазоне длин волн от 420 до 740 нм с шагом в 20 нм.

Как показали результаты проведенных исследований содержание гумуса в поверхностных горизонтах почв, согласно оценке [7], соответствовало низкому значению (табл.). Небольшое увеличение содержания гумуса, по сравнению с контролем, зафиксировано на вариантах с клевером и люцерной.

Таблица – Содержание гумуса и энергетические запасы в агротемногумусовых глеевых почвах

№	Варианты опыта	Гумус, %	Энергозапасы почв, млн.ккал/га, в 20 см слое
		$M \pm m$	
1	Контроль	$3,02 \pm 0,06$	$397,33 \pm 12,50$
2	Люцерна	$3,16 \pm 0,02$	$433,56 \pm 17,50$
3	Кострец	$3,11 \pm 0,06$	$431,62 \pm 10,08$
4	Клевер	$3,43 \pm 0,06$	$525,26 \pm 9,36$

$M$  – средние значения,  $\pm m$  – ошибка среднего

Это во многом связано с продолжительной деятельностью корневой системы бобовых культур, способствующих образованию гумуса и обогащению почв азотом. В пахотном горизонте, на варианте с посевами костреца, содержание азота (N) составило 0,19%, люцерны и клевера - 0,20%. Соотношение C:N соответствовало уровню средних значений (9,4 - 10,2). Аналогичные показатели характерны для зональных генетических типов почв.

Для всех вариантов опыта с посевами трав свойственно увеличение энергозапасов почв, связанных с содержанием гумуса. По сравнению с контролем наибольшее возрастание энергозапасов характерно для вариантов с посевами люцерны и клевера.

Тип гумуса изменялся с гуматно – фульватного (вариант 1, 3) до фульватного (варианты 2, 4). Такое изменение в типе гумуса обусловлено активизацией процессов минерализации в условиях слабощелочной реакции среды в горизонте PU. Среди гуминовых кислот преобладали гуминовые кислоты, связанные с  $Ca^{2+}$ , количество которых на вариантах 1, 3, 4 достигало высоких значений, а на варианте 2 средних. Количество "свободных" гуминовых кислот низкое.

В последнее время обращено внимание на соотношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот первой и второй фракции. Гумусовые кислоты первой и второй фракции отражают биоклиматические условия гумусообразования и сочетания факторов гумификации [6]. Гуминовые кислоты первой фракции предельно чувствительны к изменению условий гумификации при действии факторов разного происхождения. Тогда как высоко конденсированные гуминовые кислоты прочно связанные с кальцием, магнием, железом, алюминием чрезвычайно устойчивы к разлагающему действию микроорганизмов. При этом положительная роль гуматов в большей мере проявляется в способности к образованию агрономически ценной структуры и обеспеченности экологической устойчивости гумуса. М.Ф. Овчинникова [5] по соотношению углерода гуминовых кислот первой фракции к углероду фульвокислот первой фракции предлагает оценивать интенсивность процесса новообразования гуминовых кислот, а по соотношению углерода гуминовых кислот второй фракции к углероду фульвокислот второй фракции интенсивность процесса полимеризации и конденсации гумусовых кислот. На варианте 2 более ярко выражена стадия формирования новообразованных гуминовых кислот ( $C_{ГК-1}/C_{ФК-1} = 0,82$ ), тогда как на вариантах с посевами костреца и клевера интенсивность её снижалась (0,39, 0,32). На контроле соотношение  $C_{ГК-1}/C_{ФК-1}$  соответствовало 0,66. При этом явно преобладали процессы полимеризации и конденсации гумусовых веществ, а соотношение  $C_{ГК-2}/C_{ФК-2}$  составляло 3,2.

Наряду с показателями фракционно-группового состава гумуса и интенсивности протекания стадии гумификации обращено внимание на изменение трансформируемого органического вещества. Трансформированное органическое вещество ( $C_{транс}$ ), к которому относят обновляемую часть гумуса, потенциально доступную для разложения, подверженную межгодовым колебаниям и чувствительную к агрогенным воздействием Когут Б.М. с соавторами [4] предлагают рассчитывать по уравнению:  $C_{транс} = C_{орг} - C_{мин}$

За минимальное содержание органического углерода ( $C_{мин}$ ) принято содержание  $C_{общ}$  в контроле. Для исследуемых вариантов опыта количество  $C_{транс}$  составило: люцерна -0,08; кострец - 0,05; клевер -0,21. Судя по полученным данным, потенциально доступная обновляемая часть гумуса достигает более высоких значений в посевах клевера.

Установлены изменения в оптических показателях почв – интегральной отражательной способности (R). Между показателями R и содержанием гумуса коэффициент корреляции составил -0,75. Наиболее высокие показатели R зафиксированы на контроле и посевах костреца (28,1, 27,3 %). В посевах люцерны и клевера, из-за большого количества  $C_{общ}$  в почве, показатели интегрального отражения снижались до 24,5 и 25,3 % соответственно.

Таким образом, установлено, что посевы трав способствуют накоплению гумуса и энергозапасов в агротемногумусовых глеевых почвах Приморья. В поверхностных горизонтах почв тип гумуса изменяется с гуматно-фульватного на фульватный. Среди гуминовых кислот, преобладали фракции связанные с  $Ca^{2+}$ , количество которых достигло уровня высокого (вариант 1, 3, 4) и среднего значения (вариант 2). При протекании процесса гумификации явно выражена стадия полимеризации и конденсации гумусовых кислот. Потенциально доступная обновляемая часть гумуса достигает более высоких значений в посевах клевера.

Установлены изменения в оптических параметрах почв. По мере возрастания содержания гумуса зафиксировано снижение их интегрального отражения. Более высокие показатели интегрального отражения (28,1; 27,3%) зафиксированы на контроле и в посевах костреца. На вариантах с посевами люцерны и клевера, из-за большого содержания  $C_{общ}$  в почвах, параметры R снижались до 24,5 и 25,3% соответственно.

Наиболее эффективное влияние на плодородие агротемногумусовых глеевых почв оказывают посевы клевера и люцерны.

### Литература

1. Зотиков В.И., Задорин А.Д. Повышение продуктивности и устойчивости агроэкосистем. Орел.: Кортус, 2007. – 197 с.
2. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. М.: Изд. МСХА, 2000. – 474 с.
3. Классификация и диагностика почв России. Смоленск.: Ойкумена, 2004. – 342 с.
4. Когут, Б. М. Яшин М. А., Семенов В. М. Авдеева Т. Н., Маркина Л. Г. Распределение трансформированного органического вещества в структурных отдельностях дерново-подзолистой супесчаной почвы // Почвоведение. – 2016. – №1. – С. 52-64
5. Новиков В.М. Влияние гороха и гречихи на плодородие почвы и продуктивность зерна севооборота при различной основной обработки почв //Зернобобовые и крупяные культуры . – 2012. –№2. – С.72-76.
6. Овчинникова М.Ф. Особенности трансформации гумусовых веществ дерново-подзолистых почв при агрогенных воздействиях //Вестн. МГУ. Сер. Почвоведение. – 2009. – № 1. – С. 12–18.
7. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели оценки гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. – 2004. – № 4. –С. 918-926.
8. Орлов Д. С., Гришина Л. А. Практикум по химии гумуса. М.: Изд. МГУ, 1981. – 287 с.
9. Пуртова Л.Н., Щапова Л.Н., Емельянов А.Н., Иншакова С.Н. Изменение показателей плодородия почв в агрообразцах Приморья в условиях фитомелиоративного опыта //Вестник КрасГАУ. – 2011. – №11. – С.62-66.
10. Пуртова Л.Н., Щапова Л.Н., Емельянов А.Н., Иншакова С.Н. Изменение показателей гумусного состояния, микрофлоры и ферментативной активности в агрообразцах в условиях фитомелиоративного опыта //Аграрный Вестник Урала – 2012. – №10– (102) – С.10-12.
11. Суюндуков Л.Т., Миркин Б.М., Абдуллин М.Р. Роль фитомелиорации в воспроизводстве плодородия черноземов Зауралья (Башкирия) //Почвоведение. – 2007. – №10 – С. 1217-1225.

### References

1. Zotikov V.I., Zadorin A.D. Povyshenie produktivnosti i ustojchivosti agrojekosistem. Orel.: Kortush, 2007. – 197 s.
2. Kirjushin V.I. Jekologizacija zemledelija i tehnologicheskaja politika. M.: Izd. MSHA, 2000. – 474 s.
3. Klassifikacija i diagnostika pochv Rossii. Smolensk.: Ojkumena, 2004. – 342 s.
4. Novikov V.M. Vlijanie goroha i grechih na plodorodie pochvy i produktivnost' zerna sevooborota pri razlichnoj osnovnoj obrabotki pochv//Zernobobovye i krupjanye kul'tury . – 2012. – №2. – S.72-76.
5. Kogut, B. M. Jashin M. A., Semenov V. M. Avdeeva T. N., Markina L. G. Raspredelenie transformirovannogo organicheskogo veshhestva v strukturnyh otdel'nostjah dernovo-podzolistoj supeschanoj pochvy // Pochvovedenie. – 2016. – №1. – S. 52-64
6. Ovchinnikova M.F. Osobennosti transformacii gumusovyh veshhestv dernovo-podzolistyh pochv pri agrogennyh vozdejstvijah //Vestn. MGU. Ser. Pochvovedenie. – 2009. – № 1. – S. 12–18.
7. Orlov D.S., Birjukova O.N., Rozanova M.S. Dopolnitel'nye pokazateli ocenki gumusnogo sostojanija pochv i ih geneticheskikh gorizontov // Pochvovedenie. – 2004. – № 4. –S. 918-926.
8. Orlov D. S., Grishina L. A. Praktikum po himii gumusa. M.: Izd. MGU, 1981. – 287 s.
9. Purtova L.N., Shhapova L.N., Emel'janov A.N., Inshakova S.N. Izmenenie pokazatelej plodorodija pochv v agroabrazemah Primor'ja v uslovijah fitomeliorativnogo opyta //Vestnik KrasGAU. – 2011. – №11. – S.62-66.
10. Purtova L.N., Shhapova L.N., Emel'janov A.N., Inshakova S.N. Izmenenie pokazatelej gumusnogo sostojanija, mikroflory i fermentativnoj aktivnosti v agroabrazemah v uslovijah fitomeliorativnogo opyta //Agrarnyj Vestnik Urala – 2012. – №10 – (102) – S.10-12.
11. Sujundukov L.T., Mirkin B.M., Abdullin M.R. Rol' fitomelioracii v vosproizvodstve plodorodija chernozemov Zaural'ja (Bashkirija) //Pochvovedenie. –2007. –№10–S. 1217-1225.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.206

Сердеров В.К.<sup>1</sup>, Атамов Б.К.<sup>2</sup>, Сердерова Д.В.<sup>3</sup><sup>1</sup>Кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом «Комплексного освоения горных территорий»<sup>2</sup>младший научный сотрудник, <sup>3</sup>младший научный сотрудникФГБНУ Дагестанский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Ф.Г. Кисриева,  
г. Махачкала**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЫСОКОГОРЬЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ  
СЕМЕНОВОДСТВА СРЕДНЕРАННИХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ****Аннотация**

Приведены результаты исследований по изучению влияния условий различных почвенно-климатических зон связанных с вертикальной зональностью Республики Дагестан на поражение и распространение вирусной инфекции, а также зависимость урожайности среднеранних сортов картофеля от степени поражения растений, в разных климатических условиях, вирусными болезнями.

Рассмотрены возможности возделывания картофеля в высокогорной зоне, а также использование благоприятных природно-климатических условий горной провинции республики для организации первичного семеноводства на безвирусной основе.

**Ключевые слова:** картофель, климатические условия, семеноводство, вирусные болезни, переносчики болезней, урожайность.

Serderov V.K.<sup>1</sup>, Atamov B.K.<sup>2</sup>, Serderova D.V.<sup>3</sup><sup>1</sup>PhD in Agriculture, managing the department of the "Complex mastering of mountain territories"<sup>2</sup>Junior scientist, <sup>3</sup>Junior scientist

OFTHF of the Dagestan research Institute of agriculture-agriculture named after F. G. Kisriev, Makhachkala

**USE OF CLIMATIC TERMS HIGHLANDS FOR ORGANIZATION OF SEED-GROWER  
MIDLING EARLY SORTS OF POTATO****Abstract**

Results over of researches are brought on the study of influence of terms of different soil-climatic zones related to the vertical zonality of Republic of Daghestan on a defeat and distribution of viral infection, and also dependence of the productivity middling early sorts of potato from the degree of defeat of plants, in different climatic terms, by viruses.

Possibilities of till of potato are considered in an alpine zone, and also the use of favorable natural and climatic terms of mountain province of republic for organization of primary seed-grower on without to viral basis.

**Keywords:** potatoes, climatic conditions, seed production, viral disease vectors, productivity.

**Введение**

Картофель считают вторым хлебом, это одна из основных выращиваемых культур во всем мире, как в промышленных хозяйствах, так и на частных приусадебных участках.

Картофель представляет собой уникальный продукт питания человека и сырье для промышленности. Это источник незаменимых пищевых и физиологически активных веществ, таких как витамины, макро-, микроэлементы, аминокислоты, углеводы антиоксиданты и многие другие.

Объемы его производства в мире составляют более 360 млн. тонн за год и постоянно растут.

В Дагестане картофель возделывают во всех природно-климатических зонах, от высокогорных склоновых земель, расположенных на высоте 2500 метров над уровнем моря, до Прикаспийских равнин, находящихся ниже уровня мирового океана. [4.]

По данным ЦСУ площадь, занятая под картофелем в 2015 году в республике составила 22,5 тыс. га при урожайности 16,8 т/га.

Картофельное растение подвержено целому ряду болезней, и если они широко распространены, то наносят большой вред, вызывают огромные потери урожая, снижают качество клубней. В основном картофель поражается вирусными, грибными и бактериальными болезнями. [1. 2.]

Особое место среди болезней занимает вирусные болезни – (болезни вырождения), которые встречаются повсеместно, где возделывается картофель.

Факторами распространения вирусных болезней является природно-климатические условия: температура и влажность почвы и воздуха, наличие вблизи посадок пасленовых культур, также переносчиков вирусных болезней.

Известно, что распространение вирусных болезней происходит с помощью насекомых, в частности тлей, главным переносчиком из которых является – персиковая тля, способная передавать более 50 различных вирусов растений.

Природно-климатические условия с поздно наступающей растянутой весной, открытие земельные массивы без древесной кустарниковой растительности не благоприятны для размножения тлей. [1. 2.3.]

Как показывает данные многочисленных исследований, а также производственная практика, одним из главных факторов поражения растений картофеля вирусными болезнями и их распространения является температура воздуха местности, где она возделывается. [1. 2.]

**Методика и место проведения исследований**

Работа выполнена в 2010-2014 годы в отделе комплексного освоения горных территорий Дагестанского НИИ сельского хозяйства им. Ф.Г. Кисриева, на землях бывшего Махачкалинского ОПХ, расположенного на равнинной зоне вблизи г. Махачкала, а также в картофелевыращивающих хозяйствах горной и предгорной зон. Полевые исследования проводили согласно методике ВНИИ картофельного хозяйства. М., 1988 г.

Для изучения влияния климатических условий на развитие вирусных болезней и подбора территории для организации первичного семеноводства на безвирусной основе, сотрудниками Дагестанского НИИ сельского хозяйства был завезен из СКНИИГиПСХ, г. Владикавказ, безвирусный семенной материал картофеля, районированного в Республике Дагестан среднераннего срока созревания сорта Волжанин, и посажен в различных климатических зонах:

1. В высокогорной зоне – с. Куруш, на высоте 2500 м;
2. В горной зоне – с. Урсун, на высоте 2000 м;
3. В предгорной зоне – с. Микрах, на высоте 1200 м;
4. На равнинной зоне – Прикаспийская низменность (г. Махачкала).

В качестве контроля был использован местный посадочный материал того же сорта Волжанин, который выращивается в хозяйствах республики.

Безвирусный материал был отделен от контрольного варианта 12-ти метровой, полосой занятой кукурузой.

Для сближения опыта с производственными посадками, фито прочистки не проводились, и больные кусты убирали вместе здоровыми.

#### Результаты исследований и обсуждение

Для оценки посадок, в фазу цветения был проведен визуальный осмотр картофельных кустов на наличие вирусных болезней (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние климатических условий на поражение растений вирусными болезнями, в %

Место выращивания	Качество семян	2010г.	2011г.	2012г.	2013г.	2014г.
с. Куруш	семенной	0	0	0	1	2
	рядовой	27	29	31,5	34	37
с. Урсун	семенной	0	0	0	1	3
	рядовой	27	32	34	35,5	39
с. Микрах	семенной	0	2	6,5	9	14
	рядовой	27	34	36,5	39	49
г. Махачкала	семенной	-	0	43	91	-
	рядовой	-	32	89	100	-

Как показали результаты визуальной оценки, размножение клонового, безвирусного материала картофеля в горной и высокогорной зонах, в течение пяти лет, растений с явными признаками вирусных заболеваний не обнаружено. Весь полученный здесь посадочный материал картофеля имел здоровый и выровненный внешний вид.

Что касается местного посадочного материала, то он был заражен на 27%, и дальнейшее размножение в течение 5 лет способствовало увеличению зараженности всего на 10 – 12 процентов. По нашим исследованиям при размножении местного посадочного материала в горной зоне, также сильное распространение вирусных болезней, по сравнению с другими зонами, не было обнаружено.

На наш взгляд это связано с условиями горной фито гигиены, где отсутствуют переносчики вирусных болезней и в связи с этим, здесь нет повторного заражения растений или оно происходит очень медленно и в основном за счет механического контакта картофельной ботвы здоровых растений с больными.

Заметно интенсивнее, чем в горной и в высокогорной зоне, происходило поражение растений вирусными болезнями в предгорной зоне. Здесь при использовании безвирусного посадочного материала картофеля для размножения, то зараженные вирусными болезнями растения, в течение пяти лет, было обнаружено всего 14%. А при использовании для посадки местного материала, количество больных растений увеличилось почти вдвое.

В предгорной зоне, при посадке картофеля высококачественным материалом, в течение более 5 лет можно получить оздоровленный посадочный материал.

Что касается равнинной зоны, то здесь картофель поражается вирусными болезнями в течение 1 – 2 лет и начинает вырождаться.

Результаты уборки картофеля приведены в таблице 3.



Таблица 3 – Влияние климатических условий на урожайность картофеля, т/га

Место выращивания	Качество семян	2010г.	2011г.	2012г.	2013г.	2014г.
с. Куруш	семенной	18,8	22,2	23,4	24,6	22,4
	рядовой	12,6	11,7	11,3	10,7	10,3
с. Урсун	семенной	36,6	48,6	37,6	38,7	37,9
	рядовой	24,6	22,4	29,2	26,5	19,8
с. Микрах	семенной	38,6	39,3	37,0	31,8	24,7
	рядовой	8,0	11,9	11,3	11,1	9,8
г. Махачкала	семенной	-	37,8	23,7	8,1	-
	рядовой	-	26,4	8,7	-	-

Как показали исследования, посадка здорового, безвирусного посадочного материалом способствует резкому увеличению урожайности в два и более раза.

Использование высококачественного безвирусного материала в горной зоне, где имеются условия фито гигиены, здесь без ухудшения своих семенных качеств можно получать в течение более 5 лет высокие урожаи картофеля.

В горной и высокогорной зонах необходимо организовать первичное семеноводство картофеля на безвирусной основе, здесь в питомниках отбора, испытания и размножения можно получают семенной картофель категории супер-супер элита.

Предгорная зона, с высотными отметками 900 – 1200 м над уровнем мирового океана, где имеются благоприятные условия для возделывания картофеля, также хорошее место для создания базы семеноводства – элитхозов. Эти элитхозы будут получать супер-суперэлиты картофеля из горной зоны, размножать их до элиты и обеспечат все картофелеводческие хозяйства республики высококачественным посадочным материалом.


Что касается равнинной зоны, то здесь необходимо ежегодно обновлять посадочный материал из горной или предгорной зон.

#### Литература

1. Анисимов Б.В. и др. «Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков». М., ВНИИКС, 2009. -272 с.
2. Амбросов А.Л. Вирусные болезни картофеля и меры борьбы с ними. Минск.: Урожай, 1975. -208 с.
3. Зыкин А.Г., Тли– переносчики вирусов картофеля. Л., Колос,1970.
4. Сердеров В.К. Агротехника возделывания раннего картофеля в Дагестане. – Махачкала: ИД « Народы Дагестана», 2015. – 92 с.


#### References

1. Anisimov B.V. i dr. «Zashhita kartofelja ot boleznej, vreditel'ej i sornjakov». M., VNIKH, 2009. -272 s.
2. Ambrosov A.L. Virusnye bolezni kartofelja i mery bor'by s nimi. Minsk.: Urozhaj, 1975. -208 s.
3. Zykin A.G., Tli– perenoschiki virusov kartofelja. L., Kolos,1970.
4. Serderov V.K. Agrotehnika vozdelevanija rannego kartofelja v Dagestane. – Mahachkala: ID « Narody Dagestana», 2015. – 92 s.



«Международный научно-исследовательский журнал» включен в систему **OpenAIRE**.

**OpenAIRE** — европейская поисковая система по академическим материалам открытого доступа. Один из главнейших репозиториев научной информации в Европейском Союзе. Данная база позволяет увеличить цитируемость Ваших материалов в Европе.



DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.214

Тютюнов С.И.<sup>1</sup>, Никитин В.В.<sup>2</sup>, Соловichenko В.Д.<sup>3</sup><sup>1</sup>Доктор сельскохозяйственных наук, <sup>2</sup>доктор сельскохозяйственных наук, <sup>3</sup>доктор сельскохозяйственных наук, ФГБНУ "Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства"**ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО САХАРНОЙ СВЕКЛЫ****Аннотация**

*Приведены результаты десятилетних опытов по влиянию длительного применения удобрений на урожайность и качество сахарной свеклы на черноземе типичном юго-западной части Центрально-Черноземной зоны. Наиболее предпочтительными дозами минеральных удобрений оказались N180P120K120-180. Для повышения эффективности промышленных удобрений их необходимо применять на фоне органических удобрений.*

**Ключевые слова:** чернозем, урожайность, заводской выход сахара, сбор сахара, условно-чистый доход (УЧД), рентабельность.

Tyutyunov S.I.<sup>1</sup>, Nikitin V.V.<sup>2</sup>, Solovichenko V.D.<sup>3</sup><sup>1</sup>PhD in Architecture, <sup>2</sup>PhD in Architecture, <sup>3</sup>PhD in Architecture

FGBNU "The Belgorod research institute of agriculture"

**INFLUENCE OF PROLONGED USE OF FERTILIZERS ON EFFICIENCY AND QUALITY OF SUGAR BEET****Abstract**

*Results of ten years' experiments on influence of prolonged use of fertilizers on productivity and quality of sugar beet are given in the chernozem typical southwest part of the Central Chernozem zone. N180P120K120-180 appeared the most preferable doses of mineral fertilizers, they need to be applied To increase of efficiency of industrial fertilizers against the organic.*

**Keywords:** chernozem, productivity, factory exit of sugar, collecting sugar, profitability.

В Центрально-Черноземном регионе сосредоточены основные площади посевов сахарной свеклы [1]. Многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных исследователей установлена размерность факторного влияния естественнобиологических условий и потребляемых ресурсов на продуктивность растений: погода - 16-20%, удобрения - 41-49%, семена - 8-12%, ирригация - 5-8% [2]. Следует отметить, что сахарная свекла - культура наиболее отзывчивая из всех культур зерносвекловичных севооборотов на дополнительное минеральное питание. Оптимальные дозы навоза и минеральных удобрений определяются типом почвы, содержанием подвижных питательных веществ, климатическими факторами и звеном севооборота [3,4].

Например, на черноземе типичном в звене с клевером на фоне 20 тонн навоза наиболее рациональной дозой была N<sub>220</sub>P<sub>180</sub>K<sub>220</sub> при среднем содержании в почве подвижных форм азота, фосфора и калия [5]. В звене с занятым паром в условиях Воронежской области максимальный урожай на безнавозном фоне получен при внесении под свеклу N<sub>180</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub>. Увеличение дозы азота существенно повышает урожай, фосфор и калий оказали слабое влияние на продуктивность свеклы [6].

В опытах Курского СХИ на темно-серых почвах с низкой обеспеченностью азотом, средней - фосфором и калием внесение под свеклу N<sub>120</sub>P<sub>40</sub>K<sub>120</sub> или 20 тонн навоза + N<sub>90</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub> обеспечило прибавку урожая около 100 ц/га. Сахаристость на удобренных фонах снизилась на 0,4%. [7].

На Черкасской опытной станции на черноземе реградированном при средней обеспеченности фосфором и калием в травяном звене севооборота на фоне 40 тонн навоза лучшие результаты получены при внесении 120 кг/га азота, фосфора и калия, а на безнавозном фоне - от (NPK)<sub>180</sub>. Увеличение доз не повышало урожая корнеплодов и снижало сахаристость на 0,6-1,0% [8].

На Львовской опытной станции на черноземе выщелоченном на безнавозном фоне оптимальной дозой оказалась N180P120K120, дальнейшее увеличение дозы не привело к росту урожая [9]. На черноземе оподзоленном левобережной Лесостепи Украины наибольшая прибавка урожая корнеплодов получена от N<sub>180</sub>P<sub>120</sub>K<sub>270</sub>, при увеличении дозы азота от 60 до 180 кг содержание сахара снизилось на 0,5-1,6% и ухудшились технологические качества корнеплодов. Однако максимальный сбор сахара был получен в вариантах с большими дозами азота [10].

В опытах Тамбовской опытной станции на черноземах типичных в звене севооборота пар-озимая пшеница-сахарная свекла при внесении в пару 40 тонн на гектар навоза нет смысла увеличивать дозы минеральных удобрений свыше 90 кг/га NPK [11].

Таким образом, система оптимизации питательного режима сахарной свеклы не может быть единой на все случаи жизни и детерминирована весьма многими факторами, важнейшими из которых являются генотип почвы, уровень эффективного плодородия, климатические ресурсы, тип севооборота, сорт, система обработки почвы, уровень защиты. Иными словами, параметры оптимизации корневого питания сахарной свеклы носят локальный характер даже в региональном аспекте.

Предлагаемые результаты исследований были получены в стационарном полевом опыте, заложенном на черноземе типичном со следующей агрохимической характеристикой: содержание гумуса (по Тюрину) - 6,03%, рН (KCl) - 6,1, Нг (по Каппену) - 1,67 мг-экв/100 г почвы, Нг (по Корнфильду) - 145 мг/кг, Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (по Чирикову) - 54 мг/кг, К<sub>2</sub>O (по Чирикову) - 116 мг/кг.

Севооборот - типичный для зоны, пятипольный со следующим чередованием культур: горох, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на силос; сорта и гибриды - районированные для ЦЧЗ. Минеральные удобрения вносили под озимую пшеницу, сахарную свеклу и кукурузу; навоз в количестве 40 т/га применяли один раз в ротацию под сахарную свеклу с осени, как и минеральные удобрения, под пшеницу удобрения вносили под предпосевную культивацию.

Схема опыта включает в себя два блока: безнавозный и с применением органических удобрений. Каждый блок логически разделяется на две части: первая включает возрастающий уровень минеральных удобрений при неизменном соотношении N:P:K, вторая – изменение их сочетаний. Уровень удобренности позволяет максимизировать продуктивность культур.

Анализируя данные азотного режима почвы, следует отметить, что на черноземе типичном имеет место глубокая миграция нитратов по профилю (табл. 1.). Несмотря на то, что азотные удобрения были внесены под сахарную свеклу осенью, весной при появлении двух пар настоящих листьев максимальное количество нитратов и в первой, и во второй ротациях обнаружено в верхних слоях.

Однако содержание нитратов на удобренных делянках остается достаточно высоким до двух метров. В первой ротации даже обнаружено повышение концентрации нитрат-иона на глубине 80-140 см, во второй - происходит падение количества нитратного азота с глубиной, но характер этого процесса "размыт". На контрольных вариантах и там, где был внесен один навоз, с глубины 100-120 см количество нитратов остается неизменным.

Результаты анализов почвы, которая была отобрана после уборки сахарной свеклы, показывают, что содержание нитратного азота значительно ниже, чем весной, примерно составляет одну и ту же величину для всех слоев почвы и не меняется с глубиной. Во второй ротации делянки, удобренные навозом и минеральными удобрениями, содержат большие количества нитратов, и падение их величины с глубиной несущественно.

Следует отметить стабильное содержание нитратного азота на вариантах без внесения удобрений по ротациям, хотя баланс азота на этих делянках был отрицательным. Это свидетельствует о высокой нитрификационной способности чернозема типичного, несмотря на его выпханность, уменьшение органического вещества и ухудшение его качественных характеристик.

Таблица 1 – Содержание нитратного азота в почве под сахарной свеклой, кг/га (в начале вегетации)

Глубина, см	Контроль		2NPK		Навоз		Навоз+2NPK	
	1979-1983 г.г.	1984-1988 г.г.	1979-1983 г.г.	1984-1988 г.г.	1979-1983 г.г.	1984-1988 г.г.	1979-1983 г.г.	1984-1988 г.г.
0-20	34	32	49	72	34	31	47	58
20-40	19	24	37	77	20	24	37	66
40-60	13	19	25	66	17	19	27	68
60-80	13	13	29	41	12	14	23	48
80-100	13	11	35	40	13	13	25	43
100-120	13	8	49	28	10	11	34	37
120-140	11	7	38	29	7	9	22	23
140-160	9	7	27	24	8	8	20	16
160-180	7	5	25	17	8	8	20	12
180-200	8	5	16	11	8	8	16	13
0-30	44	44	68	111	44	43	66	91
0-100	92	99	175	296	96	101	159	283
100-200	45	32	155	109	41	44	112	101
0-200	137	131	330	405	137	145	271	384

В то же время на удобренных делянках имеет место четко выраженная тенденция увеличения минерального азота во второй ротации по сравнению с первой. Это связано с более интенсивной минерализацией гумусовых веществ под влиянием азота удобрений и образованием дополнительного азота - "экстра-азота".

Содержание легкогидролизуемого азота (N<sub>г</sub>) лишь в первой ротации выделялось по абсолютной величине (табл. 2.). Во второй ротации примерно все поля были одинаково обеспечены гидролизуемым азотом. Имела место слабая зависимость между внесенными азотными удобрениями и содержанием легкогидролизуемого азота. Это вполне понятно, если учесть специфику метода, позволяющего улавливать лишь аммонийную форму азота.

При внесении удобрений увеличивается не только содержание минерального азота, но и нитрифицирующая способность почвы. Следует отметить увеличение нитрифицирующей способности во второй ротации в целом по севообороту.

Поведение фосфора в почве отличается от поведения азота и может в принципе прогнозироваться на достаточно большой промежуток времени. Если сравнить результаты анализов, проведенных в почвах, отобранных в первой и второй ротациях на контрольных делянках, то можно констатировать, что и без внесения фосфорных удобрений в течение десяти лет содержание подвижного фосфора не снизилось и имеет место тенденция некоторого увеличения. На удобренных делянках происходит обогащение почвы фосфором, что вполне естественно при положительном балансе этого элемента.

Таблица 2 – Содержание подвижных элементов питания в пахотном слое почвы до посева, мг/кг (среднее по пяти полям)

Варианты	Первая ротация (1979-1987 г.г.)			
	Nг	Нитриф. способ.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Первая ротация (1979-1987 г.г.)				
Контроль	175	19,7	73	102
NPK	181	23,5	87	117
2NPK	188	25,2	97	132
Навоз	183	20,9	78	108
Навоз+NPK	191	22,9	86	118
Навоз+2NPK	196	26,2	109	145
Вторая ротация (1984-1992 г.г.)				
Контроль	150	32,8	82	103
NPK	148	37,1	89	111
2NPK	154	44,8	111	141
Навоз	155	35,0	85	112
Навоз+NPK	156	44,3	115	121
	156	46,8	144	148

Каждая почва в соответствии со своими генетическими особенностями характеризуется определенным состоянием калийного режима. Для бездефицитного баланса калия в почве необходимо вносить в зависимости от типа почвы и интенсивности севооборота 90-180 кг д.в./га K<sub>2</sub>O. Однако трансформация различных форм калия в почве носит сугубо региональный характер.

Как показали наши исследования и на контрольных вариантах, и на вариантах с внесением калийных удобрений, но при отрицательном балансе калия содержание подвижного калия во времени возрастало. Такой результат, видимо, является следствием ряда причин: богатства чернозема типичного валовым калием, многообразием форм соединений калия в черноземах с различной степенью подвижности, целой гаммой трансформационных процессов, интенсивность и направленность которых определяется рядом факторов внешней среды, порою неконтролируемых.

Положительное влияние удобрений на накопление сухих веществ растениями заметно на всех культурах уже в первые сроки определения, и со временем эта тенденция усиливается (табл. 3, 4.). Если в первый срок определения содержание воды в растениях на удобренных делянках возрастает, то в дальнейшем по двойной дозе на безнавозном фоне и по единичной - на навозном такого влияния уровня удобренности не обнаруживается.

Таблица 3 – Динамика накопления сухого вещества листьями сахарной свеклы (1979-1988 г.г.)

Варианты опыта	%			Кг/100 растений		
	смыка-ние в рядках	смыка-ние в между-рядках	уборка	смыка-ние в рядках	смыка-ние в между-рядках	уборка
Контроль	9,2	9,7	15,6	0,67	1,6	4,1
NPK	9,0	9,3	14,7	0,72	1,9	6,2
2NPK	9,0	9,7	14,5	0,79	2,9	7,1
Навоз	8,8	9,7	15,5	0,72	1,8	4,5
Навоз+NPK	8,7	9,7	15,6	0,78	2,3	6,4
Навоз+2NPK	8,6	9,4	14,2	0,89	3,0	7,4

Таблица 4 – Динамика накопления сухого вещества корнеплодами сахарной свеклы (1979-1988 г.г.)

Варианты опыта	%			Кг/100 растений		
	смыка-ние в рядках	смыка-ние в между-рядках	уборка	смыка-ние в рядках	смыка-ние в между-рядках	уборка
Контроль	14,2	16,4	24,8	0,34	1,6	18,0
NPK	13,5	15,6	23,6	0,39	1,9	21,0
2NPK	13,1	15,2	23,1	0,42	2,4	23,5
Навоз	13,8	16,6	24,9	0,41	1,7	19,5
Навоз+NPK	13,5	15,6	23,7	0,43	2,0	22,0
Навоз+2NPK	12,6	15,8	22,7	0,50	2,5	24,4

Темпы накопления элементов питания во многом определяются приростом сухого вещества, хотя и здесь присутствуют свои особенности. Содержание в сухой массе растений всех трех макроэлементов снижается от появления всходов к уборке (табл. 5.). При появлении 2-3 пар настоящих листьев содержание калия, практически, одинаково по всем вариантам, в дальнейшем содержание калия в листьях снижается с увеличением уровня удобренности. И эта зависимость имеет место в обеих ротациях.

Анализируя результаты динамики поглощения элементов питания, можно говорить о некоторых общих закономерностях. Во-первых, различия в концентрации того или иного элемента с увеличением дозы и, следовательно, урожая между вариантами сглаживаются. Эти различия носят более ощутимый характер на ранних фазах определения: чем более взрослое растение взято на анализ, тем они меньше.

Следует полагать, что здесь сказывается фактор "ростового разбавления", когда на повышенном минеральном фоне, в силу увеличения общей массы растений темпы прироста содержания NPK замедляются (в относительных величинах).

Таблица 5 – Содержание элементов питания в растениях сахарной свеклы, % (1979-1988 г.г.)

Варианты опыта	Листья			Корнеплоды		
	N	P	K	N	P	K
2-3 пары настоящих листьев						
Контроль	4,33	0,51	4,44	не определяли		
NPK	4,49	0,55	4,47	не определяли		
2NPK	4,54	0,58	4,46	не определяли		
Навоз	4,42	0,53	4,45	не определяли		
Навоз+NPK	4,53	0,57	4,46	не определяли		
Навоз+2NPK	4,55	0,58	4,46	не определяли		
Смыкание в рядах						
Контроль	4,05	0,41	3,57	2,14	0,28	2,63
NPK	4,23	0,45	3,54	2,28	0,34	2,75
2NPK	4,29	0,47	3,50	2,34	0,37	2,79
Навоз	4,15	0,43	3,57	2,21	0,31	2,69
Навоз+NPK	4,27	0,46	3,52	2,33	0,36	2,78
Навоз+2NPK	4,29	0,47	3,49	2,35	0,38	2,80
Смыкание в междурядьях						
Контроль	3,46	0,36	3,31	1,38	0,22	2,03
NPK	3,67	0,40	2,90	1,45	0,25	2,11
2NPK	3,76	0,42	2,64	1,48	0,26	2,14
Навоз	3,57	0,38	3,13	1,42	0,23	2,07
Навоз+NPK	3,73	0,41	2,73	1,47	0,25	2,14
Навоз+2NPK	3,77	0,42	2,60	1,48	0,26	2,12

Рано весной в листьях сахарной свеклы отношение N:P равно единице, затем преобладает азот, и тем сильнее, чем позже взята проба. В корнеплодах же напротив - калия содержится значительно больше, чем азота, при этом уровень его содержания возрастает с увеличением дозы минеральных удобрений. Максимальная интенсивность поглощения фосфора, как и азота, приходится на середину вегетации.

Необходимо отметить, что динамика интенсивности поглощения фосфора отражает особенности культуры. Рано весной растения, получившие двойную дозу удобрений, поглощают фосфор из почвы не на много более интенсивно, чем контрольные, и только к середине лета интенсивность накопления этого элемента на удобренных участках возрастает в 1,5-2 раза по сравнению с неудобренными.

Скорость поглощения калия максимальна в середине вегетации, при этом у сахарной свеклы при небольшом спаде до поздней осени калий накапливается в урожае довольно интенсивно.

Урожай корнеплодов свеклы на контроле за первую и вторую ротации составил примерно одну и ту же величину (табл. 6). Однако уровень урожаев на удобренных участках во вторую ротацию был на 20-30 ц/га ниже. Гидротермический коэффициент за вегетационный период за обе ротации был одинаков - 1,39. Однако при более детальном анализе мы обнаружили, что в тот отрезок времени, когда происходит максимальный прирост урожая свеклы (июль-сентябрь) преимущество по условиям погоды имеет первая ротация. Например, количество осадков за этот период в первую ротацию составило 220 мм, а за вторую - 190 мм, а среднесуточные температуры - соответственно - 17,1<sup>0</sup> и 16,1<sup>0</sup>. Следовательно, в наиболее ответственный критический отрезок времени сахарная свекла в первой ротации получала больше влаги и солнечной инсоляции.

Таблица 6 – Продуктивность и качество сахарной свеклы за две ротации севооборота

Варианты опыта	Урожайность корнеплодов, т/га			Заводской выход сахара, %			Сбор сахара, т/га		
	1*	2*	сред- нее	1*	2*	сред- нее	1*	2*	сред- нее
Контроль (б/у)	33,3	33,4	33,4	15,7	15,9	15,8	5,20	5,31	5,26
(NPK) <sub>120</sub>	10,2	7,1	8,7	-0,4	-0,5	-0,4	1,43	0,93	1,19
(NPK) <sub>180</sub>	12,5	10,6	11,6	-0,8	-1,3	-1,1	1,61	1,11	1,38
(NPK) <sub>240</sub>	14,7	11,6	13,2	-1,0	-1,3	-1,2	1,83	1,26	1,56
(NPK) <sub>300</sub>	14,8	11,7	13,3	-1,1	-1,5	-1,3	1,79	1,18	1,50
N <sub>240</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	14,6	12,2	13,4	-0,9	-1,3	-1,1	1,86	1,35	1,62
N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>	11,2	10,5	10,9	-0,7	-1,0	-0,9	1,45	1,23	1,36
N <sub>180</sub> P <sub>240</sub> K <sub>180</sub>	12,7	10,5	11,6	-0,8	-1,0	-0,9	1,62	1,23	1,44
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	13,2	10,1	11,7	-1,0	-0,9	-1,0	1,61	1,22	1,43
Навоз, 40 т/га	3,0	5,4	4,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,43	0,75	0,60
H+(NPK) <sub>120</sub>	11,4	12,1	11,8	-0,3	-0,8	-0,6	1,65	1,56	1,62
H+(NPK) <sub>180</sub>	14,1	13,5	13,8	-0,8	-1,5	-1,2	1,83	1,44	1,65
H+(NPK) <sub>240</sub>	14,8	12,9	13,9	-0,8	-1,4	-1,1	1,94	1,40	1,69
H+(NPK) <sub>300</sub>	14,9	12,4	13,7	-1,0	-1,5	-1,3	1,86	1,29	1,62
H+ N <sub>240</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	14,3	12,7	13,5	-1,1	-1,4	-1,3	1,72	1,37	1,56
H+ N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>	13,5	12,6	13,1	-0,6	-1,0	-0,8	1,84	1,54	1,71
H+ N <sub>180</sub> P <sub>240</sub> K <sub>180</sub>	14,1	11,9	13,0	-0,9	-1,1	-1,0	1,79	1,39	1,81
H+ N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>120</sub>	14,3	12,9	13,6	-0,9	-1,3	-1,1	1,81	1,45	1,65

HCP<sub>05</sub> 4,3 4,8 0,7 0,9 0,52 0,54

\* 1, 2 – ротации севооборота

Примечание: на контроле абсолютные цифры, на остальных вариантах – отклонения от контроля

Если рассматривать эффективность минеральных удобрений в первой ротации при неизменном соотношении NPK, то можно утверждать, что прибавки урожаев стабилизируются на безнавозном фоне при внесении 240 кг/га азота, фосфора и калия, а на фоне навоза - от 180. Во второй ротации уровень оптимального насыщения удобрениями снизился: на безнавозном фоне до 180 кг/га NPK, на фоне навоза - до 120. В полтора раза увеличилась прибавка урожая от навоза во второй ротации, что вполне объяснимо реализацией его последствий.

В первой ротации на безнавозном фоне целесообразно внесение двойных доз азота и фосфора и единичных - калия; на фоне навоза внесение всех трех элементов сверх 180 кг/га было неэффективным. Во второй ротации потребность в повышенном уровне азотного питания на безнавозном фоне сохраняется, проявляется тенденция к повышению урожая при увеличении доз калия свыше 120 кг/га. Внесение фосфора свыше 120 кг/га не дает положительного результата.

Содержание сахара в корнеплодах за все годы проведения опытов уменьшается при увеличении уровня удобрённости, а во второй ротации отрицательный акцент этой направленности возрастает. Если от максимальных доз в первой ротации сахаристость свеклы снизилась по отношению к абсолютному контролю на 1,0-1,1%, то во второй - на 1,3-1,5%.

О снижении сахаристости свеклы от азотных удобрений имеются многочисленные сведения в литературе. Большие дозы азота увеличивают содержание "вредного" азота, препятствуют кристаллизации сахара на заводе. При избыточном азотном питании повышается активность сахаросинтазы в корнях, особенно в направлении расщепления сахарозы, увеличивается окислительно-восстановительный потенциал в почве, повышается активность нитрификаторов со всеми вытекающими отсюда негативными последствиями [12].

В наших исследованиях преобладание азота над фосфором и калием сопровождалось снижением сахаристости на 0,1-0,3%. В то же время можно говорить и об отрицательном влиянии на накопление сахаров больших доз фосфорных удобрений. Так, от повышения дозы фосфора со 120 до 240 кг/га дигестия снизилась в первой ротации на 0,1-0,3%. Во второй ротации снижение сахаристости отмечается при увеличении дозы в интервале 120-180 кг - на 0,3-0,6%. Единичные дозы калия уменьшили содержание сахара в первой ротации на 0,1-0,2% по сравнению с полуторными, а во второй ротации - напротив - увеличили.

Общезвестно, что показатели дигестии и выход сахара на заводе могут различаться, в той или иной мере, в зависимости от ряда факторов. Поэтому мы анализировали корнеплоды в специализированной лаборатории "завод на столе", технологические операции которой идентичны промышленному сахарному заводу. Результаты анализов показали, что выход заводского сахара меньше, чем содержание сахарозы по дигестии на 20-25%. Тем не менее, принципиальных различий во влиянии удобрений на эти два параметра не было обнаружено. Кривые выхода сахара и дигестии по различным комбинациям удобрений были практически параллельны.

Заводской выход сахара с единицы площади определяется абсолютным урожаем и процентным извлечением сахара из сырья на заводах. На безнавозном фоне по обеим ротациям максимальный сбор сахара был получен при

внесении под свеклу 240 кг/га азота и по 180 кг фосфора и калия. На фоне навоза в первой ротации лучшие показатели получены по варианту с двойной дозой удобрений, а во второй - с единичной.

Результаты наших исследований свидетельствуют, что большие дозы удобрений существенно снижают сахаристость, хотя валовый сбор "белого" сахара на этих вариантах выше. И тем не менее, потери сахара ощутимы, и, кроме того, он нетехнологичен в заводском цикле, что приводит к излишним затратам энергоресурсов на заводе.

Таким образом, на черноземе типичном с средним содержанием подвижного фосфора и повышенным калия в зоне неустойчивого увлажнения под фабричную сахарную свеклу необходимо применять минеральные удобрения в дозах N180P120K120-180. Для улучшения агроэкономических показателей необходимо вносить промышленные удобрения совместно с органическими.

### Литература

1. Апасов И.В. Концепция развития свеклосеющего комплекса России в 2008-2020 гг. /И.В. Апасов//Сахарная свекла. – 2009. – N 5. – С. 3.
2. Чурсин А.М. Естественнобиологические и экономические факторы использования ресурсов в сельском хозяйстве//Вестник сельскохозяйственной науки, - N 2. – С. 10-22.
3. Никитин В.В. Сроки и способы внесения удобрений//Рациональное использование удобрений. – Воронеж: Центр.-Черноз. кн. изд., 1982. – С. 35-40.
4. Никитин В.В. Пути увеличения производства сахара в Белгородской области. – Белгород, 1989. – 14 с.
5. Иващенко А.В. и др. Эффективность удобрений под сахарную свеклу в северо-восточной Лесостепи Украины//Агрохимия. – 1990. – N 2. – С. 61-67.
6. Кильчевский А.Л. Влияние удобрений на урожай и качество полевых культур//Почвы и удобрение полевых культур в Центрально-Черноземной зоне. – Воронеж, 1977. – С. 47-55.
7. Бондарева К.Г. Урожай и качество сахарной свеклы при длительном внесении удобрений//Науч. Тр. Воронежского СХИ, 110, 1980 – С. 116-118.
8. Гудым В.И., Буджерак А.И., Чайченко С.Ф. Продуктивность сахарной свеклы (Лесостепь УССР) в связи с удобрениями и местом в севообороте//Химия в сельском хозяйстве. – 1985. – N 3. – С. 20-27.
9. Роскошанская Т.Н. Влияние возрастающих доз минеральных удобрений в минеральной и органо-минеральной системах их применения на плодородие почвы и урожай сахарной свеклы//Повышение урожайности и качества. – Киев, 1980. – С. 155-156.
10. Бука А.Я., Гамов Л.Г. Эффективность применения удобрений в зерно-свекловичном севообороте на оподзоленном черноземе левобережной Лесостепи УССР//Агрохимия. – 1983. - N 4.- С. 49-52.
11. Коновалов В.Д. Рациональные дозы//Сахарная свекла. – 1988. – N 4. – С. 30-32.
12. Геллер И.А., Николаенко Ж.И. Влияние почвенного покрова на сахаристость сахарной свеклы//Повышение сахаристости и технологических качеств сахарной свеклы. – Киев, 1987. – С. 27-31.

### References

1. Apasov I. V. the Concept of development of the beet-growing complex of Russia in 2008-2020 /I. V. Apasov//Sugar cramp. – 2009. – N 5. – С. 3.
2. Chursin A. M. Estestvennoistoricheskie and economic factors of resource use in agriculture//Bulletin of agricultural science, - No. 2. – С. 10-22.
3. Nikitin V. V. the Timing and methods of fertilizer application//Rational use of fertilizers. – Voronezh: The Center Of.- Chernoz. kN. ed., 1982. – С. 35-40.
4. Nikitin V. V. Ways of increasing sugar production in the Belgorod region. – Belgorod, 1989. – 14 c.
5. Ivashchenko A. V. et al. the Effectiveness of fertilizers for sugar beet in the North-Eastern Forest-steppe of Ukraine//Agrochemistry. – 1990. – N 2. – С. 61-67.
6. Kilchevsky A. L. Influence of fertilizers on the yield and quality of field crops//Soil and fertilizer for field crops in the Central Chernozem zone. – Voronezh, 1977. – С. 47-55.
7. Bondareva, K. G. Yield and quality of sugar beet in long-term fertilizer//Start. r. The Voronezh agricultural Institute, 110, 1980 – С. 116-118.
8. Gudym V. I., A. I. Budzherak, Chaychenko S. F. Productivity of sugar beet (forest-Steppe of the Ukrainian SSR) in connection with the fertilizer and place in crop rotation//Chemistry in agriculture. – 1985. – N 3. – С. 20-27.
9. Rossoshanskaya T. N. The effect of increasing doses of mineral fertilizers in mineral and organo-mineral systems of their application on soil fertility and yield of sugar beet//Increase yield and quality. – Kiev, 1980. – С. 155-156.
10. Beech J. A., Gamow G. L. the Efficacy of fertilizers in grain-beet crop rotation on podzolized Chernozem of the left-Bank forest-steppe of Ukraine//Agrochemistry. – 1983. - N 4.- С. 49-52.
11. Konovalov V. D. Rational dose//Sugar beet. – 1988. – N 4. – С. 30-32.
12. Geller I. A., Nikolaenko, J. I. Influence of soil cover on the sugar content of sugar beet//sugar content and Improving the technological qualities of sugar beet. – Kiev, 1987. – С. 27-31.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.212

Тютюнов С.И.<sup>1</sup>, Никитин В.В.<sup>2</sup>, Соловichenko В.Д.<sup>3</sup><sup>1</sup>Доктор сельскохозяйственных наук, <sup>2</sup>доктор сельскохозяйственных наук, <sup>3</sup>доктор сельскохозяйственных наук  
ФГБНУ "Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства"**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ЗЕРНОСВЕКЛОВИЧНОМ СЕВООБОРОТЕ****Аннотация**

*Представлены результаты двух ротаций стационарного опыта на черноземе типичном юго-западной части ЦЧЗ. В первой ротации максимальную продуктивность обеспечило внесение на гектар севооборотной площади N120P120K120, а во второй – N96P72K72. Продуктивность севооборота увеличивалась с повышением уровня удобрённости в пределах 48-120 кг/га NPK. Наивысшие критерии энергетической и экономической эффективности были получены в первой ротации по сочетанию N72P72K48, а во второй – по N72P48K72.*

**Ключевые слова:** севооборот, ротация, продуктивность, рентабельность, условно-чистый доход, энергетический коэффициент.

Tyutyunov S.I.<sup>1</sup>, Nikitin V.V.<sup>2</sup>, Solovichenko V.D.<sup>3</sup><sup>1</sup>PhD in Architecture, <sup>2</sup>PhD in Architecture, <sup>3</sup>PhD in Architecture

FGBNU "The Belgorod research institute of agriculture"

**EFFICIENCY OF USE OF FERTILIZERS IN THE CROP ROTATION****Abstract**

*Results of two rotation of stationary experience on the chernozem typical are presented to southwest part of TsChZ. In the first rotation the maximum efficiency was provided by introduction on hectare of sevooborotny Square N120P120K120, and in the second – N96P72K72. a crop rotation I increased with increase of level of an udobrennost within 48-120 kg/hectare of NPK. The highest criteria of power and economic efficiency were received in the first rotation on N72P72K48 combination, and in the second – on N72P48K72.*

**Keywords:** crop rotation, rotation, efficiency, profitability, conditional net income, power coefficient.

Удобрения увеличивают урожай культур севооборота и повышают его продуктивность во всех почвенно-климатических зонах [1]. Долевое участие минеральных удобрений в формировании урожая для лесостепной зоны составляет 26%, а азотных от состава полного удобрения - 41%, в степной зоне Украины - 17 и 31% соответственно [2].

В опытах УкрНИИ растениеводства, селекции и генетики на черноземе мощном наибольшую продуктивность семипольного зерносвекловичного севооборота обеспечило внесение 20 т/га навоза и N<sub>180</sub>P<sub>270</sub>K<sub>220</sub> с минеральными удобрениями - 130,6 ц/га зерновых единиц в первой ротации и 172,6 во второй; увеличение доз навоза и минеральных удобрений было неэффективным [3].

На черноземах типичных Курской области в пятипольном зерно-свекловичном севообороте при внесении за ротацию 20 т/га навоза и N200P250K150 возрастал выход продукции за ротацию на 24-30%. При такой системе удобрения баланс азота и гумуса а также калия был отрицательным, но урожай от ротации к ротации не снижались, а увеличивались, что авторы объясняют повышением культуры земледелия и мобилизацией питательных веществ почвы [4].

На черноземе обыкновенном вносили 30 т/га навоза и в среднем за севооборот M84P84K42 с минеральными удобрениями. Продуктивность севооборота составила на удобренном варианте 172,4 ц/га, на контроле - 92,4. В засушливые годы усиливается действие фосфорно-калийных удобрений, во влажные - азотных [5].

На малогумусном черноземе Ставрополя в шестипольном севообороте со средней обеспеченностью подвижным азотом, низкой - фосфором и повышенной - калием вносили минеральные удобрения в дозах 30-180 кг/га д.в. каждого элемента. Для данных почв в первом минимуме был фосфор. Максимальная продуктивность севооборота была при внесении (NPK)<sub>120</sub> на гектар севооборотной площади 209,8 ц/га кормовых единиц [6].

На черноземе оподзоленном Хмельницкой области в десятипольном зерно-свекловичном севообороте при внесении 60 т навоза и N500P440K520 за ротацию севооборота сбор валовой продукции по сравнению с контролем увеличился на 401 и составил 84,0 ц/га кормовых единиц с гектара в год. При этом баланс азота и калия был дефицитный, а фосфора – положительный [7].

На черноземе обыкновенном Степи Украины в девятипольном севообороте первостепенное значение для повышения продуктивности имели азот и фосфор. Долевое участие азота в формировании урожая - 41%, фосфора - 57%, калия - 2%. Суммарная прибавка от внесения навоза и минеральных удобрений составила 46,5 ц/га кормовых единиц [8].

На мощных малогумусных черноземах центральной Лесостепи Украины с высоким содержанием фосфора и низким - калия максимальная продуктивность севооборота была при внесении 6 т/га навоза и 90-120 кг/га NPK. При дальнейшем увеличении степени удобренности урожай не изменялся, увеличивалось содержание белка в зерне озимой пшеницы, клейковины, но снизилась сахаристость сахарной свеклы [9].

На черноземе выщелоченном Мордовской опытной станции от внесения в среднем за год N<sub>45</sub>P<sub>56</sub>K<sub>39</sub> на фоне навоза прибавка урожая в первой ротации составила около 6 ц/га, во второй - 8-9 кормовых единиц с гектара. Установлена преимущественная роль азота. Для второй ротации характерно, что парные и тройные комбинации одинаково влияют на урожай [10].

На черноземе выщелоченном Молдавии в севообороте, где зерновые культуры занимают 40%, технические - 40%, кормовые - 20%, в богарных условиях лучшими вариантами для кукурузы были (NPK)<sub>60-120</sub>, для сахарной свеклы - N<sub>180</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, для озимой пшеницы - N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> [11].



Исследования были проведены в стационарном полевом опыте, заложенном на черноземе типичном со следующей агрохимической характеристикой: содержание гумуса (по Тюрину) – 6,03%, pH (KCl) – 6,1, Нг (по Каппену) – 1,67 мг-экв/100 г почвы, Нг (по Корнфилду) – 145 мг/кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (по Чирикову) – 54 мг/кг, K<sub>2</sub>O (по Чирикову) – 116 мг/кг.

Севооборот – типичный для зоны, пятипольный со следующим чередованием культур: горох, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на силос; сорта и гибриды – районированные для ЦЧЗ. Минеральные удобрения вносили под озимую пшеницу, сахарную свеклу и кукурузу, навоз в количестве 40 т/га применяли один раз в ротацию под сахарную свеклу с осени, как и минеральные удобрения, под плуг (под пшеницу удобрения вносили под предпосевную культивацию).

Схема опыта включала в себя два блока: безнавозный и с применением органических удобрений. Каждый блок логически разделяется на две части: первая включает возрастающий уровень минеральных удобрений при неизменном соотношении N:P:K, вторая – изменение их сочетаний. Уровень удобренности позволяет максимизировать продуктивность культур. Удобрения были внесены под предшествующие культуры – сахарную свеклу и кукурузу, и поэтому ячмень и горох использовали их последствия.

Окончательное суждение об эффективности систем удобрения можно составить по изменению продуктивности севооборота. Проработанная нами литература по этому вопросу обширна, многопланова и порою противоречива. То, что удобрения повышают продуктивность земли – тривиальная истина. Но вот их количество, оптимальное сочетание питательных элементов, взаимосвязь этих параметров с типом севооборота, почвенным генотипом, уровнем эффективного плодородия, отражающим в своем большинстве антропогенное воздействие на почву – то есть руководство к конструированию системы удобрения в конкретных почвенно-климатических условиях – остается нерешенной проблемой.

Так, максимальная продуктивность севооборота зернопропашного типа имела место при внесении на гектар севооборотной площади на малогумусном черноземе Ставрополя 120 кг/га N, P, K; на мощном малогумусном черноземе Лесостепи Украины – 90-120 кг/га, на черноземе типичном Курской области – N<sub>40</sub>P<sub>50</sub>K<sub>30</sub>, на черноземе обыкновенном Одесской области – N<sub>26</sub>P<sub>40</sub>K<sub>30</sub>, на черноземе оподзоленном Хмельницкой области – N<sub>50</sub>P<sub>44</sub>K<sub>52</sub> [2, 4, 7, 9].

В наших исследованиях продуктивность севооборота в первой ротации и на безнавозном фоне – во второй возрастает с увеличением доз минеральных удобрений до уровня 2,5 дозы NPK (табл. 1). Во второй ротации рост продуктивности на фоне навоза прекращается на уровне 72 кг/га азота, фосфора и калия. При этом внесение навоза в дозе 8 тонн на гектар севооборотной площади обеспечило увеличение общей продуктивности севооборота в первой ротации на 0,51 т/га зерновых единиц, во второй – на 0,54.

Таблица 1 – Влияние удобрений на продуктивность зерносвекловичного севооборота, т/га з.е.

Варианты	Первая ротация			Вторая ротация		
	основная продук-ция	побоч-ная продук-ция	сумма	основ-ная продук-ция	побоч-ная продук-ция	сумма
Контроль	3,97*	1,10*	5,07*	4,49*	1,36*	5,85*
(NPK)48	0,96	0,59	1,55	0,98	0,41	1,39
(NPK)72	1,25	0,72	1,97	1,36	0,54	1,90
(NPK)96	1,50	0,77	2,27	1,47	0,64	2,11
(NPK)120	1,51	0,95	2,46	1,55	0,73	2,28
N96P72K72	1,49	0,88	2,37	1,52	0,88	2,40
N72P48K72	1,17	0,67	1,84	1,41	0,70	2,11
N72P96K72	1,29*	0,75	2,04	1,36	0,72	2,08
N72P72K48	1,29	0,83	2,12	1,29	0,74	2,03
Навоз, 8 т/га	0,34	0,17	0,51	0,38	0,16	0,54
H+(NPK)48	1,16	0,62	1,78	1,31	0,60	1,91
H+(NPK)72	1,40	0,78	2,18	1,61	0,76	2,37
H+(NPK)96	1,51	0,83	2,34	1,60	0,81	2,41
H+(NPK)120	1,60	0,91	2,51	1,61	0,80	2,41
H+N96P72K72	1,50	1,01	2,51	1,62	0,81	2,43
H+N72P48K72	1,33	0,72	2,05	1,61	0,76	2,37
H+N72P96K72	1,46	0,79	2,25	1,51	0,75	2,26
H+N72P72K48	1,44	0,77	2,21	1,49	0,79	2,28

\* На контроле – абсолютные значения, на остальных вариантах – прибавка

В первой ротации проявляется потребность в повышенном уровне азотного и фосфорного питания, а калийные удобрения достаточно вносить в минимальных, единичных дозах. Реакция растений на увеличение доз азота на безнавозном фоне более заметна, чем на фоне навоза, и в последнем случае прирост урожая обусловлен главным образом побочной продукцией. Эффективность двойных доз фосфора выше, чем единичных и полуторных.

Во второй ротации прибавки урожая основной продукции в вариантах с неизменным соотношением элементов питания в принципе не отличаются по абсолютной величине от прибавок в первой ротации, а побочной продукции получено несколько меньше. В целом дополнительные урожаи побочной и основной продукции в первой ротации примерно такие же, как и во второй, однако валовый сбор урожаев с единицы площади во втором случае выше.

Преимущество двойных доз азота над единичными во второй ротации на безнавозном фоне получено, главным образом, за счет нетоварной части урожая, а на фоне навоза - только за счет нее. Однозначно выявляется необходимость не повышать дозы фосфора свыше единичной, так как полуторные дозы не увеличивают урожай, а двойные снижают.

В противоположность первой ротации во второй растения начинают отзываться на повышенный калийный фон. При этом на безнавозном фоне общая продуктивность при внесении  $K_{48}$  даже несколько выше, чем от  $K_{72}$ , однако урожай основной продукции в последнем случае выше. В блоке с навозом с увеличением дозы калия с 48 до 72 кг/га повышается урожай и основной, и общей продукции.

Казалось бы все логично, баланс по калию на безнавозном фоне отрицательный. В то же время, как показали наши исследования, что и в вариантах с отрицательным хозяйственным балансом калия количество его обменной формы в почве и степень подвижности в слабых солевых растворах не снижается во времени, а имеет тенденцию к увеличению. Это еще раз свидетельствует об условности химических методов и их адекватности реалиям.

Энергия, накапливаемая сельскохозяйственными растениями, образуется в процессе фотосинтеза, на активность которого оказывает существенное влияние энергия, вкладываемая трудом человека в виде сельскохозяйственной техники, удобрений, средств защиты и других ресурсов.

В настоящее время оценивать эффективность промышленных и местных удобрений в длительных стационарных опытах в рублевом эквиваленте весьма проблематично по следующим соображениям.

Во-первых, из-за нестабильности цен на энергоносители (а они генерируют и определяют стоимость конечного продукта в любом производстве), и невозможности объективного прогноза даже на ближайшую перспективу судить о целесообразности применения удобрений в севооборотах, принимая за основу ценовые показатели, весьма рискованно и порою бессмысленно.

Во-вторых (и это, вероятно, главное) существующий диспаритет цен на продукцию сельского хозяйства и те же энергоносители, по большому счету, входит в противоречие с законом сохранения энергии, является причиной искаженных взаимосвязей в современной сфере сельскохозяйственного производства. Поэтому наиболее объективно проводить биоэнергетическую оценку факторов антропогенного происхождения в земледелии. Биоэнергетическая оценка подразумевает определение соотношения количества энергии, аккумулированной в урожае сельскохозяйственных культур в процессе фотосинтеза, и энергии совокупных затрат, вкладываемых в производство продукции растениеводства. Актуальность подобной оценки вытекает также из требований современного производства экономить энергию на единицу получаемой продукции. При биоэнергетической оценке различных доз и соотношений удобрений мы руководствовались методическими пособиями, разработанными коллективом ученых и специалистов ВАСХНИЛ, ЦИНАО, ВИУА и других научных учреждений [12].

Содержание аккумулированной энергии в сахарной свекле увеличивается с ростом доз минеральных удобрений в первой ротации до уровня двойных (табл.2). С увеличением доз азота от полуторной до двойной на безнавозном фоне имеется ощутимый прирост энергии, а на фоне навоза получены цифры одного порядка от 240 и 180 кг (табл. 2). С увеличением доз фосфора со 120 до 180 кг/га на безнавозном фоне накопленная энергия возрастает на 7 Мдж/га, а на фоне навоза - на 3. Дальнейшее увеличение доз фосфорных удобрений на обоих фонах малоэффективно. Увеличение доз калия свыше 120 кг/га способствует незначительному накоплению энергии.

Энергетическая эффективность при увеличении уровня удобренности уменьшается независимо от соотношений NPK в удобрении и если исключить единичную дозу, где невелика прибавка урожая, максимальную отдачу в условных единицах мы имеем при внесении под свеклу в первой ротации по 180 кг азота и фосфора и 120 кг калия (табл.3). Если же принять во внимание и общий прирост энергии, то на безнавозном фоне следует отдать предпочтение варианту  $N_{240}P_{180}K_{120}$ .

Содержание энергии, накопленной урожаем кукурузы, на безнавозном фоне увеличивается до уровня двойных доз, затем этот показатель снижается, а на фоне навоза прирост энергии имеет место и по максимальной дозе удобрений. При анализе соотношений питательных веществ можно отметить следующее: проявляется высокая эффективность повышенного уровня азотного питания, фосфора и калия достаточно вносить в единичных дозах.

Биоэнергетический коэффициент полезного действия (КПД) на фоне навоза ниже, чем на безнавозном фоне, так как относительный прирост урожая от минеральных удобрений на фоне навоза меньше. Максимальная окупаемость энергозатрат, израсходованных на удобрения, отмечена при более широком соотношении N:P и N:K.

Наиболее заметный прирост энергии, накопленной урожаем озимой пшеницы, имеет место при переходе от единичной дозы к полуторной, дальнейшие изменения незначительны. Накоплению энергии урожаем зерна способствуют повышенные дозы азота, в особенности на безнавозном фоне, и фосфора; увеличение дозы калия свыше 60 кг не повышает энергонасыщенность посевов.

Таблица 2 – Биоэнергетическая эффективность минеральных удобрений в зерносвекловичном севообороте в первой ротации

Варианты	Сахарная свекла		Кукуруза		Озимая пшеница		Севооборот	
	энергия, Мдж	КПД, ед.	энергия, Мдж	КПД, ед.	энергия, Мдж	КПД, ед.	энергия, Мдж	КПД, ед.
Контроль	165*	-	115*	-	41*	-	65*	-
(NPK)48	50	3,87	16	2,40	13	1,93	15,8	3,04
(NPK)72	62	3,20	24	2,46	15	1,58	20,6	2,68
(NPK)96	73	2,83	33	2,57	16	1,20	24,7	2,38
(NPK)120	73	2,26	29	1,78	16	1,00	24,8	1,92
N96P72K72	72	2,93	31	2,51	15	1,23	24,5	2,47
N72P48K72	55	2,96	27	2,87	13	1,34	19,2	2,59
N72P96K72	63	3,13	19	1,84	19	1,87	21,2	2,65
N72P72K48	65	3,44	24	2,56	14	1,48	21,2	2,83
Навоз, 8 /га	180*	-	125*	-	42*	-	71*	-
H+(NPK)48	42	3,25	12	1,84	10	1,57	13,5	2,60
H+(NPK)72	55	2,84	14	1,44	14	1,48	17,4	2,26
H+(NPK)96	58	2,25	19	1,49	15	1,16	19,2	1,85
H+(NPK)120	59	1,63	23	1,40	16	0,97	20,7	1,60
H+N96P72K72	56	2,28	23	1,87	15	1,22	19,0	1,92
H+N72P48K72	52	2,80	15	1,63	12	1,31	16,3	2,20
H+N72P96K72	55	2,74	14	1,38	17	1,72	18,4	2,30
H+N72P72K48	56	2,96	17	1,82	15	1,54	18,1	2,41

\* Абсолютные показатели, на остальных вариантах – отклонения

Таблица 3 – Биоэнергетическая эффективность минеральных удобрений в зерносвекловичном севообороте во второй ротации

Варианты	Сахарная свекла		Кукуруза		Озимая пшеница		Севооборот	
	энергия, Мдж	КПД, ед.	энергия, Мдж	КПД, ед.	энергия, Мдж	КПД, ед.	энергия, Мдж	КПД, ед.
Контроль	165*	-	131*	-	61*	-	74*	-
(NPK)48	35	2,71	18	2,85	25	3,82	16,1	3,10
(NPK)72	52	2,71	28	2,88	28	2,89	22,4	2,91
(NPK)96	57	2,22	30	2,32	30	2,35	24,2	2,33
(NPK)120	57	1,79	31	1,93	30	1,88	25,5	1,98
N96P72K72	60	2,46	30	2,47	28	2,30	25,0	2,53
N72P48K72	52	2,79	34	2,65	28/	2,96	23,2	3,14
N72P96K72	52	2,58	26	2,60	27	2,63	22,4	2,80
N72P72K48	50	2,65	23	2,39	25	2,62	21,2	2,83
Навоз, 8 /га	191*	-	141*	-	62*	-	80*	-
H+(NPK)48	33	2,57	11	1,66	23	3,59	15,3	2,94
H+(NPK)72	40	2,07	21	2,12	29	2,94	20,2	23,62
H+(NPK)96	37	1,44	22	1,71	30	2,35	20,1	1,93
H+(NPK)120	35	1,07	26	1,60	29	1,80	20,2	1,57
H+N96P72K72	36	1,47	26	2,13	28	2,26	20,4	2,06
H+N72P48K72	36	1,91	30	3,21	29	30,9	20,2	2,73
H+N72P96K72	32	1,60	21	2,12	27	2,68	18,0	2,33
H+N72P72K48	37	1,97	18	1,86	29	3,05	18,3	2,44

\* Абсолютные показатели, на остальных вариантах – отклонения

Биоэнергетический КПД в опыте с озимой пшеницей в 1,5-2 раза ниже, чем в случае со свеклой и кукурузой. Однако его поведение в отношении степени удобренности схоже: чем выше доза, тем ниже энергоотдача. В первой ротации по уровню КПД предпочтение следует отдать вариантам с повышенными дозами фосфора.

Результативность севообороте подсчитана с привлечением всех культур. Средняя энергонасыщенность севооборотной продукции в первой ротации, как и отдельных культур, заметно увеличивается до уровня двойных доз минеральных удобрений. Лучшие результаты получены от двойных доз азота и фосфора и единичных - калия. В этих вариантах при относительно большом сборе энергии с единицы площади мы имеем наиболее высокие КПД. На фоне навоза энергия, накопленная дополнительным урожаем, полученным за счет минеральных удобрений, ниже, чем на безнавозном фоне, но закономерности, полученные в безнавозном блоке, сохраняются и в этом случае.

Общая энергонасыщенность посевов в стационарном опыте во второй ротации увеличилась, несколько возросла и энергия, накопленная на делянках, получивших минеральные удобрения. При неизменном соотношении питательных веществ в удобрениях на безнавозном фоне увеличивается накопленная энергия до уровня внесения 2-2,5 доз, а на фоне навоза - до 1,5-ной дозы.

Увеличение дозы азота с 72 до 96 кг на гектар севооборотной площади повышает количество энергии в урожае на безазотном фоне и не изменяет ее на фоне 8 т/га навоза. Изменение доз фосфора с 48 до 96 кг/га не увеличивает энергию в урожае культур севооборота, и поэтому оптимальной следует считать единичную дозу.

Во второй ротации изменяется реакция культур на калийный режим. Если в первой ротации по энергетическим параметрам полуторные дозы калия проигрывали единичным, то во второй с повышением уровня калийного питания возрастает содержание энергии в товарной части урожая и, что очень существенно возрастает коэффициент полезного действия энергии, затраченной на производство и применение минеральных удобрений.

Представляет определенный интерес изменение сочетаний NPK в тройном удобрении. В первой ротации целесообразно внесение двойных доз азота и единичных фосфора и калия, а во второй при сохранении доминанты азота, повышение доз фосфора и калия приводит к депрессии.

Проведение полевых исследований двух ротаций пятипольного севооборота дает нам основания сделать следующие выводы:

- удобрения являются важным ресурсом увеличения продуктивности агроценоза в зоне недостаточного увлажнения юго-западной части Центрально-Черноземного региона;
- в наибольшей степени за продуктивность культур ответственна азотная составляющая, затем фосфорная и на последнем месте находится калий;
- при оценке эффективности системы удобрения с биоэнергетических позиций все сочетания и дозы питательных веществ обеспечили положительный результат;
- с точки зрения экономической целесообразности наиболее предпочтительными оказались в первой ротации вариант N72P72K48, а во второй - N72P48K72.

### Литература

1. Минеев В.Г. Влияние степени насыщения севооборотов органическими и минеральными удобрениями на плодородие и продуктивность севооборотов//Науч. Тр. ВАСХНИЛ. – М., 1980. – С. 40.
2. Державин Л.М. Эффективность азотных удобрений в СССР//Химия в сельском хозяйстве. – 1987. – N 1. – С. 35-36.
3. Буденный Ю.В. Влияние различных удобрений на урожай зерновых культур в зерносвекловичном севообороте//Пути повышения урожая зерновых культур в восточной Лесостепи. – Харьков, 1985. – С. 645-675.
4. Музычкин Е.Т. Круговорот питательных веществ в условиях интенсивной химизации на мощных черноземах Курской области//Регулирование плодородия почв круговорота и баланса питательных веществ в земледелии СССР. – Пушкино. – С. 76-80.
5. Московских В.Т. Влияние систематического применения удобрений на урожай культур и продуктивность зерно-пропашного севооборота//Химизация интенсивного земледелия. – М., 1987. – С. 23-27.
6. Черкасова А. Влияние систематического внесения удобрений на продуктивность севооборота//Основные пути повышения плодородия почв Ставрополя. – Ставрополь, 1982. – С. 13-17.
7. Иванова В. Действие удобрений на продуктивность культур зерно-свекловичного севооборота и агрохимические свойства почвы. – Канд. дисс. Индекс А, 1980. – 194 с.
8. Лютый Н. Эффективность удобрений при систематическом их применении в севообороте//Рациональное использование удобрений в степи УССР. - Днепропетровск, 1977. – С. 10-20.
9. Якименко В.Н., Теселько В.Л., Кожуховский Н.Н. и др. Продуктивность культур зерносвекловичных севооборотов при разных нормах удобрений в центральной Лесостепи УССР//Агрохимия. – 1984. – N 6. – С.22-30.
10. Костров К., Малова А. Система удобрения и продуктивность зернопропашного севооборота// Химизация земледелия Волго-Вятского района. – Киров, 1978. – С. 26-30.
11. Туртуряну Н.А. Система применения удобрений в интенсивном севообороте на выщелоченных черноземах//Система удобрения в интенсивном земледелии. – Кишинев, 1979. – С. 3-16.
12. Инструкция и нормативы по определению экономической и энергетической эффективности применения удобрений. – М., 1987. – 45 с.

### References

1. Mineev V. G. Effect of degree of saturation sevooborota organic and mineral fertilizers on fertility and productivity of sevooborota//Nauch. Tr. The agricultural Sciences. – М., 1980. – С. 40.
2. Derzhavin L. M. Efficiency of nitrogen y3добрений in the USSR//Chemistry in agriculture. – 1987. – N 1. – С. 35-36.
3. Budyonny Y. V. the Influence of different fertilizers on yield of cereals in grain-beet crop rotation//the Way повышебнифя harvest servich of Kultur in the Eastern Forest. – Kharkov, 1985. – С. 645-75.
4. Musicskin E. T. nutrient вещ5ств in conditions of intensive application of chemicals on powerful Chernozem Kursk region//Regulation of fertility cycle and balance of nutrients in agriculture of the USSR. – Pushchino. – С. 76-80.
5. Moscow V. T. Effect of systematic application of fertilizers on the yield of crops and productivity of grain-row crop rotation/use of Chemicals in intensive farming. – М., 1987. – С. 23-27.
6. Cherkasova A. Influence of systematic application of fertilizers on the crop rotation produktivnosti//the Main ways of increase of fertility of soils of Stavropol. – Stavropol, 1982. – С. 13-17.
7. Ivanova V. Effect of fertilizers on productivity of crops Srna-sugar beet crop rotation and agrochemical properties of the soil. – Candidate. Diss. Index A, 1980. – 194 с.
8. Lyuta N. The effectiveness of the systematic fertilizer application in crop rotation//Rational use of fertilizers in the steppe of the Ukrainian SSR. - Kiev, 1977. – С. 10-20.
9. Yakimenko V. N., Tesela L. V., Kozhukhovskiy N. N. etc. ку4льтур the Productivity of grain-beet crop rotations under different norms of fertilizers in the Central Forest-steppe of Ukraine//Agrochemistry. – 1984. – N 6. – С. 22-30.
10. Fires K., Malov A. fertilizer System and crop rotation productivity serebrovskogo// Chemicalization of agriculture of the Volga-Vyatka region. – Kirov, 1978. – С. 26-30.

11. Turtureanu N. And. The system of application of fertilizers in intensive crop rotation on leached Chernozem//System of fertilizers in intensive agriculture. – Chisinau, 1979. – С. 3-16.
12. Manual and guidelines on determining cost and energy efficiency of fertilizer application. – М., 1987. – 45