

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЖУРНАЛ**

INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL

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

Екатеринбург
2017



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
Сайт: www.research-journal.org

**№ 04 (58) 2017
Часть 1
Апрель**

Подписано в печать 17.04.2017.
Тираж 900 экз.
Заказ 26181.
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: Костенко Р.В., 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

УРОВЕНЬ ОБЩЕГО БЕЛКА И ПРОДУКТОВ ЕГО РАСПАДА В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ СТУДЕНТОК К УЧЕБЕ	6
ОЦЕНКА АЭРОБНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНОВ ДО И ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ.....	8
ESTIMATION OF PHYTOTOXICITY OF SOILS OF PRIMORSKY KRAY (FAR EASTERN FEDERAL DISTRICT) ON AGRICULTURAL POLLUTANTS BY HIGHER PLANTS.....	11
ПЕНООБРАЗУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i> КАК НОВАЯ ТЕСТ-РЕАКЦИЯ ДЛЯ БИОТЕСТИРОВАНИЯ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ.....	14
ОБОСНОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА БИОПРЕПАРАТ	19
АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ В СУХОСТЕПНЫХ УСЛОВИЯХ	21
БИОРАЗНООБРАЗИЕ ПЕДОЦЕНОЗОВ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО ПРИУРАЛЬЯ	25
РАЗРАБОТКА БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ БАКТЕРИИ <i>AEROMONAS SALMONICIDA</i>	27
ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ НА РАЗВИТИЕ БИОПОВРЕЖДЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ	30
ОСОБЕННОСТИ ЦЕРЕБРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ В ГРУДНЫХ ОТВЕДЕНИЯХ ЭКГ	33
ВИТАМИН С И АНТИОКСИДАНТНАЯ ЗАЩИТА	35

ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ / VETERINARY SCIENCE

ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕРАПИИ КИШЕЧНЫХ ИНВАЗИЙ, ИНФЕСТАЦИЙ ПОРОСЯТ И ТЕЛЯТ	38
НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ МОРФОГЕНЕЗА НЕЙРОЦИТОВ ДОМАШНИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ И ПТИЦ.....	41

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOGRAPHY

ДИНАМИКА ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И ЦЕНТРЫ РАССЕЛЕНИЯ В РЕГИОНАХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ	47
ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗОНИРОВАНИЕ МОРДОВИИ.....	50
СИНТЕТИЧЕСКОЕ ЛАНДШАФТНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ В РЕГИОНАЛЬНОЙ ГИС.....	54

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOLOGY AND MINERALOGY

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ И СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА НЕКОТОРЫХ АРХИТЕКТУРНО-ИСТОРИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ В ХАНОЕ	57
ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В БЛИЗПОВЕРХНОСТНЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ С ПОМОЩЬЮ ПК «СЕЛЕКТОР» (НА ПРИМЕРЕ ВЛК. ГОЛОВНИНА, О. КУНАШИР)	66

НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

ВОЛНОВАЯ ДИНАМИКА ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНО СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ СРЕД.....	77
АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА РЕЧНЫХ БАССЕЙНАХ ИРАНА.....	80
МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УЧАСТКОВ ЗАЛЕЖИ В АГРОЛАНДШАФТАХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РАЙОНА.....	86
СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ГОРНО-РЕКРЕАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ: ЛАНДШАФТНЫЙ ПОДХОД.....	90
ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИИ ДВУХПЕТЛЕВОГО ДИПОЛЬНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО И НАКЛОННОГО ТОНКОГО ЭЛЕКТРОПРОВОДНОГО ПЛАСТА МЕТОДОМ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ.....	93

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

КОЛЕБАНИЯ УПРУГОГО ПОЛУПРОСТРАНСТВА С ДВУМЯ ИЗЛУЧАЮЩИМИ ДЕФЕКТАМИ КОНЕЧНОЙ ДЛИНЫ	98
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОВЕРХНОСТИ ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА ТЕПЛООБМЕНА	101
НЕКОТОРЫЕ ДОПОЛНЕНИЯ К ВОПРОСАМ О МНОГОМЕРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ОПЕРАТОРАХ С ОСЦИЛЛИРУЮЩИМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ	107
УРАВНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ДВУХ ДВИЖЕНИЙ ПЛАНЕТ	112

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY

ОСНОВНЫЕ ПРИЗНАКИ ПРОЯВЛЕНИЯ КВАНТОВЫХ СВОЙСТВ ОКСИДНЫХ РАСПЛАВОВ	116
ПОЛУЧЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ 3D-ИМПЛАНТАТОВ ДЛЯ КОСТНОЙ ПЛАСТИКИ НА ОСНОВЕ КАЛЬЦИЙМАГНИЙФОСФАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ	118
НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ [¹⁸ F]ФЛЮМАЗЕНИЛА, РАДИОФАРМПРЕПАРАТА ДЛЯ РЕЦЕПТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МОЗГА МЕТОДОМ ПЭТ	124
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОГНЕПРЕГРАДИТЕЛЕЙ	128

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES

ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА КАЧЕСТВО МЯСА БРОЙЛЕРОВ	131
ВЛИЯНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ АМИНОКИСЛОТ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ И ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ КУЛЬТУР	134
РОЛЬ ПОЖАРОВ В ПОДПОЛОГОВОМ ВОЗОБНОВЛЕНИИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ	140
РОСТ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ ПРИ ЗАГУЩЕННОЙ ПОСАДКЕ В УСЛОВИЯХ ЮГА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ	143
СОДЕРЖАНИЕ КАЛИЯ В ПОЧВЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ..	148
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЯ	152
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОСЕМЕНЕНИЯ ПЧЕЛИНЫХ МАТОК	157
ПОЛУЧЕНИЕ ПЕКТИНА ИЗ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА	160
ПОВЫШЕНИЕ БИОЭНЕРГЕТИКИ ПОЧВ РОССИИ	163
ФИЗИЧЕСКИЕ, ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО	166

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.066>

Анзоров В.А.¹, Морякина С.В.²

¹Доктор биологических наук, профессор,

²ORCID: 0000-0002-2548-1088, кандидат биологических наук, доцент,

ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет»

УРОВЕНЬ ОБЩЕГО БЕЛКА И ПРОДУКТОВ ЕГО РАСПАДА В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ СТУДЕНТОК К УЧЕБЕ

Аннотация

Работа посвящена изучению влияния учебного процесса в высшем учебном заведении на концентрацию в сыворотке крови студенток общего белка и продуктов его распада. В эксперименте участвовали 18 студенток 1-4 курсов биолого-химического факультета, которые были распределены на четыре группы по 4-5 человек. Полученные результаты свидетельствуют о том, что уровень общего белка, мочевины и креатинина в крови у девушек подвергается колебаниям в обе стороны, оставаясь в пределах нормы. Содержание билирубина на последнем курсе учебы выше физиологической нормы.

Ключевые слова: адаптация, общий белок, мочевина, креатинин, билирубин.

Anzorov V.A.¹, Morjakina S.V.²

¹PhD in Biology, professor,

²ORCID: 0000-0002-2548-1088, PhD in Biology, associate professor,

Chechen state university

TOTAL PROTEIN LEVEL AND PRODUCTS OF ITS DECOMPOSITION IN THE PROCESS OF ADAPTATION OF STUDENTS TO LEARNING

Abstract

The work is devoted to the study of educational process influence in a higher educational institution on the concentration of total protein and the products of its decomposition in serum of female students. 18 students of 1-4 courses of Biology and Chemistry Faculties were divided into four groups of 4-5 people and participated in the experiment. The results show that the level of total protein, BUN and creatinine in the blood of girls undergoes fluctuations towards both sides, remaining within the normal range. The content of bilirubin among students of the last year of study is higher than the physiological norm.

Keywords: adaptation, total protein, BUN, creatinine, bilirubin.

Во всех сферах деятельности современного общества происходят глубокие духовные, политические и социально-экономические преобразования, развитие рынка труда, которые выдвигают необходимость ускорения в развитии системы высшего образования, основанного на сострадании и внедрении новых технологий.

Сегодня обучение в вузе студента сопровождается максимальной физической и умственной нагрузкой, что связано с внедрением новых интенсивных технологий и воздействием большого потока информации. Факторами, предъявляющими к студентам повышенные требования и с, которыми не всегда удается справиться, являются высокий уровень учебной нагрузки, огромный объем и сложность учебного материала.

Рост количества изучаемых дисциплин, включение в учебные программы большее количество материала без учета возможностей организма студента стали причинами стрессов, нервных перегрузок и истощения. Программы вузов можно сравнить с сосудом, в который без учета объема все время вливают.

Сложность учебы в вузе по сравнению со школой заключается в удлинении рабочего дня до 9-11 часов, а в периоды сессий доходит до 12 – 15 часов [1, С. 486].

Социологи, психологи, физиологи, гигиенисты и врачи уделяют огромное внимание приспособлению студентов к учебе, которое является одной из важных проблем современности. Изучением приспособления студента к учебе в вузе занимались и занимаются не только отечественные (Б.Г. Ананьев, В.Г. Лисовский, В.А. Сластенин и другие), но и зарубежные (Дж. Брунер, Р. Мэй и другие) ученые. Приспособление к учебе у студентов происходит с высоким напряжением систем организма. Под воздействием учебной нагрузки у студентов происходят приспособительные изменения функциональных и регуляторных систем, в том числе центральной нервной, сердечной и дыхательной [2, С. 22-24], [3, С. 58-60].

Изменения в составе крови, центральной нервной системы у студентов являются механизмами приспособления к тяжелому умственному труду.

По данным исследователей успешность умственной деятельности зависит от свойств высшей нервной деятельности, однако мало данных о воздействии этих свойств на состояние физиологических систем организма, создающих и поддерживающих эту деятельность [4, С. 452]. Все это приводит к ослаблению здоровья студентов.

Все еще мало изученными остаются факторы приспособления к процессу обучения в вузе. Учитывая, что белки в организме выполняют множество разнообразных функций: участие в гемостазе; регуляция pH плазмы крови; транспорт различных веществ; формирование иммунитета; создание онкотического давления, выявление уровня общего белка и продуктов его распада в крови студенток при приспособлении к учебе в высшем учебном заведении является важным.

Материалы и методы. Для изучения влияния учебного процесса на концентрацию общего белка и продуктов его распада в крови студенток вуза, нами были проведены исследования в лаборатории физиологии человека кафедры физиологии и анатомии человека и животных Чеченского государственного университета. В эксперименте участвовало 18 клинически здоровых девушек, обучающихся на разных курсах дневного отделения. Возраст подопытных колебался от 18 лет до 21 года. Девушки, участвовавшие в эксперименте, были разбиты на 4 группы по

курсу обучения (1-4). Каждая группа состояла из 4-5 студенток. Кровь для определения биохимических показателей брали утром натощак.

Определение общего белка, креатинина, мочевины и билирубина производилось на автоматическом биохимическом анализаторе «Super Z».

Результаты и обсуждение. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика общего белка и продуктов его распада при приспособлении студенток к учебе в вузе

Курс учебы	Содержалось в сыворотке крови			
	Общего белка в г/л	Мочевины в моль/л	Креатинина в ммоль/л	Билирубина в ммоль/л
1-ый	67,1±1,90	3,5±0,57	83,8±3,32	18,4±1,50
2-ой	74,6±0,99**	4,0±0,28	82,2±2,86	17,1±0,87
3-ий	64,1±1,08	4,3±0,37	73,7±0,80*	17,9±0,59
4-ый	78,0±0,77***	3,9±0,46	80,7±1,82	21,7±2,77

Примечание: * – $P > 0,05$; ** – $P < 0,02$; *** – $P < 0,01$.

Из таблицы видно, что уровень белка, мочевины, креатинина в крови девушек в течение всего периода обучения находились в пределах физиологической нормы, чего нельзя сказать о билирубине. Так как его средняя величина у студенток четвертого курса несущественно выше нормы. Однако концентрация общего белка достоверно возрастает у студенток второго и четвертого курсов, а третьего незначительно снижается по сравнению с первым годом обучения. Так величина его у обучающихся на втором курсе выше на 7,5 г/л ($P < 0,02$), на четвертом – 10,9 г/л ($P < 0,01$), на третьем ниже, на 3,0 г/л, чем на начальном курсе.

Содержание мочевины имеет тенденцию к постепенному росту до 3-го года учебы, а затем несущественно снижается. Ее уровень у девушек 2-го и 3-го года учебы больше на 0,5 и 0,8 моль/л соответственно, 4-го – 0,4 моль/л, чем 1-го года.

Концентрация креатинина, постепенно снижаясь, достигает минимума у девушек третьего курса, а затем незначительно возрастает. Его величина у студенток третьего года учебы ниже на 10,1 ммоль/л ($P > 0,05$), а второго и четвертого – 1,6 и 3,1 ммоль/л соответственно, чем первого.

Среднее содержание билирубина у девушек 4-го курса несущественно выше физиологической нормы. В крови у студенток 1-3 курсов также концентрация билирубина находилась на верхней границе нормы. У девушек, проучившихся более трех лет его уровень выше на 3,3; 4,6 и 3,8 ммоль/л, чем находящихся на 1-ом, 2-ом и третьем курсах соответственно.

В доступных нам литературных источниках нет данных о биохимических показателях крови при адаптации студентов к учебе в вузе.

При приспособлении студентов к обучению происходит увеличение нагрузки на их системы. Основным фактором, приводящим к нарушению здоровья, является повышение нормы учебной нагрузки [5, С. 47-49].

По данным С.А. Батрымбековой [6, С. 46] приспособились к условиям обучения в вузе лишь 28,1% студентов, проявили средний уровень адаптации 52,2%, не приспособились 19,75%. Адаптация студентов к обучению сопровождается повышением выработки адреналина, норадреналина и кортикостероидов надпочечниками, вследствие чего усиливается возбудимость нейронов и обмен веществ [7, С. 368]. По сообщению Е.А. Захариной [8, С. 61-64] у студентов четвертого курса вуза не завершился процесс приспособления.

По-видимому, для объяснения достоверных изменений уровня белка у девушек разных курсов, необходимо провести дополнительные исследования на больших выборках и с определением фракций белков. Очевидно, достоверно низкий уровень креатинина у студенток третьего курса обусловлен низкой концентрацией белка у последних в крови.

Выход за пределы верхней нормы величины билирубина у девушек 4-го курса возможно связано с усилением разрушения эритроцитов или с нарушениями в переработке печенью пигмента или в оттоке желчи.

Заключение. Результаты проведенных исследований показывают, что содержание в крови студенток белка, мочевины и креатинина за период учебы подвержено колебаниям в обе стороны оставаясь в границах нормы, уровень билирубина выходит за пределы верхних референтных значений у девушек 4-го курса.

Список литературы / References

1. Агаджанян Н.А. Физиология человека / Н.А. Агаджанян, А.И. Елфимова, З.Б. Минина. – М.: ЮТА, 1986. – 486 с.
2. Абишева З.С. Сравнительный анализ адаптивных возможностей студентов различных вузов в процессе учебы / З.С. Абишева, Е.М. Рослякова, Х.Х. Хасенова // Европейская наука 21 века: материалы XI Международной научно-практической конференции. – Варшава, 2011. – С. 22-24.
3. Горькавая А.Ю. Показатели физиологического развития и адаптации сердечно-сосудистой системы студентов медуниверситета во Владивостоке / А.Ю. Горькавая // Гигиена и санитария. – 2009. – №1. – С. 58-60.
4. Гуревич К.М. Психологическая диагностика / К.М. Гуревич // Учебное пособие. – М.: Мир, 1997. – 452 с.
5. Спицин А.П. Особенности адаптации студентов младших курсов медицинского вуза к учебной деятельности / А.П. Спицин // Гигиена и санитария. – 2002. – № 1. – С. 47-49.
6. Батрымбетова С.А. Медико-социальная характеристика студентов и научное обоснование концепции охраны их здоровья (на примере г. Актобе Республики Казахстан): автореф. дис. ... д-ра мед. наук / С.А. Батрымбетова. – М., 2008. – 46 с.
7. Артеменко А.А. Концепция оптимизации функционального состояния и повышения адаптационных возможностей человека: дис. ... док. биол. наук / А.А. Артеменко; Черепов. гос. ун-т. – Череповец, 2015. – 368 с.

8. Захарина Е.А. Анализ физического здоровья студентов классического частного университета / Е.А. Захарина // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. – 2009. – № 7. – С. 61-64.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Agadzhanjan N.A. Fiziologija cheloveka [Human physiology] / N.A. Agadzhanjan, A.I. Elfimova, Z.B. Minina. – M.: JuTA, 1986. – 486 s. [in Russian]
2. Abisheva Z.S. Sravnitel'nyj analiz adaptivnyh vozmozhnostej studentov razlichnyh vuzov v processe ucheby [The comparative analysis of adaptive opportunities of students of various higher education institutions in the course of study] / Z.S. Abisheva, E.M. Rosljakova, H.H. Hasenova // Evropejskaja nauka 21 veka: materialy H11 Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskij konferencii [European science of 21 centuries: materials X11 International scientific and practical conferences]. – Varshava, 2011. – S. 22-24. [in Russian]
3. Gor'kavaja A.Ju. Pokazateli fiziologicheskogo razvitiya i adaptacii serdechnososudistoj sistemy studentov meduniversiteta vo Vladivostoke [Indicators of physiological development and adaptation of cardiovascular system of students of medical university in Vladivostok] / A.Ju. Gor'kavaja // Gigiena i sanitarija [Hygiene and sanitation]. – 2009. – №1. – S. 58-60. [in Russian]
4. Gurevich K.M. Psihologicheskaja diagnostika [Psychological diagnostics] / K.M. Gurevich // Uchebnoe posobie [manuals]. – M.: Mir, 1997. – 452 s. [in Russian]
5. Spicin A.P. Osobennosti adaptacii studentov mladshih kursov medicinskogo vuza k uchebnoj dejatel'nosti [Features of adaptation of junior students of medical school to educational activity] / A.P. Spicin // Gigiena i sanitarija [Hygiene and sanitation]. – 2002. – № 1. – S. 47-49. [in Russian]
6. Batrymbetova S.A. Mediko-social'naja harakteristika studentov i nauchnoe obosnovanie koncepcii ohrany ih zdorov'ja (na primere g. Aktobe Respubliki Kazahstan) [The medico-social characteristic of students and scientific justification of the concept of protection of their health (on the example of Aktobe of the Republic of Kazakhstan)]: avtoref. dis. ... of MD / S.A. Batrymbetova. – M., 2008. – 46 s. [in Russian]
7. Artemenko A.A. Koncepcija optimizacii funkcional'nogo sostojaniya i povysheniya adaptacionnyh vozmozhnostej cheloveka [Concept of optimization of a functional state and increase in adaptation opportunities of the person]: dis.... of PhD in Biology / A.A. Artemenko; Cherepov. gos. un-t. – Cherepovec, 2015. – 368 s. [in Russian]
8. Zaharina E.A. Analiz fizicheskogo zdorov'ja studentov klassicheskogo privatnogo universiteta [Analysis of physical health of students of classical private university] / E.A. Zaharina // Pedagogika, psihologija i mediko-biologicheskie problemy fizicheskogo vospitaniya i sporta [Pedagogics, psychology and medicobiological problems of physical training and sport]. – 2009. – № 7. – S. 61-64. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.145>

Багирова Р.М.¹, Кулиев Ю.Н.²

¹ORCID: 0000-0003-1129-1547, Доктор биологических наук, профессор,

²ORCID: 0000-0001-5086-1800, Кандидат биологических наук, доцент,

Азербайджанская Государственная Академия Физической культуры и Спорта

ОЦЕНКА АЭРОБНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНОВ ДО И ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Аннотация

Исследовалось влияние физической нагрузки на аэробную работоспособность и состояние кардиореспираторной системы. Показано, что аэробная функциональная работоспособность организма исследованных спортсменов находится на среднем уровне. Также у большинства спортсменов наблюдается расхождение между уровнем функциональной работоспособности и реакцией сердечнососудистой системы на предъявляемую нагрузку. Спортивная тренировка формирует ряд факторов, некоторые из которых негативно влияют на легочную вентиляцию, ограничивая возможности кардиореспираторной системы. Учет этих факторов и разработка специальных тренировочных программ будет способствовать увеличению функциональных способностей системы дыхания и как следствие – росту спортивных результатов.

Ключевые слова: кардиореспираторная система, аэробная функциональная работоспособность.

Bagirova R.M.¹, Kuliev Yu.N.²

¹ORCID: 0000-0003-1129-1547, PhD in Biology, Professor,

²ORCID: 0000-0001-5086-1800, PhD in Biology, Associate professor,

Azerbaijan State Academy of Physical Culture and Sport

EVALUATION OF AEROBIC CAPABILITY AND FUNCTIONAL STATE OF ATHLETES BEFORE AND AFTER PHYSICAL EXERCISES

Abstract

The effect of physical activities on aerobic capability and the state of the cardiorespiratory system is studied in the paper. It is shown that the aerobic capacity of the body of the examined athletes is at the average level. Most athletes have a different level of functional performance and the response of the cardiovascular system to the load. An athletic training forms a number of factors, some of them have a negative effect on pulmonary ventilation, limiting the cardiorespiratory system. Taking into account these factors it is possible to develop a special training program, which increase the functional performance of the respiratory system and, as a result, increase the sports results.

Keywords: cardiorespiratory system, aerobic functional capacity.

Проблема оптимизации функционального состояния организма человека в условиях напряженной мышечной деятельности продолжает оставаться ведущей проблемой спортивной физиологии. Особую актуальность приобретает эта проблема в аспекте оценки функциональных возможностей организма спортсменов в процессе адаптации к специфической мышечной деятельности [1, С. 152], [2, С. 72], [3, С. 147]. В этой связи закономерное развитие получило представление о функциональной подготовленности организма спортсменов, обуславливающее физическую работоспособность [4, С. 24], [5, С. 216].

Одним из важнейших показателей состояния спортивной работоспособности является функциональное состояние кардиореспираторной системы. Влияние физических нагрузок разной интенсивности на организм человека отражается в первую очередь на кардиореспираторной системе, поскольку данная система обеспечивает адаптацию организма к различным воздействиям и отражает динамику восстановительных процессов [6, С. 161]. Велоэргометрическая проба PWC_{170} позволяет оценить аэробные возможности кардиореспираторной системы организма спортсменов.

В связи с вышеизложенным, целью настоящей работы является оценка аэробной работоспособности и функционального состояния спортсменов по вольной борьбе до и после выполнения физической нагрузки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В эксперименте принимало участие 10 спортсменов по вольной борьбе, имеющих различную квалификацию (I и II разряд), стаж занятий (от 5 до 8 лет) и возраст (18-25 лет). Для изучения аэробной физической работоспособности использовался тест PWC_{170} . Для исследования кардиореспираторной системы производилось измерение частоты сердечных сокращений (ЧСС) и артериального давления (АД) до и после исследуемой нагрузки. Также проводилось спирометрическое исследование до и после нагрузочного теста PWC_{170} . Определялись жизненная емкость легких и частота дыхания за 1 минуту. Для исследования теста PWC_{170} на велоэргометре выполнялись две нагрузки по 5 минут каждая с интервалом 3 минуты. Вычислялись относительные и абсолютные (на кг массы тела) значения PWC_{170} и МПК.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты проведенного исследования позволили определить уровень анаэробной функциональной работоспособности спортсменов в целом по команде и каждого игрока в отдельности.

Проведенное исследование функциональной и физической работоспособности по велоэргометрической пробе показало, что абсолютная величина PWC_{170} равнялась в среднем 1214 кгм/мин, а относительная - 19,7 кгм/мин/кг, что на основании оценочной шкалы соответствует уровню работоспособности выше среднего. Абсолютная величина МПК в среднем равнялась 3,8 л/мин, относительные показатели находились в пределах 52,5 – 78,4 л/мин/кг. Анализ полученных данных показал, что высокие абсолютные значения PWC_{170} - 1599 и 1440 кгм/мин и МПК - 4,5 и 4,2 л/мин были выявлены у двух баскетболистов (I разр.). Среднее и выше среднего абсолютные значения PWC_{170} – 1000, 1060, 1109, 1200, 1266, 1305 кгм/мин и МПК – 3,3; 3,4; 3,5; 3,6; 3,8; 3,9 л/мин отмечалось у шестерых спортсменов. Аналогичная картина наблюдалась и в отношении относительных значений PWC_{170} и МПК. В этом случае также у двух спортсменов была выявлена высокая функциональная работоспособность при относительных значениях PWC_{170} - 22,8-26,0 кгм/мин/кг и МПК 65,4-78,4 мл/мин/кг: именно эти спортсмены имели небольшую массу тела (54, 67 кг). У остальных двух испытуемых величины PWC_{170} - 16,0; 17,0 кгм/мин/кг и МПК - 53,3; 55,0 мл/мин/кг свидетельствовали о низком и ниже среднего уровнях работоспособности.

В наших исследованиях также проводилось исследование частоты дыхания (ЧД), жизненной емкости легких (ЖЕЛ), ЧСС и АД, которые чаще всего используются для оценки состояния сердечнососудистой системы.

Средние показатели ЧСС покоя в наших экспериментах варьировали в пределах 66-74 ударов в минуту, при этом АД составляло в среднем 114,5/75. В первые минуты после выполнения теста PWC_{170} ЧСС и АД повышались и составляли соответственно: 116-132 ударов в минуту и 140/80. Прирост ЧСС после велоэргометрической пробы составлял 76-80%, а АД 7-23%. Дальнейшие наблюдения показали, что восстановление пульса у одних испытуемых завершалось на 1-3-й минуте отдыха, у других затягивалось до 4-5-й минут. Подобная картина наблюдалась и в отношении артериального давления. По окончании велоэргометрической пробы восстановление пульса у одной группы спортсменов наступало на 10-15 минуте отдыха, другой – 20-25 минутах. Артериальное давление, в большинстве случаев, достигало величин покоя на 5-10 минутах.

При исследовании параметров спирометрии у спортсменов было выявлено значительное повышение ЖЕЛ после нагрузочного теста PWC_{170} , наблюдался прирост ЖЕЛ в 1,5 раза. Также увеличивалась частота дыхания за 1 минуту почти в 2 раза. Полученные результаты свидетельствуют о том, что у спортсменов после физической нагрузки отмечается существенный прирост жизненной емкости легких и частоты дыхания. По-видимому, у спортсменов высокая эластичность легочной ткани и грудной клетки обеспечивает высокие резервные возможности легочной вентиляции.

В наших экспериментах показана зависимость значений уровня PWC_{170} от времени восстановления ЧСС. Средние значения PWC_{170} отражались в увеличении времени восстановления ЧСС и АД до исходного уровня. Чем быстрее восстанавливается до исходных величин ЧСС и уровень АД, тем выше функциональное состояние сердечнососудистой системы, что отражается в высоких показателях PWC_{170} . Сравнительный анализ параметров ЧСС и АД показал, что при аэробной нагрузке наблюдается более «мягкое» воздействие на организм, что отражается в незначительном повышении исследуемых показателей.

При измерении величины МПК в наших исследованиях была показана прямая пропорциональная зависимость между величинами PWC_{170} и значениями МПК. Так, например, у спортсменов, имеющих средний уровень PWC_{170} , отмечались средние значения МПК (6 человека), низкие показатели PWC_{170} соответствовали такому же уровню МПК (2 человека) и высокие значения PWC_{170} отразились в таких же показателях МПК (2 человека). Средние значения PWC_{170} и МПК у исследуемых спортсменов, как было показано в наших экспериментах, свидетельствуют о доминировании анаэробных процессов над аэробными, что приводит к быстрому возникновению состояния

утомления в результате повышения мощности нагрузки. Нормальные (выше среднего) уровни PWC_{170} и МПК свидетельствуют о некоторой сбалансированности аэробных и анаэробных процессов в организме, которые наблюдались только у одного спортсмена. Высокие показатели PWC_{170} и МПК отмечались у двух испытуемых, что свидетельствует о доминировании аэробных процессов над анаэробными, отражающиеся в повышении уровня работоспособности и более позднему возникновению утомления.

Анализ полученных данных позволил установить, что аэробная функциональная работоспособность организма исследованных спортсменов находится на среднем уровне. Также у большинства спортсменов наблюдается расхождение между уровнем функциональной работоспособности и реакцией сердечнососудистой системы на предъявляемую нагрузку. Спортивная тренировка формирует ряд факторов, некоторые из которых негативно влияют на легочную вентиляцию, ограничивая возможности кардиореспираторной системы. Учет этих факторов и разработка специальных тренировочных программ будет способствовать увеличению функциональных способностей системы дыхания и как следствие – росту спортивных результатов.

Таким образом, выявлено, что у одной группы спортсменов использование аэробного источника энергии в процессе работы и ликвидация кислородного долга по её окончании протекает эффективнее, чем у других. Предполагается, что адаптация организма к выполнению тестирующих нагрузок, проявляется в адекватной реакции сердечно-сосудистой системы, согласно взаимосвязанного оптимального изменения частоты сердечных сокращений и артериального давления. Особенно характерно это проявляется у спортсменов высокой квалификации.

Список литературы / References

1. Баранова Е.А., Капилевич Л.В. Влияние физической нагрузки на показатели легочной вентиляции у спортсменов. Вестник Томского государственного университета. – 2013. – № 374. – С. 152-155.
2. Горбанёва Е.П., Чёмов В.В., Шамардин А.А. и др. Физиологические основы функциональной подготовки спортсменов. Волгоград. – 2010. – 346 С.
3. Горбанёва Е.П., Камчатников А.Г., Солопов А.И. и др. Оптимизация функции дыхания посредством тренировки с дополнительным резистивным сопряжением // Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова. – 2011. – Т. 91. – № 1. – стр. 83-90.
4. Капилевич Л.В. Физиологический контроль технической подготовленности спортсменов. // Теория и практика физической культуры – 2010. – № 11. – С.12-15.
5. Лисовский Б. Особенности внешнего дыхания у студентов с разным уровнем соматического здоровья // Вестник Львовского университета. – 2009. – № 51. – С. 212-217.
6. Коцан И.Я., Крамаревич Т.В. Особенности функции внешнего дыхания у молодёжи постпубертатного периода онтогенеза // Физика живого. – 2008. – Т. 16. – № 1. – С. 161-165.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Baranova E.A. Kapilevich L.V. Vliyaniye fizicheskoy nagruzki na pokazateli legochnoy ventilyasii u sportsmenov [Influence of physical load on the parameters of pulmonary ventilation in athletes] / E.A.Baranova, L.V. Kapilevich // [Bulletin of the Tomsk State University] – 2013. – № 374, P.152-155. [in Russian]
2. Gorbanyeva E.P., Chyemov V.V., Shamardin A.A. et al. Fiziologicheskiye osnovy funktsionalnoy podgotovki sportsmenov [Physiological basis of functional training of athletes] /E.P. Gorbanyeva, V.V. Chyemov, A.A. Shamardin et al. – Volgograd. – 2010. – 346 P. [in Russian]
3. Gorbanyeva E.P., Kamchatnikov A.G., Solopov A.I. et al. Optimizatsiya funktsii dyxaniya posredstvom trenirovki s dopolnitelnym rezistivnym soprajaniem [Optimization of respiratory function through training with an additional resistive conjugation] / E.P. Gorbanyeva, A.G. Kamchatnikov, A.I. Solopov // Russian Journal of Physiol. them. Sechenov. – 2011. – V. 91. – № 1. – P. 83-90. [in Russian]
4. Kapilevich L.V. Fiziologicheskii kontrol texnicheskoy podgotovlennosti sportsmenov [Physiological control of technical readiness of athletes] / L.V. Kapilevich // Theory and Practice of Physical Culture. – 2010. – № 11. – P.12-15. [in Russian]
5. Lisowski B. Osobennosti vneshnego dyxaniya u studentov s raznym urovnem somaticheskogo zdorovya [Features of external respiration in students with different levels of physical health] / B. Lisowski // Bulletin of Lviv University. – 2009. – № 51. – P. 212 – 217. [in Russian]
6. Kotsan I.J., Kramarevich T.V. Osobennosti funktsii vneshnego dyxaniya u molodeji postpubertatnogo perioda ontogeneza [Features of respiratory function in young post-pubertal period of ontogenesis] / I.J.Kotsan, T. V. Kramarevich // Physics of the living. – 2008. – V. 16. – № 1. – P. 161-165. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.027>

Берсенева С.А.,¹ Белоусова Н.М.²

^{1,2}Кандидат биологических наук,

Приморская государственная сельскохозяйственная академия

ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ ПРИМОРСКОГО КРАЯ (ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОКРУГ) НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПОЛЛЮТАНТЫ С ПОМОЩЬЮ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

Аннотация

Загрязнение почв сельскохозяйственного назначения в Приморском крае происходит за счет увеличения масштабов и территориального распространения поллютантов, которые оказывают влияние на почву и биоту, в целом.

*Для получения полной картины загрязнения агроценозов сельскохозяйственными поллютантами проведены исследования с применением ряда биоиндикаторов, относящихся к разным таксономическим группам растений: яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.), кресс-салат (*Lepidium sativum* L.), овс (*Avena* L.), соя (*Glycine* L.), редис (*Raphanus sativus* L.). Помимо семенных культур нами использован рясковый тест, т.е. в качестве тестирующего объекта выступили водные высшие растения семейства *Lemnaceae*, которые характеризуются простотой строения, быстрой скоростью размножения и высокой чувствительностью.*

Ключевые слова: фитотоксичность почв, сельскохозяйственные поллютанты, высшие растения, ряска малая.

Berseneva S.A.¹, Belousova N.M.²

^{1,2}PhD in Biology,

Primorskaya State Academy of Agriculture

ESTIMATION OF PHYTOTOXICITY OF SOILS OF PRIMORSKY KRAY (FAR EASTERN FEDERAL DISTRICT) ON AGRICULTURAL POLLUTANTS BY HIGHER PLANTS

Abstract

The pollution of agricultural soils in Primorsky Kray takes place due to the increase of the scale and territorial distribution of pollutants affecting the soil and biota in general.

*In order to obtain a complete picture of the contamination of agroecosystems with agricultural pollutants, The authors studied a number of bioindicators which belong to different taxonomic groups of plants: spring wheat (*Triticum aestivum* L.), cockweed (*Lepidium sativum* L.), oat (*Avena* L.), soybean (*Glycine* L.), and radish (*Raphanus sativus* L.). Besides the seed cultures, we used a rickberry test, i.e. the water plants of the *Lemnaceae* family were as test objects, they are characterized by simplicity of structure, high reproduction speed and high sensitivity.*

Keywords: phytotoxicity of soils, agricultural pollutants, higher plants, duckweed.

Introduction

The soil - the indicator of long-term natural processes, and its state is a result of long influence of various sources of pollution. Emissions in the atmosphere from the industrial enterprises and motor transport, an irrigation of lands the polluted waters, violations of production requirements at production, processing and use of oil products, numerous accidents on oil pipelines, lead unbalanced use of mineral fertilizers and pesticides to pollution of soils, deterioration of their physical state and as a result loss of fertility and inability to carry out the ecological functions.

From the 70-ties of the past century onwards concern has been raised about levels of contaminants in the environment. Main sources of contamination are industrial processes, waste disposal and intentionally applied chemicals in agriculture, such as fertilizers, pesticides and veterinary drugs.

Regulations dealing with the prevention and remediation of contaminated soils are aimed at the soil as an environmental compartment (soil protection act), industries (environmental regulations), chemicals (REACH, pesticide regulation, Nitrate directive) or waste management (Waste Directive) [4].

The method of vegetative bioindication was applied to definition of anthropogenous impact on an ecosystem in various points of a landscape. The plants growing on the soil are exposed to influence of toxicants and characterize the first stages of pollution of soils, they very accurately react to natural and anthropogenous changes. Bioindicators integrate biologically significant effects of pollution. They allow to define speed of occurring changes, ways and congestion places in ecosystems of various toxicants, to do conclusions about degree of danger to the person and useful biota of concrete substances or their combinations [1].

Their account at carrying out an ecological assessment is important especially. Soil is a complex dynamic system notable for various properties and regimes.

For the characteristic of an ecological condition of an agroecosystem resort to a complex the methods establishing the level of its pollution. Methodical approach of the complex characteristics consists, first of all, of a toxicological and sanitary assessment of each chemical or connection used for increase and preservation of a crop and an ecological assessment of their influence on soil to a component and quality of agricultural production. The individual characteristic of the applied substances doesn't correspond to their cumulative influence in field conditions.

It is earlier established that their joint receipt is followed by processes of migration, a translocation, mobilization, an immobilization, etc. It leads to change of a chemical condition of substances, change of their quantitative structure and formation of metabolites in the soil and plants often exceeding toxic action of individual substances [3].

In this regard, except concrete definition of action and an after-effect of the used chemical means, it is expedient to use biotesting methods, and in particular, phytotesting for an ecological assessment of an agroecosystem.

The agriculture including crop branch is one of the priority directions in development of Primorsky region where agricultural production is conducted across all the territory, and its main volumes are concentrated in the southern and southwest zone.

Due to the annual increase of the agricultural areas which are subjected to pollution by various chemicals such as pesticides, herbicides, salts of heavy metals, mycotoxins and other agents there is the necessity to conduct the researches on determination of soil pollution by chemicals harmful to plants.

The assessment of soils phytotoxicity is one of the methods of vegetable systems genetic monitoring since it allows to reveal dependences between soil pollution by the pollutants and their influence on reproductive system of the higher plants.

The most perspective researches of soils phytotoxicity and also water pollution testing by various pollutants is biotesting.

Pollution of agricultural soils in Primorsky region happens due to the increase in scales and territorial distribution of pollutants which have impact on the soil and a biota, in general.

Special biotests to determine the efficiency of agrochemicals systemic effect in genetic monitoring come to an assessment of change degree in biochemical and morphometric indexes, i.e. germination and seeds viability energy, roots growth, plant infestation by diseases under the influence of the pollutant.

The aim of researches - to carry out an assessment of phytotoxicity of soils of Primorsky region on agricultural pollutant by means of the higher plants.

For realization of the purpose the following tasks were set:

1. To select soil samples, to prepare them for the analysis.
2. To carry out an assessment of level of pollution of soils of Primorsky region by means of bioindicators of various systematic groups.

The research object is the soil of agricultural areas in Primorsky region.

Material and methods

The assessment of phytotoxicity of soils was carried out in the territory of Primorsky region in Hankaysk, Horolsk, Mikhaylovsk, Ussuriisk and Kirovsk areas which specialize on cultivation grain (wheat, oats), the leguminouses (soy), additional potatoes, corn.

For an assessment of spatial pollution of soils tests of soils from the superficial horizons on depth of 10 cm were selected. Each sample on a point of selection was made of 5 pointed samples taken by an envelope method from a platform at least 100 sq.m.

For averaging of results, and also an exception of errors, tests were selected from a platform with the party of 5-10 m. The volume of tests was defined by specific needs for carrying out analytical works, and made in most cases 400–800 g.

Selection of soil material from cuts was made on the genetic horizons, in that case when it was difficult to define borders of the horizons - with a step of 15-30 cm.

When sampling from soil cuts the description of landscape and ecological conditions of the district and physicommechanical properties of soils was made.

All selected tests after preliminary processing (drying, complaint through a sieve of 1 mm, quartation) were directed to laboratories for carrying out analytical researches - a sprouting of seeds of test cultures in water extracts of the studied soils.

The option with the distilled water – control 1 acted as absolute control.

In researches used a rolled method of a sprouting of seeds. For this purpose on a strip to the ruled filter paper previously moistened with a water extract sowed on 20 seeds of each culture in three multiple frequencies, then strips twisted, and the turned-out rolls stacked in rastiin and placed in the thermostat for 7 days.

For the 7th days registered quantity of the sprouted seeds and took measurements of growth characteristics (length of a root and escape) on 10 plants of each sample. Statistical processing was carried with use of the Microsoft Excel 2007 program.

For an objective assessment about action of a pollutant on properties of the soil according to requirements of a technique of biotesting, test objects have to treat different taxonomical groups.

For a complete picture of agrocoenosis pollution by agricultural pollutants there were research works conducted using a number of biological indicators belonged to different taxonomic groups of plants: spring wheat (*Triticum aestivum* L.), garden cress (*Lepidium sativum* L.), oat (*Avena* L.), soybean (*Glycine* L.), radish (*Raphanus sativus* L.). In addition to seed crops we also used Lemnaceae test, i.e. the test objects were higher aquatic plants of the Lemnaceae family, which are characterized by the simplicity of the structure, the rapid rate of reproduction and high sensitivity.

Results

Depending on results of experience one of 4 levels of pollution is appropriated to substrata:

1. Pollution is absent: viability of seeds of 90-100%, shoots amicable, strong, equal.
2. Weak pollution: viability of seeds of 60-90%, sprouts of almost normal length, strong, equal.
3. Average pollution: viability of 20-60%, sprouts shorter and is thinner, some sprouts have uglinesses.
4. Strong pollution: viability of seeds very weak, less than 20%, sprouts small and ugly [2].

The established dynamic changes on total toxicity testify that use of phytotesting allows to conduct express control which has to be used for an expert assessment and restoration of an ecological condition of an agrocoenosis during vegetation. It is necessary and to develop further (to unify and automate) methodical part. Its practical application will provide cultivation of quality agricultural production.

The agrotechnology of cultivation of crops assumes use of pesticides, herbicides in certain doses and structures. We investigated arable soils on which grew:

1. Control
2. Wheat
3. Corn
4. Potatoes

5. Rice

Each option was analyzed on a condition of phytotests (tab. 1).

Correlation analysis. As a result of the made experiments it was revealed that average of the sprouted seeds of a garden cress and a garden radish on control options I made 19,3 and 19 pieces respectively, average germinating seeds of test objects made – 96,67% and 95% respectively that confirms lack of pollutants in arable soils. Weak pollution of arable soils pollutant characterizes fields on which cultivate corn and potatoes. Strong pollution of arable soils of Primorsky region, including the Hankaysky area is observed at rice cultivation (the Chinese tenants who don't respect the rules of introduction of herbicides and fertilizers).

Table 1 – Viability and biomass of seeds of a garden cress, garden radish

Table 1. Viability and biomass of seeds of a garden cress, garden radish								
<i>Nº tests</i>	<i>Number of tests</i>	<i>Number of the sprouted seeds</i>	<i>Average of the sprouted seeds</i>	<i>Valiability, %</i>	<i>Average viability, %</i>	<i>Biomass, m (z)</i>	<i>Average biomass, m_{cp} (z)</i>	<i>Level pollution</i>
Garden cress seeds								
1	1.1	19,00	19,33	95,00	96,67	0,5618	0,6256	Pollution no
	1.2	19,00		95,00		0,6345		
	1.3	20,00		100,00		0,6804		
2	2.1	19,00	19,67	95,00	98,33	0,5893	0,6330	Pollution no
	2.2	20,00		100,00		0,7608		
	2.3	20,00		100,00		0,5490		
3	3.1	15,00	18,00	75,00	90,00	0,4467	0,5285	The weak pollution
	3.2	19,00		95,00		0,5228		
	3.3	20,00		100,00		0,6160		
4	4.1	18,00	17,67	90,00	88,33	0,5687	0,5604	The weak pollution
	4.2	20,00		100,00		0,6116		
	4.3	15,00		75,00		0,5009		
5	5.1	12,0	10,0	15,7	21,63	0,223	0,2976	Acute pollution
	5.2	10,0		22,8		0,34221		
	5.3	8,0		26,4		0,3277		
Garden radish seeds								
<i>Nº tests</i>	<i>Number of tests</i>	<i>Number of the sprouted seeds</i>	<i>Average of the sprouted seeds</i>	<i>Valiability, %</i>	<i>Average viability, %</i>	<i>Biomass, m (z)</i>	<i>Average biomass, m_{cp} (z)</i>	<i>Level pollution</i>
1	1.1	17,00	19,00	85,00	95,00	0,6573	0,6674	Pollution no
	1.2	20,00		100,00		0,6969		
	1.3	20,00		100,00		0,6480		
2	2.1	15,00	17,33	75,00	86,67	0,6450	0,6631	The weak pollution
	2.2	18,00		90,00		0,6498		
	2.3	19,00		95,00		0,6946		
3	3.1	18,00	17,33	90,00	86,67	0,5605	0,5086	The weak pollution
	3.2	20,00		100,00		0,5743		
	3.3	14,00		70,00		0,3909		
4	4.1	19,0	18,0	78	85,6	0,450	0,4723	The weak pollution
	4.2	15,0		90		0,3788		
	4.3	20,0		89		0,589		
5	5.1	9,0	9,0	13,0	12,3	0,267	0,263	Acute pollution
	5.2	10,0		9,0		0,325		
	5.3	8,0		15,0		0,197		

7 days later after disembarkation of seeds of test cultures to solutions took measurements according to the following characteristics: lengths of a root and escape. The analysis of data showed that on key parameters of test cultures, soils on culture of rice accumulate in a bigger measure of pollutant that proves decrease in indicators of viability and activity of test plants.

The fulfilled technique allows to hold testing in 7 days as test cultures it is recommended to use seeds of a garden cress, a garden radish, the estimated parameters – length of roots and escapes, and also viability of seeds.

Discussion

In 2016 researches of arable lands of the agricultural enterprises by means of test object – a duckweed small will be continued.

The used biotests allowed to fix the negative phenomena in soils even at rather weak anthropogenous loadings.

The conducted researches showed that the used set of test systems for extent of influence of anthropogenous load of soils allows to estimate determination of toxicity objectively.

The analysis of data showed that the most polluted agricultural pollutant are the soils used at cultivation of rice on the Chinese technology.

Conclusion

The test cultures chosen for monitoring allow to define authentically in one-factorial experience biological effect of growth inhibition and development of plants at their cultivation in the soils polluted and not polluted by agricultural pollutant.

For an assessment of presence of pollutant in the soil it is necessary to consider growth and development of axial bodies of sprouts of test plants, viability and force of growth of seeds of a garden radish and kres-salad in as the indicators.

It should be noted that definition of pollution of soils products of an anthropogenous origin (pesticides and other agrochemicals) and the analysis of phytotoxicity of soils not so obviously, as degradation of soils (salinization, an erosion, reconsolidation, exhaustion, etc.) therefore researches are necessary for a reliable assessment by the developed technique, analytical base which is capable to diagnose negative influence of pollutants at the initial stages.

Список литературы / References

1. Голополосова Т.В. Биоиндикация как метод определения степени загрязнения окружающей среды / Т.В. Голополосова, Л.Н. Савинов, В. К. Глушанков, Ситникова Н. С. // Реагенты, 2000. Тезисы XIII Международной научно-технической конференции. - 2000. - С. 64-66.

2. Другов Ю. С. Экологическая аналитическая химия / Ю. С. Другов. - М.: 2000. - С. 260-266.

3. Контроль Мелехова О. П. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование / О. П. Мелехова. - М.: Академия, 2007. - 288 с.

4. Опекунова М. Г. Биоиндикационные загрязнения / М. Г. Опекунова. -: Санкт-петербургский государственный университет, 2004. - 266 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Golopolosova T.V. Bioindikatsiya kak metod opredeleniya stepeni zagriazneniya okruzhayushchey sredy [Bioindication as Method for Determination of Environmental Pollution Degree] / T.V. Golopolosova, L.N. Savinov, VK Glushankov, Sitnikova N. S. // Reagenty, 2000. Tezisy XIII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii [Reagents, 2000. Abstracts of the 14th International Scientific and Technical Conference] - 2000. - P. 64-66. [In Russian]

2. Drugov Yu. S. Ekologicheskaya analiticheskaya khimiya [Ecological Analytical Chemistry] / Yu. S. Drugov. - M.: 2000. - P. 260-266. [In Russian]

3. Melekhova O. P. Biologicheskii kontrol okruzhayushchey sredy. Bioindikatsiya i biotestirovaniye [Biological Control of Environment. Bioindication and Biotesting] / O.P. Melekhova. - M.: Academiya, 2007. - 288 p. [In Russian]

4. Opekunova MG Bioindikatsionnye zagriazneniya [Bioindication Contamination] / M. G. Opekunova.: St. Petersburg State University, 2004. - 266 p. [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.062>

Вятчина О.Ф.¹, Жданова Г.О.², Стом Д.И.³, Толстой М.Ю.⁴

¹ORCID: 0000-0002-2205-1971, Кандидат биологических наук, доцент,
Иркутский государственный университет,

²ORCID: 0000-0002-8355-9517, младший научный сотрудник,
НИИ биологии, Иркутский государственный университет,

³ORCID: 0000-0001-9496-2961, доктор биологических наук, профессор,
Иркутский государственный университет,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Байкальский музей ИНЦ СО РАН,

⁴ORCID: 0000-0002-1573-060X, кандидат технических наук, профессор,
Иркутский национальный исследовательский технический университет

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ р_а № 16-48-030887, № 16-48-030881.

ПЕНООБРАЗУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* КАК НОВАЯ ТЕСТ-РЕАКЦИЯ ДЛЯ БИОТЕСТИРОВАНИЯ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Аннотация

Для оценки токсичности солей тяжелых металлов предложена новая тест-реакция, основанная на определении пенообразующей активности *Saccharomyces cerevisiae*. Показано, что разработанный биотест позволяет обнаруживать хлорид ртути в концентрации 0,0001, сульфат меди, хлорид кадмия, хлорид кобальта – 0,001, сульфат свинца – 0,01, сульфат железа – 0,1, сульфат цинка – 1 г/л. Результаты тестирования сопоставлены с данными, полученными при использовании методов по выживаемости *Paramecium caudatum*, подавлению люминесценции *Photobacterium phosphoreum*, прорастанию семян *Raphanus sativus*, входящих в государственный реестр токсикологических методов контроля природных сред. Составлены ряды токсичности исследуемых солей тяжелых металлов по отношению к используемым тест-объектам. Отличительной особенностью нового биотеста с использованием *S. cerevisiae* является экспрессность (время тест-отклика 15 мин), отсутствие необходимости в поддержании и выращивании тест-объекта (используется препарат сухих дрожжей), техническая простота исполнения, экономичность, хорошая воспроизводимость.

Ключевые слова: биотестирование, тяжелые металлы, *Saccharomyces cerevisiae*, пенообразование.

Vyatchina O.F.¹, Zhdanova G.O.², Stom D.I.³, Tolstoy M.Yu.⁴¹ORCID: 0000-0002-2205-1971, PhD in Biology, Associate professor,
Irkutsk State University,²ORCID: 0000-0002-8355-9517, junior researcher,
Research Institute of Biology, Irkutsk State University,³ORCID: 0000-0001-9496-2961, PhD in Biology, professor,
Irkutsk State University,Irkutsk National Research Technical University,
Baikal Museum of the INC SB RAS,⁴ORCID: 0000-0002-1573-060X, PhD in Engineering, professor,
Irkutsk National Research Technical University*The work was supported by the RFBR grants No. 16-48-030887, No. 16-48-030881***FOAM FORMING ACTIVITY OF SACCHAROMYCES CEREVISIAE AS A NEW TEST-REACTION
FOR BIOTESTING OF SALT OF HEAVY METALS****Abstract**

*In order to estimate the toxicity of salts of heavy metals, a new test-reaction based on the determination of the foam forming activity of *Saccharomyces cerevisiae* is proposed in the paper. It is shown that the developed biotest allows to detect mercury chloride in the concentration of 0.0001, copper sulfate, cadmium chloride and cobalt chloride – 0.001, lead sulfate – 0.01, iron sulfate – 0.1, zinc sulfate – 1 g/l. The results of the testing are compared with the data obtained with the help of methods on survival rate of *Paramecium caudatum*, inhibition of photobacterium phosphoreum luminescence, and the germination of *Raphanus sativus* seeds included in the state register of toxicological methods for control of environmental media. The author also made up the series of toxicity of the investigated salts of heavy metal with respect to the test objects used is compiled. A distinctive feature of the new bio-test with the use of *S. cerevisiae* is the expressness (test response time of 15 min), no need to maintain and grow the test object (a dry yeast sample is used), technical simplicity of implementation, cost effectiveness, good reproducibility.*

Keywords: biotesting, heavy metals, *Saccharomyces cerevisiae*, foaming.

Для выявления токсичности тяжелых металлов широко используют методы биотестирования [1], [2], [3]. Среди применяемых в качестве тест-объектов эукариотических микроорганизмов большое внимание привлекают дрожжи *S. cerevisiae* [4], [5], [6]. Большинство из известных методов биотестирования с использованием дрожжей достаточно трудоемки, требуют специального оборудования. Ранее нами был предложен биотест, основанный на способности пекарских дрожжей *S. cerevisiae*, как дрожжей верхового брожения, образовывать пену на поверхности обрабатываемой жидкости [7], [8]. Цель данной работы заключалась в проверке возможности использования предложенной тест-реакции для оценки токсичности ряда солей тяжелых металлов.

Для определения токсичности солей тяжелых металлов в эксперименте применяли препарат сухих пекарских дрожжей «Саф-Момент» (ООО «Саф-Нева», Россия). Тест-объектами также являлись люминесцирующие бактерии *Photobacterium phosphoreum* (штамм 1883), инфузории *Paramecium caudatum*, семена редиса *Raphanus sativus* (сорт «Красный великан», ЗАО «Иркутские семена»). Использовали соли тяжелых металлов (хч): HgCl₂, CdCl₂, CoCl₂, CuSO₄, Pb(CH₃COO)₂, Fe₂(SO₄)₃, ZnSO₄.

Токсичность исследуемых солей тяжелых металлов оценивали по изменению пенообразующей активности *S. cerevisiae* [7]. Для этого в 20 мл раствора исследуемой соли тяжелого металла вносили 1,36 г сухих дрожжей, тщательно перемешивали и добавляли 0,4 г глюкозы. Приготовленную реакционную смесь разливали по 3 мл в мерные пробирки объемом 10 мл, инкубировали в течение 15 мин при +20 °С, затем определяли объем образовавшейся пены. Контролем служила суспензия дрожжей с глюкозой без внесения солей тяжелых металлов.

Токсичность солей тяжелых металлов оценивали также по выживаемости инфузорий *P. caudatum* [9], гашению люминесценции светящихся бактерий *Ph. phosphoreum* [10], прорастанию семян редиса *R. sativus* [11].

Все эксперименты проводили не менее чем в 5 независимых опытах с 3-6 параллельными измерениями в каждом. Для статистической обработки полученных данных использовали пакет программ Microsoft Excel. Выводы сделаны с вероятностью безошибочного прогноза $P \geq 0,95$. Достоверность различия результатов определяли с помощью критерия Стьюдента.

Проведенные исследования показали, что наибольшее токсическое действие на процесс пенообразования в суспензии *S. cerevisiae* оказывал хлорид ртути. В присутствии 0,0001 г/л этой соли объем образовавшейся пены в течение 15 мин (время тест-отклика) был на 56,3 % меньше, чем в контроле (рис. 1).

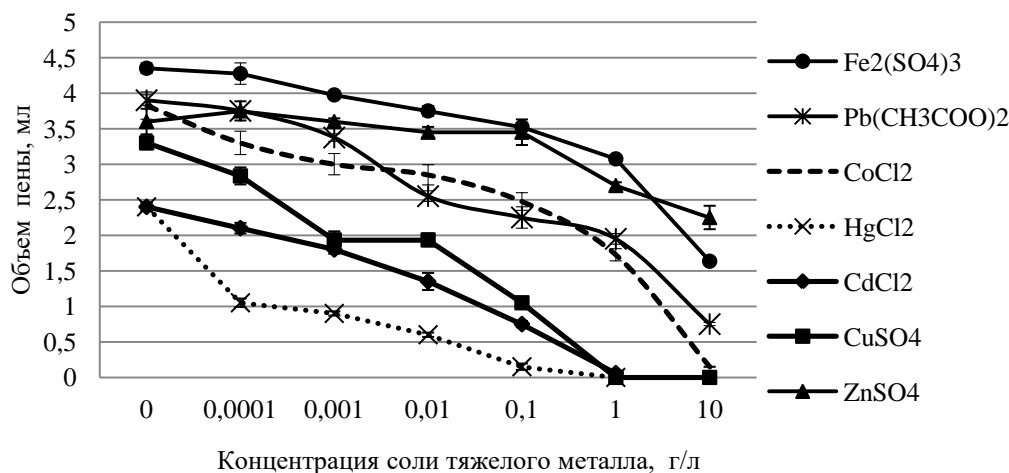


Рис. 1 – Влияние солей тяжелых металлов на интенсивность пенообразования в суспензии дрожжей с глюкозой

Токсический эффект сульфата меди, хлорида кадмия и хлорида кобальта по отношению к пенообразующей активности дрожжей отмечали при концентрации 0,001 г/л. При этом интенсивность пенообразования была на 41,4; 25,0 и 21,6 % ниже по сравнению с контролем, соответственно (см. рис. 1).

Токсическое действие ацетата свинца на активность *S. cerevisiae* проявлялось при более высокой концентрации – 0,01 г/л. В этом случае объем пены в суспензии дрожжей был на 34,6 % меньше, чем в контроле. Еще меньшей токсичностью по отношению к исследуемой тест-функции *S. cerevisiae* отличались сульфат железа и сульфат цинка, которые начинали подавлять пенообразование в дрожжевой суспензии при содержании 0,1 и 1 г/л, соответственно. Объем образовавшейся пены в суспензиях с этими солями был на 19,5 и 25,0 % меньше, чем в контроле, соответственно (см. рис. 1).

Полученные данные сравнивали с результатами биотестирования исследуемых солей тяжелых металлов при помощи методов, входящих в государственный реестр токсикологических методов контроля.

Хлорид ртути, сульфат меди и ацетат свинца вызывали гашение биолюминесценции *Ph. phosphoreum* при концентрации 0,0001 г/л. Наибольшей токсичностью отличался хлорид ртути, который при указанном содержании полностью подавлял эту тест-функцию. Сульфат меди при данной концентрации снижал интенсивность свечения на 78,0 %, ацетат свинца – на 35,0 % по сравнению с контролем, соответственно (рис. 2).

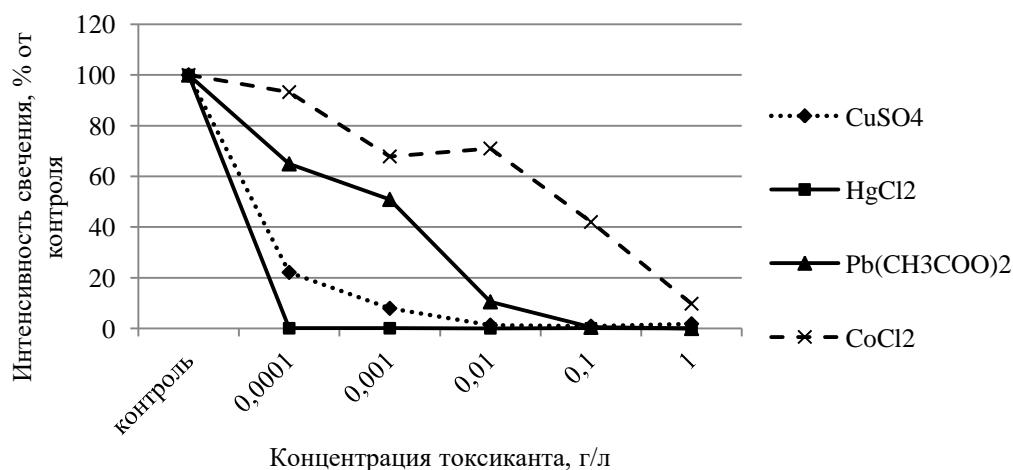
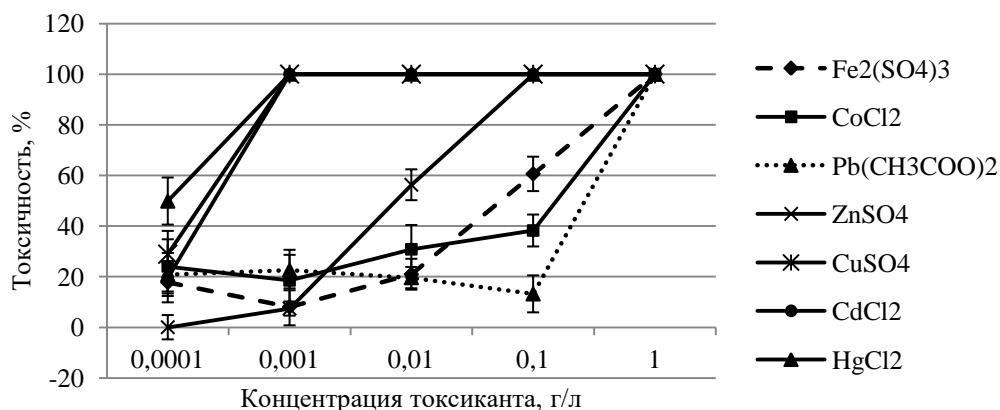


Рис. 2 – Влияние исследуемых солей тяжелых металлов на интенсивность свечения бактерий *Ph. phosphoreum*

Хлорид кобальта в меньшей степени оказывал влияние на люминесценцию *Ph. phosphoreum*. Достоверное снижение интенсивности свечения (на 32 % относительно контроля) отмечали в присутствии 0,001 г/л этой соли тяжелого металла (см. рис. 2).

По отношению к *P. caudatum* токсический эффект хлорида ртути, сульфата меди, хлорида кобальта, хлорида кадмия, ацетата свинца и сульфата железа отмечали при концентрации 0,0001 г/л. Гибель инфузорий при этом составляла 49,8; 28,9; 24,0; 19,6; 20,8 и 17,7 %, соответственно. Сульфат цинка оказывал токсическое действие в концентрации 0,01 г/л, вызывая отмирание 56,3 % особей *P. caudatum* (см. рис. 3).

Рис. 3 – Влияние исследуемых солей тяжелых металлов на выживаемость инфузорий *P. caudatum*

Метод биотестирования по прорастанию семян редиса *R. sativus* оказался менее чувствительным к тестируемым солям тяжелых металлов. Хлорид кадмия оказывал токсическое воздействие на эту тест-функцию в концентрации 0,1 г/л, хлорид ртути, хлорид кобальта, сульфат меди, ацетат свинца и сульфат цинка – 1 г/л. Сульфат железа в диапазоне концентраций от 0,0001 до 1 г/л в условиях нашего опыта не вызывал фитотоксического эффекта (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние исследуемых солей тяжелых металлов на прорастание семян редиса *R. sativus*

Концентрация соли тяжелого металла, г/л	Токсичность, %						
	HgCl ₂	CdCl ₂	CoCl ₂	Pb(CH ₃ COO) ₂	CuSO ₄	Fe ₂ (SO ₄) ₃	ZnSO ₄
0,0001	5,1	1,6	5,1	11,8	5,1	3,3	10,1
0,001	8,4	15,2	15,2	14,8	13,5	6,2	11,8
0,01	13,8	16,8	16,8	16,2	16,8	10,1	13,5
0,1	14,8	20,3	18,6	18,9	18,6	14,1	18,6
1	35,5	32,0	47,3	23,6	33,8	18,6	21,9

По чувствительности к исследуемым солям тяжелых металлов биотест по подавлению пенообразующей активности *S. cerevisiae* занимает следующее положение в ряду испытанных биометодов (биотесты располагаются по уменьшению степени чувствительности): выживаемость инфузорий *P. caudatum*, биолюминесценция *Ph. phosphoreum* > пенообразующая активность *S. cerevisiae* > прорастание семян редиса *R. sativus*. При этом ряды токсичности солей тяжелых металлов были достаточно близки: выживаемость инфузорий *P. caudatum* – HgCl₂ > CuSO₄ > CdCl₂ > CoCl₂ > Fe₂(SO₄)₃ > Pb(CH₃COO)₂ > ZnSO₄; биолюминесценция *Ph. phosphoreum* – HgCl₂ > CuSO₄ > Pb(CH₃COO)₂ > CoCl₂; пенообразующая активность *S. cerevisiae* – HgCl₂ > CuSO₄ > CdCl₂ > CoCl₂ > Pb(CH₃COO)₂ > Fe₂(SO₄)₃ > ZnSO₄; прорастание семян редиса *R. sativus* – CdCl₂ > CoCl₂ > HgCl₂, CuSO₄ > Pb(CH₃COO)₂, ZnSO₄ > Fe₂(SO₄)₃. Полученные ряды токсичности солей тяжелых металлов в основном, совпадают с имеющимися в литературе данными [12, 13].

Важным преимуществом предлагаемого теста с использованием *S. cerevisiae* является его экспрессность. Время тест-отклика составляет 15 мин, в то время как для биотестирования по выживаемости *P. caudatum* требуется 24 ч, гашению люминесценции *P. phosphoreum* (включая время подготовки питательных сред и выращивания культуры) – не менее 24 ч, по прорастанию семян *R. sativus* – до 3 сут. Кроме того, предложенный биотест отличается технической простотой исполнения, хорошей воспроизводимостью и экономичностью – он не требует использования дорогостоящих сред и оборудования, поддержания и выращивания культуры (используются коммерческие препараты сухих дрожжей).

Список литературы / References

1. Ranjitha P. Detection of heavy metal resistance bioluminescence bacteria using microplate bioassay method / P. Ranjitha, E. S. Karthy // J Environ Sci Eng. – 2012. – Vol. 54(1). – P. 43–49.
2. Baran A. Assessment of heavy metals mobility and toxicity in contaminated sediments by sequential extraction and a battery of bioassays / A. Baran, M. Tarnawski // Ecotoxicology. – 2015. – Vol. 24(6). – P. 1279–1293.
3. Singh R. Heavy metals and living systems / R. Singh, N. Gautam, A. Mishra et al. // An overview Indian J. Pharmacol. – 2011. – Vol. 43(3). – P. 246–253.
4. Dragone R. Diuron in Water: Functional Toxicity and Intracellular Detoxification Patterns of Active Concentrations Assayed in Tandem by a Yeast-Based Probe / R. Dragone, R. Cheng, G. Grasso et al. // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2015. – Vol. 12. – P. 3731–3740.
5. Dolezalova J. A new biological test of water toxicity-yeast *Saccharomyces cerevisiae* conductometric test / J. Dolezalova, L. Rumlova // Environ Toxicol Pharmacol. – 2014. – 38(3). – P. 977–981.
6. Bao S. Assessment of the Toxicity of CuO Nanoparticles by Using *Saccharomyces cerevisiae* Mutants with Multiple Genes Deleted. / S. Bao, Q. Lu, T. Fang et al. // Appl. Environ. Microbiol. – 2015. – Vol. 81, no. 23. – P. 8098–8107.

7. Вятчина О. Ф. Экспрессный приём биологического анализа качества вод с помощью сахаромикетов / О. Ф. Вятчина, Г. О. Жданова, Д. И. Стом // Естественные науки. – 2009. – № 4. – С. 133–136.
8. Вятчина О. Ф. Оценка токсичности пестицидов с использованием *Saccharomyces cerevisiae* / О. Ф. Вятчина, Г. О. Жданова, Д. И. Стом и др. // В мире научных открытий. – 2015. – № 12.2 (72). – С. 397–409.
9. ПНД Ф Т 14.1:2.3.13-06 Т 16.1:2.3.3.10-06. Методика определения токсичности отходов, почв, осадков сточных, поверхностных и грунтовых вод методом биотестирования с использованием равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum* Ehrenberg.
10. ПНД Ф Т 14.1:2.3.4.11-04. Т 16.1:2.3.3.8-04. – 2010. Методика определения интегральной токсичности поверхностных, в том числе морских, грунтовых, питьевых, сточных вод водных экстрактов почв, отходов, осадков сточных вод по изменению интенсивности бактериальной биолюминесценции тест-системой «Эколюм».
11. ПНД Ф Т 14.1:2.4.19-2013. Методика определения токсичности питьевых, грунтовых, поверхностных и сточных вод, растворов химических веществ по измерению показателей всхожести, средней длины и среднего сухого веса проростков семян кресс-салата (*Lepidium sativum*).
12. Лыгин С. А. Горох и фасоль – биоиндикаторы тяжелых металлов / С. А. Лыгин, Е. С. Пурина, Р. И. Лыгина // Естественные и математические науки в современном мире, Новосибирск: СибАК. – 2014. – № 7(19). – С. 70–75.
13. Madoni P. Acute toxicity of heavy metals towards freshwater ciliated protists / P. Madoni, M. G. Romeo // Environmental Pollution. – 2006. – Vol. 141. – P. 1–7.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ranjitha P. Detection of heavy metal resistance bioluminescence bacteria using microplate bioassay method / P. Ranjitha, E. S. Karthy // J Environ Sci Eng. – 2012. – Vol. 54(1). – P. 43–49.
2. Baran A. Assessment of heavy metals mobility and toxicity in contaminated sediments by sequential extraction and a battery of bioassays / A. Baran, M. Tarnawski // Ecotoxicology. – 2015. – Vol. 24(6). – P. 1279–1293.
3. Singh R. Heavy metals and living systems / R. Singh, N. Gautam, A. Mishra et al. // An overview Indian J. Pharmacol. – 2011. – Vol. 43(3). – P. 246–253.
4. Dragone R. Diuron in Water: Functional Toxicity and Intracellular Detoxification Patterns of Active Concentrations Assayed in Tandem by a Yeast-Based Probe / R. Dragone, R. Cheng, G. Grasso et al. // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2015. – Vol. 12. – P. 3731–3740.
5. Dolezalova J. A new biological test of water toxicity-yeast *Saccharomyces cerevisiae* conductometric test / J. Dolezalova, L. Rumlova // Environ Toxicol Pharmacol. – 2014. – 38(3). – P. 977–981.
6. Bao S. Assessment of the Toxicity of CuO Nanoparticles by Using *Saccharomyces cerevisiae* Mutants with Multiple Genes Deleted. / S. Bao, Q. Lu, T. Fang et al. // Appl. Environ. Microbiol. – 2015. – Vol. 81, no. 23. – P. 8098–8107.
7. Vjatchina O. F. Jekspressnyj prijom biologicheskogo analiza kachestva vod s pomoshh'ju saharomicetov [Express reception of biological analysis of water quality with the help of saccharomycetes] / O. F. Vjatchina, G. O. Zhdanova, D. I. Stom // Estestvennye nauki [Natural sciences]. – 2009. – № 4. – P. 133–136. [in Russian]
8. Vjatchina O. F. Ocenka toksichnosti pesticidov s ispol'zovaniem *Saccharomyces cerevisiae* [Assessment of the toxicity of pesticides with using of *Saccharomyces cerevisiae*] / O. F. Vjatchina, G. O. Zhdanova, D. I. Stom // V mire nauchnyh otkrytij [In the world of scientific discoveries]. – 2015. – № 12.2 (72). – P. 397–409.
9. ПНД Ф Т 14.1:2.3.13-06 Т 16.1:2.3.3.10-06. Metodika opredelenija toksichnosti othodov, pochv, osadkov stochnyh, poverhnostnyh i gruntovyh vod metodom biotestirovaniya s ispol'zovaniem ravnoresnichnyh infuzorij *Paramecium caudatum* Ehrenberg [Method for determination of toxicity of waste, soil, sewage, surface and groundwater sediments by the method of biotesting using equispature infusoria *Paramecium caudatum* Ehrenberg]. [in Russian]
10. ПНД Ф Т 14.1:2.3.4.11-04. Т 16.1:2.3.3.8-04. – 2010. Metodika opredelenija integral'noj toksichnosti poverhnostnyh, v tom chisle morskikh, gruntovyh, pit'evykh, stochnyh vod vodnyh jekstraktov pochv, othodov, osadkov stochnyh vod po izmeneniju intensivnosti bakterial'noj bioljuminescencii test-sistemoj «Jekoljum». [Method for determining the integrated toxicity of surface, including marine, groundwater, drinking, sewage water extracts of soil, waste, sewage sludge by changing the intensity of bacterial bioluminescence test system «Ecolum»] [in Russian]
11. ПНД Ф Т 14.1:2.4.19-2013 Metodika opredelenija toksichnosti pit'evykh, gruntovyh, poverhnostnyh i stochnyh vod, rastvorov himicheskikh veshchestv po izmereniju pokazatelej vschzhzhesti, srednej dliny i srednego suhogo vesa proroostkov semjan kress-salata (*Lepidium sativum*) [Method for determining the toxicity of drinking, ground, surface and sewage, chemical solutions by measuring the germination, average length and average dry weight of seedlings of cress-salad seeds (*Lepidium sativum*)] [in Russian]
12. Lygin S. A. Goroh i fasol' – bioindikatory tjazhelyh metallov [Pea and beans – bioindicators of heavy metals] / S. A. Lygin, E. S. Purina, R. I. Lygina // Estestvennye i matematicheskie nauki v sovremennom mire [Natural and mathematical sciences in the modern world]. – № 7(19). – Novosibirsk: SibAK, 2014. – P. 70–75. [in Russian]
13. Madoni P. Acute toxicity of heavy metals towards freshwater ciliated protists / P. Madoni, M. G. Romeo // Environmental Pollution. – 2006. – Vol. 141. – P. 1–7.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.110>Герман Н.В.¹, Севрюкова Г.А.², Картушина Ю.Н.³, Гречишникова Ю.В.⁴¹Кандидат биологических наук,

Волгоградский государственный университет,

²ORCID: 0000-0002-7933-3523, доктор биологических наук,³кандидат геолого-минералогических наук,⁴соискатель, ^{2,3,4}Волгоградский государственный технический университет**ОБОСНОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ
НА БИОПРЕПАРАТ****Аннотация**

Данные материалы поясняют необходимость использования минеральных добавок на основе бишофита, солевой рапы озера Эльтон и солей Мертвого моря с целью ускорения роста бактериального штамма *B. subtilis* ВГТУ5 и перспективы его внедрения в технологический процесс биологической очистки сточных вод. Математическое моделирование экспериментальных данных проводилось на основе регрессионного анализа с использованием метода наименьших квадратов. Данные регрессионного анализа свидетельствуют об адекватности математической модели; наличии прямой высокой зависимости и достоверности, повторяемости результатов эксперимента.

Ключевые слова: *B. subtilis* ВГТУ5, минеральные добавки, биологическая очистка, бишофит, солевая рапа озера Эльтон, соли Мертвого моря.

German N.V.¹, Sevrjukova G.A.², Kartushina Ju.N.³, Grechishnikova Ju.V.⁴¹PhD in Biology, Volgograd State University,²ORCID: 0000-0002-7933-3523, PhD in Biology,³PhD in Geology and Mineralogy, ⁴postgraduate,^{2,3,4}Volgograd State Technical University**SUBSTANTIATION OF THE RESULTS OF NATURAL MINERAL COMPONENTS INFLUENCE
ON BIOPREPARATION****Abstract**

The materials of the paper explain the necessity to use mineral additives based on bischofite, salt bittern of Lake Elton and salts of the Dead Sea in order to accelerate the growth of bacterial strain *B. subtilis* VGTU5 and outline the prospects of their introduction into the technological process of biological wastewater treatment. Mathematical modeling of the experimental data was carried out on the basis of regression analysis with the help of the least squares method. The data of the regression analysis testify to the adequacy of the mathematical model as well as the presence of direct high dependence and reliability, and repeatability of the experimental results.

Keywords: *B. subtilis* VGTU5, mineral additives, biological cleansing, bischofite, salt bittern of Lake Elton, salts of the Dead Sea.

Введение. В настоящее время активно используются методы биологической очистки с целью решения экологических задач очистки загрязненных сред и восстановления нарушенных экосистем. Биологическая очистка сточных вод применяется на большинстве очистных сооружений и по объему перерабатываемых стоков является самой крупнотоннажной технологией [2, С. 49].

Главным звеном биологической очистки являются микроорганизмы, которые используют в качестве питательных веществ и источника энергии, растворенные органические и минеральные соединения, содержащиеся в сточных водах [4, С. 4]. Из остатков разрушенных молекул органических загрязнений микробы поглощают вещества, необходимые для их размножения и увеличения биомассы, активного ила и биопленки. Микробы разлагают органические вещества до углекислого газа и воды и создают в процессе минерализации соли азотистой, азотной кислот и другие соединения. Органические примеси сточных вод при их аэробной биологической очистке окисляются активным илом и биопленкой. Активный ил разрушает органические соединения в специальных сооружениях – аэротенках в условиях аэрации сточной жидкости и ила, находящегося под влиянием барботажа во взвешенном состоянии. Биопленка, прикрепленная к наполнителю биофильтров, постоянно соприкасается с воздухом и сточными водами [3, С. 29].

Целью исследования является математическое моделирование роста биопрепарата *Bacillus subtilis* ВГТУ5 с повышенными ростовыми характеристиками в изучаемых экспериментальных условиях (минерализация среды).

Материалы и методы исследования. Необходимость элементов для роста бактерий определяли на синтетических средах, исключая один из источников питания из состава питательной среды. В качестве контрольной (полноценной) среды использовали жидкую питательную среду следующего состава (г/л): глюкоза – 80; нитрат аммония – 2,4; фосфат калия однозамещенный – 1,6; сульфат магния (II) – 0,4; сульфат железа (II) – 0,08.

В экспериментальных образцах питательных сред отсутствовали источники наиболее важных минеральных элементов – фосфора (Р), калия (К) или магния (Mg).

Динамику роста штамма *B. subtilis* ВГТУ5 определяли путем лабораторного моделирования биологической очистки в условиях глубинного аппаратного культивирования в биореакторе BIOTEC 1607 POLYFERM (фирма LKB, Швеция) с использованием минеральных добавок: бишофита, солевой рапы озера Эльтон, солей Мертвого моря. Интенсивность роста и накопление биомассы бактериальных штаммов оценивали оптическим методом с помощью прибора КФК-2-УХЛ-4.2 в кюветах с длиной оптического пути 5,065 мм, при длине волны 670 нм.

РН питательных сред и культуральных жидкостей определяли с использованием рН-метра Hi2215 (HANNA H instruments Германия).

Математическое моделирование экспериментальных данных проводилось на основе регрессионного анализа с использованием метода наименьших квадратов [1, С. 36].

Результаты и обсуждение.

По данным нашего исследования наиболее значимым для культуры *B. subtilis* ВГТУ5 минеральным элементом является магний. Его отсутствие уменьшает продуктивность культуры на 58 %. Полученные результаты позволили предположить возможность интенсификации роста штамма *B. subtilis* ВГТУ5 путем добавления в питательную среду богатых солями магния минеральных компонентов, находящихся в природных средах. В качестве минеральных добавок использовали раствор бишофита Приволжской моноклинали, солевую рапу озера Эльтон и соль Мертвого моря.

Основное вещество бишофита – хлорид магния – выпадает из насыщенного раствора в виде кристаллогидрата $MgCl_2 \times 6H_2O$. Поскольку экспериментальным путем было установлено, что магний необходим для роста выделенного нами бактериального штамма, бишофит может выступать в качестве «интенсификатора» роста культуры.

Рапа – это насыщенный соляной раствор, вода лиманов и соленых озер. Рапой считается вода с соленостью более 50 промилле, что примерно в 1,5 раза выше, чем соленость воды мирового океана. Минерализация и солевой состав рапы озера Эльтон претерпевают существенные сезонные и многолетние циклические изменения. В обычные по водности годы минерализация меняется от 250-270 г/дм до 400-450 г/дм³ (осенью). В многоводные годы минерализация рапы весной может снижаться до 180-200 г/дм³, а в засушливые годы осенью достигать необычайно высокой величины – 525 г/дм³, при этом в менее концентрированных рассолах обычно преобладает галит, а в высококонцентрированных рассолах – бишофит. Реакция среды в исследуемой рапе нейтральная (рН 7,1).

Преобладающим ингредиентом соли Мертвого моря являются хлориды магния. При этом многие микроэлементы, входящие в состав морской воды, имеют короткое время пребывания, поэтому их концентрация может значительно меняться. В воде Мертвого моря содержатся соли калия, натрия, магния, кальция, хлора и брома в таких концентрациях, которые не допускают жизни, о чем свидетельствует название этого водного объекта. Кроме того, воды Мертвого моря имеют высокое значение рН, равное 9 [3, С. 66-69].

Для исследования влияния природных минеральных соединений на штамм *B. subtilis* ВГТУ5 были приготовлены полусинтетические питательные среды, в которые добавляли в качестве источника углерода – глюкозу (4%), источника азота – нитрат аммония (1%). В приготовленную среду вводили один из минеральных компонентов: бишофит, солевую рапу озера Эльтон и соли Мертвого моря.

С целью подбора оптимальной концентрации минеральных компонентов в пробирках с 3 мл питательной среды, содержащей источник углерода и азота, двукратно разводили растворы этих добавок, засеивали в них микроорганизмы и выращивали в течение 22 ч при 37°C. Оценку уровня накопления биомассы проводили, регистрируя оптическую плотность суспензий на фотоэлектроколориметре.

В качестве контроля использовали штамм, засеянный в питательную среду без природных минеральных компонентов. С каждой из минеральных добавок было проведено 3 параллельных опыта по 5 измерений.

Найденные экспериментальные зависимости оптической плотности суспензии бактерий (*D*) от концентраций (*C*) бишофита и солей Мертвого моря имели схожие описательные уравнения следующего вида:

$$D_{\text{биш}} = -0,003 + 2,463 \times C - 140,8 \times C^2 + 1856 \times C^3 \quad (1)$$

$$D_{\text{Море}} = 0,009 + 0,019 \times C - 0,012 \times C^2 + 0,001 \times C^3 \quad (2)$$

Регрессионная зависимость оптической плотности клеточной суспензии *B. subtilis* ВГТУ5 от концентрации солевой рапы озера Эльтон отличалась от рассмотренных выше уравнений и имела следующий вид:

$$D_{\text{рапа}} = 0,001 + 0,026 \times C - 0,005 \times C^2 \quad (3)$$

По проведенному регрессионному анализу экспериментальной зависимости оптической плотности суспензии *B. subtilis* ВГТУ5 от концентраций минеральных добавок (бишофита, солевой рапы озера Эльтон, солей Мертвого моря) были сделаны следующие выводы:

- коэффициенты корреляции свидетельствуют о прямой высокой зависимости, т.е. $y = y(x)$: $r_{\text{биш}} = +0,874$; $r_{\text{Море}} = 0,987$; $r_{\text{рапа}} = 0,960$;

- нелинеаризованная относительная ошибка по МНК: максимальная – до 10%, средняя – до 5%;

- критерий Кохрена, рассчитанный в линеаризованном виде, свидетельствует об однородности дисперсии и достоверности, повторяемости результатов:

1) для бишофита: $Gr^{\text{расч}} = 0,57 \leq Gr^{\text{таб}} = 0,683$

2) для солей Мертвого моря: $Gr^{\text{расч}} = 0,65 \leq Gr^{\text{таб}} = 0,683$

3) для солевой рапы озера Эльтон: $Gr^{\text{расч}} = 0,53 \leq Gr^{\text{таб}} = 0,683$

- критерий Фишера, рассчитанный по МНК, свидетельствует об адекватности модели:

1) для бишофита: $Fp^{\text{расч}} = 2,68 < Fp^{\text{таб}} = 3,71$

2) для солей Мертвого моря: $Fp^{\text{расч}} = 2,68 < Fp^{\text{таб}} = 3,71$

3) для солевой рапы озера Эльтон: $Fp^{\text{расч}} = 2,1 < Fp^{\text{таб}} = 3,71$

Заключение. На основании полученных данных для ускорения роста бактериального штамма *B. subtilis* ВГТУ5 и перспективы его внедрения в технологический процесс биологической очистки сточных вод рекомендуется использовать минеральные добавки на основе бишофита, солевой рапы озера Эльтон, солей Мертвого моря.

Список литературы / References

1. Голованчиков А.Б. Применение ЭВМ в химической технологии и экологии: учеб. пособие (Ч.1) /А.Б. Голованчиков, Б.В. Симонов. – Волгоград: ВолГТУ, 1994. – 114 с.

2. Герман Н.В. Глубинное культивирование микроорганизмов – деструкторов загрязнений сточных вод кожевенного производства /Н.В. Герман, И.В. Владимирцева, И.В. Соколова и др. //Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2-1. – С. 49-52.

3. Герман Н.В. Получение и применение бактериального биопрепарата для очистки сточных вод кожевенного производства: дис. ...канд. биол. наук: 03.01.06: защищена 08.04.16: утв. 25.11.16 / Герман Надежда Валерьевна. – М., 2016. – 131 с.

4. Яковлев, С. В. Биологическая очистка производственных сточных вод / С. В. Яковлев и др.; под ред. С. В. Яковлева. – М.: Стройиздат, 1985. – 208 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Golovanchikov A.B. Primeneniye EVM v khimicheskoy tekhnologii i ekologii: ucheb. posobiye (ch.1) [Computers Application in Chemical Technology and Ecology: Textbook. Allowance (P.1)] / A.B. Golovanchikov, B.V. Simonov. - Volgograd: VolgGTU, 1994. - 114 p. [in Russian]

2. Herman N.V. Glubinnoye kultivirovaniye mikroorganizmov – destruktorov zagriazneniy stochnykh vod kogevennogo porizvodstva [Deep Cultivation of Microorganisms - Destructors of Wastewater Contamination in Leathermaking Industry] / N.V. Herman, I.V. Vladimtseva, I.V. Sokolov et al. / Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental research]. - 2015. - No. 21. - P. 49-52. [in Russian]

3. Herman N.V. Polucheniye i primeneniye bakterialnogo biopreparata dlia ochistki stochnykh vod kozhevennogo proizvodstva [Obtaining and Application of Bacterial Biopreparation for Wastewater Treatment in Leathermaking Industry]: Thesis of Cand. of Biol. Sciences: 03.01.06: protected 08.04.16: certified 25.11.16 / Herman Nadezhda Valeryevna. - M., 2016. - 131 p. [in Russian]

4. Yakovlev, S.V. Biologicheskaya ochistka proizvodstvennykh stochnykh vod [Biological Treatment of Industrial Wastewater] / S.V. Yakovlev and others; ed. by S.V. Yakovleva. - Moscow: Stroiizdat, 1985. - 208 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.093>

Загидуллина А.Ш.¹, Михина О.Н.², Канакова А.А.³, Филиппова А.В.⁴

¹Аспирант, Оренбургский государственный аграрный университет,

²кандидат биологических наук, Оренбургский государственный аграрный университет,

³кандидат биологических наук, доцент, Оренбургский государственный аграрный университет,

⁴доктор биологических наук, профессор, Оренбургский государственный аграрный университет

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ В СУХОСТЕПНЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация

Данная статья посвящена проблемам применения разных видов основной обработки почв в условиях рискованного земледелия. В статье рассматривается влияние основной обработки почвы на общую полевую влагу. Даны климатические показатели за период исследования, которые влияют на численность почвенных организмов. Рассчитана корреляционная зависимость между численностью почвенных организмов и почвенной влагой. В результате исследования отмечено положительное влияние безотвальной и глубокой отвальной обработок на сохранение влаги, безотвальная обработка благоприятно повлияла на урожайность озимой пшеницы. Нами отмечено, что при применении безотвальной обработки сформировалось наибольшее количество эрозионно-опасных агрегатов.

Ключевые слова: основная обработка, общая полевая влажность, почвенная биота, агроэкосистема, чернозем южный.

Zagidullina A.Sh.¹, Mikhina O.N.², Kanakova A.A.³, Filippova A.V.⁴

¹Postgraduate student, Orenburg State Agrarian University,

²PhD in Biology, Orenburg State Agrarian University,

³PhD in Biology, Associate professor, Orenburg State Agrarian University,

⁴PhD in Biology, Professor Orenburg State Agrarian University

AGROECOLOGICAL PROPERTIES OF SOILS AT DIFFERENT METHODS OF BASIC TILLAGE ON BLACK SOIL IN DRY CONDITIONS

Abstract

This paper is devoted to the problems of application of different types of basic tillage under conditions of risky farming. The influence of basic tillage on the total moisture in a field is considered in this work. The climatic parameters for the studied period affecting the number of soil organisms are given. The correlation dependence between the number of soil organisms and soil moisture is calculated. As a result of the study, the positive effect of the unrestricted and deep dump tillage on the retention of moisture is noted, and the unprocessed tillage favorably affected the productivity of winter wheat. We noted that the most amount of erosion-hazardous aggregates has been formed with the use of nonmoldboard cultivation.

Keywords: main tillage, total field moisture, soil biota, agroecosystem, southern chernozem.

Экологической проблемой современного сельского хозяйства является снижение качества почв и нарушение резервных возможностей агроэкосистем, что неизбежно ведет к снижению продуктивности сельскохозяйственных культур. Так, по данным пресс-службы правительства Оренбургской области средняя урожайность зерновых и зернобобовых зерновых в регионе варьируют от 2,6 ц/га, до 13,4 ц/га [5]. В зонах рискованного земледелия, к которым относится Оренбургская область, проблемы стабильности получения урожая при сохранении качества почв связана с недостатком влаги в вегетационном периоде. Суховеи, сопровождающие практически весь теплый период, иссушают почвы на глубину корнеобитаемого слоя. [1, С. 20]. В условиях дефицита влаги агроэкосистемы становятся особенно уязвимыми, наблюдается «стерильность» пахотных почв по биотической

составляющей, что ведет к нарушению структурности, усиливающей ветровую эрозию, и нарушению доступности основных элементов питания растений. Низкая влажность не позволяет также сформировать и поддерживать в активном состоянии консорции микроорганизмов. [2, С.154 – 157], за счет которых формируются соединения базовых и доступных форм питательных веществ. Растения будут испытывать недостаток доступных форм элементов питания, что снизит урожайность, а нарушение процессов катаболического направления снижает эффект гумусообразования. Таким образом, возникает две экологические проблемы: потеря разнообразия почвенных организмов, снижение продуктивности агроценоза.

Существующие проблемы вызывают необходимость разработки новых ресурсосберегающих технологий, основанных на адаптации агроэкосистем к природным условиям. В зоне рискованного земледелия одни и те же агромероприятия могут приводить к совершенно разным последствиям в зависимости от климатических факторов определенного года. Противоречивые данные исследователей о преимуществах или недостатках различных видов основной обработки почв подводят к пониманию того, что требуется ранжировать влияние их видов на экологический потенциал почв и их агроэкологические показатели в зависимости от конкретных абиотических факторов условий года [6, С. 30-33]. Такое ранжирование позволит оперативно менять стратегию выбора основной обработки почвы и сделать акцент на той обработке, которая окажет положительное влияние как на сохранение влаги в почве пахотного слоя, так и активность почвенно-биотического комплекса.

Объект и методы исследования.

Исследования проводили в течение вегетационного периода 2016 года в условиях учебно-опытного поля Оренбургского ГАУ. Почва опытного участка – чернозем южный, среднесуглинистый, карбонатный, тяжелосуглинистый. Эксперимент проводили в зернопропашном севообороте: нут; озимая пшеница; сорго; яровая пшеница; подсолнечник; ячмень. После уборки сорго поле разделили на три варианта в четырехкратной повторности и провели три осенних обработки: безотвальную, мелкую отвальную, глубокую отвальную, подготовив поле к посеву яровой пшеницы. Посев осуществили 5 мая из расчета нормы высева 4,5 ц/га, сорт Юго-Восточная 2.

Отбор образцов почвы осуществляли согласно ГОСТ 28168-89. Образцы почв были отобраны с глубины пахотного слоя (0-30 см) методом конверта (Метод отбора почвенных проб буром) [3, С. 5].

Определение структурного состава проводили по Н.И.Савинову. Влажность определяли термостатном-весовым методом. Изучение и определение почвенных беспозвоночных проводили методом прямого ручного разбора проб [4, С. 275].

Результаты исследования.

Изучение динамики влажности в условиях учебно-опытного поля Оренбургского ГАУ показало, что во всех вариантах в начале вегетационного периода наблюдалось достаточное для нормальной работы почвенно-биотического комплекса содержание влаги, обусловленное зимне - весенними запасами. В дальнейшем содержание влаги уменьшалось сообразно влиянию погодных условий вегетационного периода. Так, в вариантах с безотвальной обработкой общая полевая влажность составила в мае 11,1%, в июне – 9,6% (рис.1). Повышение температуры воздуха в июле составила +33 °С и низкое количество осадков (24 мм), привели к резкому снижению запасов влаги в почве, достигнув минимального значения 3,3%, аналогичная тенденция отмечалась и в конце августа, значение влажности составило – 3,0%. Увеличение количества осадков в сентябре и снижение температуры воздуха привели к накоплению влаги, поэтому показатели общей полевой влажности составили 8,9% к концу месяца.

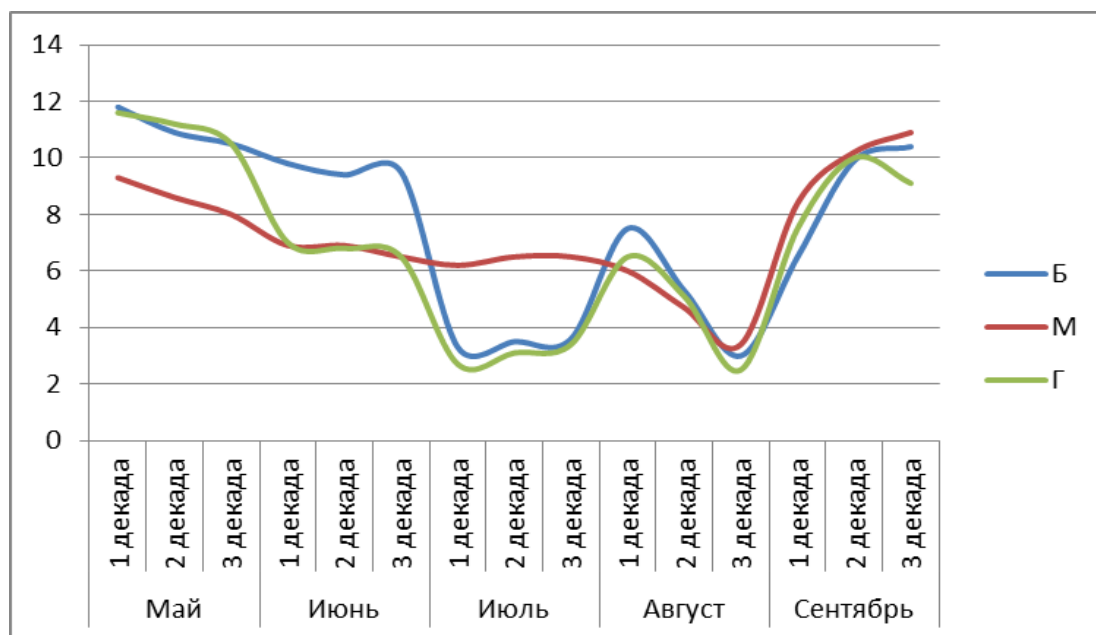


Рис. 1 – Динамика общей полевой влажности почв по вариантам опыта за 2016 г (%)

Примечание: * Б – безотвальная; М – мелкая отвальная; Г – глубокая отвальная.

Аналогичную тенденцию мы наблюдаем и при глубокой обработке почвы, при этом в июле минимальное значение влажности составило 2,7%, а в августе – 2,5%.

В варианте с мелкой отвальной обработкой мы наблюдаем более равномерное колебание общей полевой влажности почвы в течение вегетационного периода, при этом минимум содержания влаги приходится на третью декаду августа (3,4%).

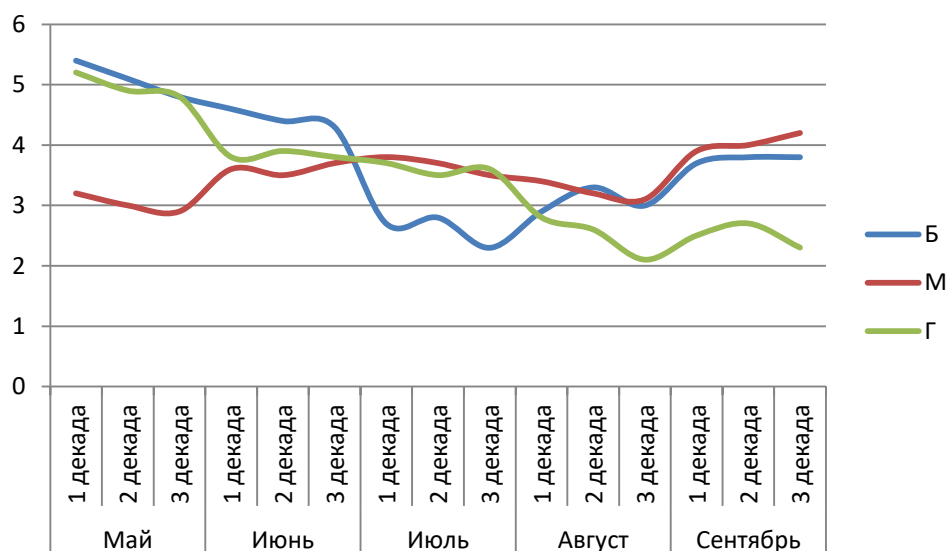
Расчет общего запаса влаги в почве в миллиметрах водного столба (табл.2) позволяет выделить мелкую отвальную обработку как более стабильную для сохранения влаги в почве.

Таблица 2 – Общий запас влаги в почве (мм вод. столба)

	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Безотвальная	121,5	105,1	39,8	61,7	104,6
Мелкая отвальная	94,8	74,4	73,5	55,0	115,1
Глубокая отвальная	121,9	74,3	35,3	55,1	103,8

Динамика влажности почвы отразилась в свою очередь на функционировании почвенной мезобиоты. Обнаруженные нами, путем прямого ручного разбора проб, почвенные организмы были представлены дождевыми червями, многоножками, личинками и имаго жесткокрылых, почвенными нематодами, мелкими паукообразными. Средняя численность варьировала в мае от 3,1 экз/м² в варианте с мелкой обработкой до 5,1 экз/м² в варианте с глубокой обработкой. В июне средняя численность почвенной биоты немного снизилась и составила: на поле с безотвальной обработкой – 4,4 экз/м², на поле с мелкой обработкой – 3,6 экз/м², на глубокой вспашке – 3,8 экз/м², что коррелирует с содержанием влаги в почве.

Снижение содержания влаги в почве в июле и августе при высоких температурах воздуха способствовало уменьшению численности почвенных организмов на 48%, больше всего численность упала в варианте с безотвальной обработкой (рис. 2). Дальнейшее понижение температуры в сентябре в среднем до +25,1⁰С и значительное количество выпавших осадков способствовало влагонакоплению на 12 мм. Это в свою очередь оживило почвенный слой и увеличило численность почвенных организмов на 35%.

Рис. 2 – Динамика численности почвенных животных, экз/м²

Примечание: * Б – безотвальная; М – мелкая отвальная; Г – глубокая отвальная.

В целом, активизация почвенной биоты в моменты повышения влагозапасов, повторила тренд динамики влажности. Расчет корреляционной зависимости (рис. 2) общей полевой влаги и беспозвоночных на полях Оренбургского ГАУ с разными обработками показал, что при использовании безотвальной обработки сильная положительная корреляционная зависимость отмечалась в мае $r = 0,98$, июне $r = 0,84$ и в сентябре $r = 0,99$. Отрицательная корреляция была отмечена в июле $r = -0,62$ и августе $r = -0,23$, полученные данные можно связать с тем, что при увеличении температуры воздуха, численность беспозвоночных уменьшается.



Рис. 3 – Корреляционная зависимость между общей полевой влажностью и численностью беспозвоночных

При мелкой отвальной вспашке отрицательная корреляция наблюдалась в июне $r = -0,87$ и июле $r = -0,76$. В мае, августе и сентябре нами отмечена сильная корреляционная зависимость. При использовании глубокой отвальной вспашки отрицательная зависимость наблюдалась в мае и в июле и составила $r = -0,10$, $r = -0,57$ соответственно. Можно отметить, что на поле с глубоко отвальной вспашкой самая низкая корреляционная зависимость наблюдалась и составила в июне $r = 0,11$, в августе сильная корреляционная связь составила $r = 0,99$, а в сентябре средняя зависимость $r = 0,36$.

Экологическая стабилизация агрегатного состояния имеет большое значение для водно-воздушного режима почв и урожайности, а также играет большую роль в резервировании плодородия для следующего года. Работа почвенной биоты отразилась на формировании структуры почвенных агрегатов. При сравнении агрегатного состояния почвы в зависимости от применяемых обработок было отмечено, что при безотвальной вспашке наблюдалось наибольшее количество эрозионно-опасных агрегатов и составило 22,03 % и 15,34 % на глубине 0 – 10 и 10 – 30 см соответственно. При использовании мелкой отвальной обработки показатели содержания эрозионно-опасных агрегатов на глубинах 0 – 10 см и 10 – 30 см значительно уменьшились и составили 13,82% и 11,04%. При глубокой отвальной обработке на глубине 0 – 10 см количество эрозионно-опасных агрегатов составило 10,75%, а на глубине 10-30 см – 12,9%. Таким образом, можно сказать, что наибольшее количество эрозионно-опасных агрегатов сформировалось при использовании безотвальной обработки.

Результаты, полученные с опытных делянок по вариантам опыта, позволяют отметить вариант с безотвальной обработкой как наиболее продуктивный – урожайность озимой пшеницы составила 22,8 ц/га. На мелкой отвальной обработке урожайность была ниже на 10%, составив 20,4 ц/га, а на глубоко отвальной на 18% – 18,5 ц/га.

Выводы

1. Анализ общей полевой влажности и общего запаса влаги в почве позволяет говорить о том, что безотвальная и глубокая отвальная обработка способствовали сохранению влаги только в начале вегетационного периода, затем же наблюдали резкое снижение содержания влаги в почве. В варианте с использованием мелкой отвальной обработки показатели содержания влаги в почве в начале вегетационного периода были ниже, чем при безотвальной и глубокой обработках, однако не подвергались значительным колебаниям в течение всего вегетационного периода. Таким образом, вариант с применением безотвальной обработки почвы мы можем выделить как наиболее стабильный по содержанию влаги в почве.

2. Изменение численности почвенных беспозвоночных в течение вегетационного периода зависело от изменения почвенно-климатических условий. При этом в вариантах с глубокой отвальной и безотвальной обработками наблюдалось снижение численности беспозвоночных к концу вегетационного периода. В варианте с мелкой отвальной обработкой данный показатель был более стабильным, что коррелировало с содержанием влаги в почве.

3. Анализ структуры почвы на содержание эрозионно-опасных фракций показал, что наименьшее их количество наблюдалось при мелкой отвальной обработке и составило 19,5%, при глубокой отвальной обработке составило в среднем 20,1%, а при безотвальной обработке содержание эрозионно-опасных фракций составило 18,7 %.

Список литературы / References

1. Погосян И.В. Естественная и антропогенная трансформация почвенного покрова на примере сухостепной зоны Волгоградской области: автореферат дисс...канд.геогр.наук : 25.00.23 : / Погосян Наира Вильсоновна. Волгоград, 2006. С. 20.
2. Филиппова, А.В. Биологизированные приёмы восполнения азотного фонда черноземов южных в условиях дефицита влаги / А.В.Филиппова, А.А. Канакова, О.Н.Михина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – №1(57). – С.154 – 157.
3. ГОСТ 28168. Почвы. Отбор проб. Метод отбора почвенных проб буром. – М.: Издательство стандартов – 2011. – С. 5.
4. Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв: монография / М.С.Гиляров. – М: Наука. 1969.- С. 275.

5. Портал Правительства Оренбургского области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://orenburg-gov.ru/news/apk/2013-08-12-19-6-44/?sphrase_id=164397 (дата обращения 16.03.2017).

6. Филиппова А.В. К вопросу о необходимости эколого-экономической паспортизации агроприемов в агроэкосистеме сухо-степной зоны Оренбургского Предуралья / А.В. Филиппова, А.А. Канакова, А.Ш. Загидуллина // Материалы международной научно-практической конференции: Инновационное развитие АПК России. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научно учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства, 2015. – С. 30-33.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Pogosjan I.V. Estestvennaja i antropogennaja transformacija pochvennogo pokrova na primere suhostepnoj zony Volgogradskoj oblasti [Natural and anthropogenic transformation of the soil cover by the example of the dry steppe zone of the Volgograd Region]: avtoreferat diss... of PhD in Geography : 25.00.23 : / Pogosjan Naira Vil'sonovna. Volgograd, 2006. P. 20. [in Russian]

2. Filippova, A.V. Biologizirovannye prijomny vospolnenija azotnogo fonda chernozemov juzhnyh v uslovijah deficita vlagi [Biologized methods of replenishing the nitrogen fund of chernozems in the south in conditions of moisture deficit] / A.V. Filippova, A.A. Kanakova, O.N. Mihina // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University]. – 2016. – №1(57). – P.154 – 157. [in Russian]

3. GOST 28168. Pochvy. Otbor prob. Metod otbora pochvennyh prob burom [Soil. Sample selection. Method for selection of soil samples by drill] – M.: Izdatel'stvo standartov [Publishing house of standards] – 2011. – P. 5. [in Russian]

4. Giljarov M.S. Zoologicheskij metod diagnostiki pochv: monografija [Zoological method of soil diagnostics]/ M.S. Giljarov. – M: Nauka [The science]. 1969.- P. 275. [in Russian]

5. Portal Pravitel'stva Orenburgskogo oblasti [The portal of the government of Orenburg region] [Electronic resource]. – Rezhim dostupa: URL: http://orenburg-gov.ru/news/apk/2013-08-12-19-6-44/?sphrase_id=164397 (accessed: 16.03.2017). [in Russian]

6. Filippova A.V. K voprosu o neobходимости jekologo-jekonomicheskoy pasportizacii agropriemov v agrojekosisteme suho-stepnoj zony Orenburgskogo Predural'ja [On the question of the need for environmental and economic certification of agricultural practices in the agroecosystem dry-steppe zone of Orenburg Ural region] / A.V. Filippova, A.A. Kanakova, A.Sh. Zagidullina // Materialy mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii: Innovacionnoe razvitie APK Rossii [Materials of the International Scientific and Practical Conference: Innovative Development of the Agroindustrial Complex of Russia] – Moskva: Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe nauchno uchrezhdenie Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut mjasnogo [Moscow: Federal State Budget Scientific Institution All-Russian Research Institute of Meat Cattle Breeding]. 2015. - P. 30-33. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.092>

Канакова А.А.

ORCID: 0000-0002-0686-1130, Кандидат биологических наук, доцент,
Оренбургский государственный аграрный университет

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ПЕДОЦЕНОЗОВ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО ПРИУРАЛЬЯ

Аннотация

В статье представлены исследования по изучению педоценозов пашенных почв в условиях сухостепной зоны Южного Приуралья. Полученные данные биологического разнообразия почвенной биоты использованы нами в качестве одного из диагностических признаков устойчивости агроэкосистем. Определены индексы биологического разнообразия и доминирования, которые отражают экологическое состояние изучаемых педоценозов. Изучаемые пашенные почвы имеют среднее значение индексов биоразнообразия почвенных беспозвоночных, что характеризует степные агроэкосистемы как среднеустойчивые к факторам окружающей среды.

Ключевые слова: педоценоз, биоразнообразие, почвенные беспозвоночные, устойчивость агроэкосистем.

Kanakova A.A.

ORCID: 0000-0002-0686-1130, PhD in Biology, Associate professor,
Orenburg state agrarian University

BIODIVERSITY OF PEDOCENOSSES AS A STABILITY FACTOR OF AGROECOSYSTEMS UNDER CONDITIONS OF DRY ZONE OF THE SOUTH CISURALS

Abstract

The paper presents the research of pedogeneses of agrogenic soil under conditions of the dry steppe zone of the Southern Cisurals. We used the obtained data of the biological diversity of soil biota as one of the diagnostic features of the stability of agroecosystems. The indices of biological diversity and domination were determined, reflecting the ecological state of the studied pedocenes. The soils studied have the average index of biodiversity of soil invertebrates, and that characterizes steppe agroecosystems as medium-resistant to environmental factors.

Keywords: pedocenosis, biodiversity, soil invertebrates, stability of agroecosystems.

Резкоконтинентальные климатические условия сухостепной зоны Южного Приуралья (недостаточное количество атмосферных осадков от 260 до 505 мм в год, частые суховеи, абсолютная амплитуда температуры составляет 85 – 87 °С) оказывают влияние на состояние почв как природных, так и агроэкосистем. На данный момент состояние почв агроэкосистем оценивают по урожайности возделываемых на них культур и по свойствам почв. Эти

свойства называют диагностическими признаками, под которыми подразумеваются: мощность гумусового горизонта пахотного слоя; содержание гумуса в % и его запас в т/га; содержание валовых и подвижных запасов, фосфора и калия (т/га); механический состав; pH солевой вытяжки и т.д. Однако при этом не учитывают такой компонент педоценозов, как почвенные организмы. От характера и интенсивности деятельности почвенной биоты зависят аэрация и порозность почв, оструктуренность почвенных агрегаций, микробиологические процессы, степень доступности элементов питания для растительных организмов. Многообразие выполняемых функций почвенными животными определяет целостность, а также способность педоценозов противостоять дестабилизирующим факторам окружающей среды.

Нами проведены исследования пашенных почв чернозема южного, который характеризуется маломощным гумусовым горизонтом. Содержание гумуса 3-6 %, pH 6,1- 6,9, обеспеченность фосфором составила 4,6 – 5,3 мг/кг, содержание нитратного азота оптимальное, в пределах 12,7 – 15,5 мг/кг, а обеспеченность аммонийным азотом почвы низкая и составила 0,9 – 1,2 мг/кг.

Эксперимент проводили в зернопропашном севообороте: озимая пшеница, ячмень, подсолнечник, чистый пар. Полевые опыты проводили, основываясь на рекомендациях Доспехова Б.А., ГОСТов.

Изучение и определение почвенных беспозвоночных проводили методом прямого ручного разбора проб по Гилярову М.С. [1, С. 9 - 58]. Для обработки данных по численности почвенных беспозвоночных использовали индекс биологического разнообразия Макинтоша (Нм) и индекс доминирования Энгельмана (D) [4, С. 48 - 50]. Первичный материал обрабатывался вариационно-статистическими методами по Доспехову Б.А. [2, С. 268] с использованием программы Statistica 6.0 и Microsoft Excel.

Расчеты индекса доминирования Энгельмана показали, что при изучении педоценозов, на которых возделывалась озимая пшеница, эудоминантами являлись дождевые черви (62,4 %), относящиеся к детритофагам, и, способные к более интенсивному образованию гумуса, по сравнению с почвой. Доминантами были коллемболы (13,2 %) и энхитреиды (16,1 %), являющиеся микробофагами и фитосапрофагами, играющие также большую роль в увеличении разложения органического вещества, и в улучшении водно-воздушного обмена, благодаря перемешиванию слоев почвы. К субдоминантам относились муравьи (5,5 %), а к рецедентам личинки жуков (2,8 %). Значение индекса Макинтоша составило $Nm=0,31$ ед, что свидетельствует об умеренном видовом разнообразии почвенных беспозвоночных пашни при возделывании озимой пшеницы.

При возделывании ячменя в изучаемых педоценозах доминантами остались дождевые черви (16,9 %) и коллемболы (23,7 %). Субдоминантами являлись клещи (4,1 %), энхитреиды (9,7 %), личинки жуков-щелкунов (6,4 %), муравьи (6,2 %), личинки муравьев (9,8 %), яйца муравьев (9,4 %). К рецедентам относились пауки (2,1 %), а к субрецедентам личинки жуков (1,1 %) и жуки (1,1 %). Значение индекса $Nm=0,24$ ед говорит о низком видовом разнообразии почвенных беспозвоночных пашни.

Согласно индексу Энгельмана при выращивании подсолнечника, доминантами выступали коллемболы (15,1 %), относящиеся к сапрофагам, и увеличивающие процесс гумификации. Также жуки (34,9 %), которые являются миксотрофами. Субдоминантами были личинки жуков-щелкунов (5,7 %), муравьи (8,1 %), личинки муравьев (7,6 %), дождевые черви (9,6 %). Рецедентами являлись энхитериды (2,2 %) и личинки двукрылых (1,7 %). Значение индекса составило $Nm=0,19$ ед, что соответствует низкому разнообразию в период возделывания подсолнечника.

На паровом поле индекс доминирования почвенных организмов показал, что доминантами были дождевые черви (30,6 %), коллемболы (14,3 %) и жуки (17,7 %). Субдоминантами являлись пауки (6,8), клещи (5,1 %), личинки жуков-щелкунов (5,3 %), муравьи (8,4 %), яйца муравьев (7,9 %), а рецедентами были личинки жуков (1,9 %) и личинки двукрылых (2,0 %). Значение индекса Макинтоша составило 0,38 ед, что свидетельствует об умеренном видовом разнообразии почвенных беспозвоночных на паровом поле.

Изучаемые педоценозы пашенных почв отличаются сниженным индексом разнообразия почвенных беспозвоночных. Именно это и является причиной невосполнимых потерь плодородия, а также снижения их устойчивости.

Устойчивость и естественных экосистем и агроэкосистем сохраняется в том случае, когда не нарушаются ее долговременные функции: продуктивность и биоразнообразие. Ведь согласно М.С. Гилярову [3, С. 14], чем богаче видовое разнообразие педоценозов, тем они устойчивее.

Это доказывается проведенными нами ранее исследованиями естественных педоценозов чернозема южного в условиях разнотравной и типчаково-ковыльной степи на равнинной местности [3, С. 13 - 16]. В естественных педоценозах расчет индекса доминирования показал, что эудоминантами выступали предпочитающие влажные местообитания коллемболы (55,6%), субдоминантами были муравьи (12,0%), дождевые черви (10,5%), жуки (8,7%), личинки двукрылых (8,5%), а рецедентами являлись почвенные клещи (2,5%) и пауки (2,1%). Значение индекса биологического разнообразия $Nm=0,73$ ед, что свидетельствует о видовом разнообразии почвенных беспозвоночных выше умеренного.

Конечно, любая агроэкосистема отличается от естественной экосистемы своей упрощенной структурой. Принудительное перемешивание почвенных масс, с помощью обрабатывающих орудий изменяют экологические ниши существования почвенных беспозвоночных, играющих особую роль в почвообразовании. Однако, не смотря на это мы должны стремиться к формированию таких педоценозов, которые были бы приближены по своим свойствам к естественным, и соответственно были бы более устойчивыми.

Таким образом, агроэкосистемы в условиях сухостепной зоны испытывают постоянное воздействие лимитирующих факторов, которыми являются влагообеспеченность и резкие перепады температур, вызывающие быструю минерализацию и потерю структурности. В таких условиях стрессам подвержены все компоненты педоценозов, в том числе почвенные организмы. Изучение почвенных организмов, их экологических ниш и взаимоотношений при сельскохозяйственном производстве, позволит управлять ими и использовать в качестве диагностического признака для создания устойчивых, сбалансированных агроэкосистем в сложившихся сухостепных условиях Южного Приуралья.

Список литературы / References

1. Бызова Ю. Б. Количественные методы в почвенной зоологии / Ю. Б. Бызова, М. С. Гиляров, В. Дунгер и др. – М.: Наука, 1987. – 287 с.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Канакова А. А. Изучение биоразнообразия почвенных ценозов чернозема южного Оренбургской области / А. А. Канакова, О. И. Головкова // Applied and Fundamental Studies: Proceedings of the 5th International Academic Conference. April 29-30, 2014, St. Louis, Missouri, USA. P. 13 – 16.
4. Кривоуцкий Д. А. Почвенная фауна в экологическом контроле: монография / Д. А. Кривоуцкий. – М.: Наука, 1993. – 277 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Byzova Ju. B. Kolichestvennyye metody v pochvennoy zoologii [Quantitative methods in soil Zoology] / Ju. B. Byzova, M. S. Giljarov, V. Dunger i dr. – М.: Nauka, 1987. – 287 p. [in Russian]
2. Dospheov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnik [Methodology of field experiment (with bases of statistical processing of research results)] / B. A. Dospheov. – 5-e izd., dop. i pererab. – М.: Agropromizdat, 1985. – 351 p. [in Russian]
3. Kanakova A. A. Izuchenie bioraznoobrazija pochvennyh cenozov chernozema juzhnogo Orenburgskoj oblasti [Biodiversity of soil cenosis of Chernozem southern Orenburg region] / A. A. Kanakova, O. I. Golovkova // Applied and Fundamental Studies: Proceedings of the 5th International Academic Conference. April 29-30, 2014, St. Louis, Missouri, USA. P. 13 – 16.
4. Krivoluckij D. A. Pochvennaja fauna v jekologicheskom kontrole: monografija [Soil fauna in ecological control] / D. A. Krivoluckij. – М.: Nauka, 1993. – 277 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.132>Куклина Н.Г.¹, Васильев Д.А.², Нафеев А.А.³¹Научный сотрудник, ²Доктор биологических наук, профессор,³Доктор медицинских наук

ФГБОУ ВО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»

РАЗРАБОТКА БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ БАКТЕРИИ
AEROMONAS SALMONICIDA

Аннотация

Представлена бактериологическая схема выделения и идентификации бактерии *A. salmonicida* с использованием оригинальных питательных сред и комплекса бактериологических тестов. Разработанные питательные среды специфичны по отношению к бактериям-ассоциантам других видов и родов. Предлагаемая схема предполагает выделение и идентификацию микроорганизма за 60-84 часа. В результате апробирования данной схемы было выделено 17 штаммов *A. salmonicida* из 97 проб, отобранных из водных объектов г. Ульяновска и Ульяновской области.

Ключевые слова: аэромоназ, бактериологическая схема выделения, питательные среды, *A. salmonicida*.

Kuklina N.G.¹, Vasiliev D.A.², Nafeev A.A.³¹Research scientist,²MD, Professor, ³MD,

FSBEI of Higher Education

Ulyanovsk State Agricultural Academy named after P.A. Stolypin

DEVELOPMENT OF THE SEPARATION AND IDENTIFICATION DIAGRAM OF *AEROMONAS*
SALMONICIDA BACTERIA

Abstract

A diagram for separation and identification of bacterium *A. Salmonicida* using original nutrient media and a complex of bacteriological tests is presented in the paper. The developed nutrient media are specific with regard to bacteria-associates of other species and genus. The proposed scheme assumes separation and identification of the microorganism in 60-84 hours. As a result of the testing of this scheme, 17 strains of *A. Salmonicida* were detected in 97 samples taken from water bodies in Ulyanovsk and the Ulyanovsk region.

Keywords: aeromonose, bacteriological separation diagram, nutrient media, *A. Salmonicida*.

Бактерия *A. salmonicida* является возбудителем фурункулеза (аэромоназа) рыб не только представителей семейства лососевых, но и других семейств. Фурункулез-это высококонтагиозная болезнь, протекающая остро, подостро и хронически. Зараженные рыбы с открытыми ранами являются источниками распространения *A. salmonicida*. В связи с высокой плотностью выращивания рыбы в хозяйствах, эта болезнь быстро распространяется с высоким процентом летальности [1, С. 136].

Согласно Инструкции о мероприятиях по профилактике и мерах борьбы с фурункулезом лососевых рыб от 26.11.1997 №13-4-4/1090 Диагноз на фурункулез устанавливают на основании эпизоотических данных, клинических признаков, патологоанатомических изменений, результатов бактериологического исследования и положительной биопробы, которое занимает до 10 дней [2].

Нами была разработана бактериологическая схема выделения и идентификации данного вида микроорганизма, включающая специальные среды – жидкую накопительную среду A.SI.1-УГСХА, плотную селективную среду A.SI.2-УГСХА и ряд бактериологических тестов, которая позволяет сократить время на исследование до 84 ч.

При конструировании питательных сред подбор питательных веществ осуществлялся экспериментальным путем. В результате исследований жидкая среда A.SI.1-УГСХА имеет следующий состав: вода дистиллированная - 1000 мл, K_2HPO_4 - 1г, $MgSO_4$ - 0,2 г, NaCl- 5г, пептон - 5 г, бромтимоловый синий - 0,03 г, глюкоза - 5 г, $BaCl_2$ - 2 г. pH готовой среды накопления = 7,1. Способ приготовления - в дистиллированную воду добавляют пептон, минеральные соли, глюкозу, бромтимоловый синий. Среду доводят до полного растворения частиц, разливают в стерильные пробирки по 5 мл и автоклавируют при 0,5 атм в течение 20 минут. Готовая среда прозрачная, травянисто-зеленого цвета.

Нами была разработана плотная дифференциально-диагностическая среда A.SI.2-УГСХА следующего состава - вода дистиллированная - 1000 мл, агар - 15 г, пептон - 5 г, дрожжевой экстракт - 3 г, $MgSO_4$ - 0,2 г, K_2HPO_4 - 1 г, глюкоза - 5 г, конго-рот - 3 г. Концентрацию указанных компонентов также была подобрана экспериментальным путем.

Способ приготовления – все компоненты смешивали и доводили до кипения. Затем автоклавируют в течение 20 минут при 112° С. pH готовой среды накопления – 7,1. Готовая среда – насыщенного красного цвета.

С целью определения специфичности, разработанных нами сред накопления, был проведен контрольный посев бактерий-ассоциантов других видов и родов. Посевы культивировали в термостате в течение 24 ч. при T- 28°C: *A. salmonicida* ATCC 33658, *Ps. putida* №12633, *Ps. fluorescens* №13525, *Y. ruckeri* №6, *Y. enterocolitica*; при T - 37 °C: *Ps. aeruginosa* №128, *A. hydrophila* ATCC 49140, *A. sobria* ATCC 9071, *A. caviae* ATCC 12633, *P. mirabilis* №523, *Kl. pneumonia* №4463, *E. coli* №4 (табл.1).

Таблица 1 – Определение специфичности жидкой среды накопления A.SI.1-УГСХА и дифференциально-диагностической среды A.SI.2-УГСХА

№ п/п	Вид бактерий	Рост на жидкой среде A.SI.1-УГСХА	Контроль на МПБ	Рост на плотной среде A.SI.2-УГСХА	Контроль роста на чашках Петри с МПА
1	<i>A. salmonicida</i> ATCC 33658	Рост бактерий, помутнение бульона, изменение цвета среды с зеленого на желтый	Наличие роста, помутнение бульона.	мелкие, округлые, черного цвета, размером 0,2-0,5 мм, с гладкой поверхностью. Цвет среды рядом с колониями изменяется на черный.	+
2	<i>A. hydrophila</i> ATCC 49140	Рост бактерий, помутнение бульона, изменение цвета среды с зеленого на желтый	Наличие роста, помутнение бульона	Колонии крупные, диаметром до 1 мм, с гладкой поверхностью светлые, цвет среды красный.	+
3	<i>A. sobria</i> ATCC 9071	Рост бактерий, помутнение бульона, изменение цвета среды с зеленого на желтый	Наличие роста, помутнение бульона	мелкие, округлые, черного цвета, размером 0,5-0,7 мм, с гладкой поверхностью. Цвет среды рядом с колониями изменяется на черный.	+
4	<i>A. caviae</i> ATCC 15468	Рост бактерий, помутнение бульона, изменение цвета среды с зеленого на желтый	Наличие роста, помутнение бульона	Колонии мелкие, диаметром до 0,7 мм, с гладкой поверхностью светлые, цвет среды красный.	+
5	<i>Ps. aeruginosa</i> №128	Отсутствие роста, цвет среды не изменился.	Наличие роста, помутнение бульона	Колонии крупные, с гладкой поверхностью светлые, цвет среды красный.	+
6	<i>Ps. putida</i> №12633	Отсутствие роста, цвет среды не изменился.	Наличие роста, помутнение бульона	Колонии крупные, с гладкой поверхностью светлые, цвет среды красный.	+
7	<i>Ps. fluorescens</i> №13525	Отсутствие роста, цвет среды не изменился.	Наличие роста, помутнение бульона	Колонии крупные, с гладкой поверхностью светлые, цвет среды красный.	+

Окончание табл. 1 – Определение специфичности жидкой среды накопления A.Sl.1-УГСХА и дифференциально-диагностической среды A.Sl.2-УГСХА

№ п/п	Вид бактерий	Рост на жидкой среде A.Sl.1-УГСХА	Контроль на МПБ	Рост на плотной среде A.Sl.2-УГСХА	Контроль роста на чашках Петри с МПА
8	<i>P. mirabilis</i> №523	Рост бактерий, помутнение бульона, изменение цвета среды с зеленого на желтый	Наличие роста, помутнение бульона	Колонии крупные, с гладкой поверхностью светлые, цвет среды красный.	+
9	<i>Y. ruckeri</i> №6	Отсутствие роста, цвет среды не изменился.	Наличие роста, помутнение бульона	Колонии крупные, с гладкой поверхностью светлые, цвет среды красный.	+
10	<i>Y. enterocolitica</i>	Рост бактерий, помутнение бульона, изменение цвета среды с зеленого на желтый	Наличие роста, помутнение бульона	Колонии крупные, с гладкой поверхностью светлые, цвет среды красный.	+
11	<i>Kl. pneumonia</i> №4463	Отсутствие роста, цвет среды не изменился.	Наличие роста, помутнение бульона	Колонии крупные, с гладкой поверхностью светлые, цвет среды красный.	+
12	<i>E. coli</i> №4	Рост бактерий, помутнение бульона, изменение цвета среды с зеленого на желтый	Наличие роста, помутнение бульона	Колонии крупные до 2 мм в диаметре, округлые, имеют серый цвет.	+

Этапы исследования по разработанной нами схеме

Исследуемую пробу воды в количестве 1 мл вносят в накопительную среду A.Sl.1- УГСХА объемом 4-5 мл и помещают в термостат на 18 ч при температуре 28°C. На жидкой накопительной среде бактерии рода *Aeromonas* дают положительную реакцию, характеризующуюся изменением цвета среды с зеленого на желтый, а также помутнением субстрата и образованием осадка. Затем из жидкой среды накопления, бактериологической петлей делается посев на плотную дифференциально-диагностическую среду A.Sl.2-УГСХА и инкубируются 18 ч при температуре 28°C.

На среде A.Sl.2-УГСХА бактерии *A. salmonicida* образуют колонии округлой формы, размером 0,5-1 мм черного цвета, цвет среды вокруг колоний также чернеет.

Выросшие на селективной среде A.Sl.2-УГСХА колонии параллельно исследуют по тестам – на желатиназную активность, наличие нитратредуктазы, подвижность, OF-тест, а также пересевают отдельно стоящие колонии на МПА для последующего определения окраски по Граму и микроскопии, наличия каталазной и оксидазной активности.

Производят окраску по Граму и микроскопию. Клетки *A. salmonicida* выявляются как грамотрицательные палочки.

Для определения ферментов оксидазы и каталазы производят посев выросших на среде A.Sl.2-УГСХА колоний на чашки Петри с мясопептонным агаром. После инкубирования при 28°C в течение 18 ч на поверхность выросших на мясопептонном агаре колоний наносят 1% раствор 2-N-диметилпарафенилендиамина для определения оксидазы и 3% раствор перекиси водорода для определения каталазы. *A. salmonicida* является оксидазоположительной (покраснение реактива в течение 20 сек) и каталазоположительной (образование пузырьков газа).

Определяют подвижность методом укола в столбик застывшего 0,3% мясопептонного агара. После инкубирования в течение 18 ч при 28°C проводят учет результатов. Бактерии *A. salmonicida* неподвижны (наличие роста микроорганизмов на полужидком агаре только по линии укола). Исследуют способность восстанавливать нитраты в нитриты. Для этого производят посев при помощи бактериологической петли в МПБ с нитратом калия. После инкубирования при 28°C 18 ч в пробирки добавляют реактив - дистиллированная вода с крахмалом и йодистым калием и 10% водный раствор хлористоводородной кислоты. В результате происходит темно-синее окрашивание среды, т.к. *A. salmonicida* способна к нитратредуктазе.

Уколом производится посев в пробирки с тестом на наличие желатиназы. После инкубирования в течение 18 ч при 28°C проводят учет результатов. Бактерии *A. salmonicida* разжижают желатин (среда в засеянной пробирке жидкая, в контрольной пробирке среда загустевает).

Для исследования способности микроорганизмов к ферментации глюкозы в аэробных и анаэробных условиях готовят среду Хью-Лейфсона. После инкубирования 24-48 ч при T=28°C проводят учет результатов, *A. salmonicida* способна к ферментации глюкозы как в аэробных, так и в анаэробных условиях (изменение цвета в пробирках с зеленого на желтый как в аэробных условиях, так и в анаэробных условиях).

В результате использования данной схемы при исследовании 97 проб воды из объектов водной среды г. Ульяновска и Ульяновской области нами было выделено 17 штаммов *A. salmonicida*.

Список литературы / References

1. Головина, Н. А. Ихтиопатология / Н. А. Головина, Ю. А. Стрелков, В. Н. Воронин, П. П. Головин, Е. Б. Евдокимова, Л. Н. Юхименко. Под ред. Н. А. Головиной, О. Н. Бауера. — М.: Мир, 2003. — 448 с.: ил.
2. Инструкция о мероприятиях по профилактике и мерам борьбы с фурункулезом лососевых рыб от 26.11.1997 №13-4-4/1090. — URL: <http://www.cap.ru/home/65/aris/bd/vetzac/document/402.html> (дата обращения: 28.03.2017).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Golovina, N. A. Ihtyopatologija [Ichthyopathology] / N. A. Golovina, Ju. A. Strelkov, V. N. Voronin, P. P. Golovin, E. B. Evdokimova, L. N. Juhimenko. Pod red. N. A. Golovinoj, O. N. Bauera. — M.: Mir, 2003. — 448 p.: il. [in Russian]
2. Instrukcija o meroprijatijah po profilaktike i meram bor'by s furunkulezom lososevyh ryb ot 26.11.1997 №13-4-4/1090 [Instruction on measures for prevention and control of salmonid furunculosis]. — URL: <http://www.cap.ru/home/65/aris/bd/vetzac/document/402.html> (accessed: 28.03.2017). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.079>

Негода Л.Л.¹, Ромейко М.Б.,² Курмаева Т.С.³

¹ORCID: 0000-0002-1408-2102, кандидат технических наук,

²ORCID: 0000-0002-2009-6359, кандидат технических наук,

³ORCID: 0000-0003-4710-0503, кандидат педагогических наук,

Архитектурно-строительный институт Самарского государственного технического университета

ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ НА РАЗВИТИЕ БИОПОВРЕЖДЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Аннотация

В статье рассмотрены причины возникновения биоповреждений строительных конструкций жилых помещений; влияние воздухообмена на возникновение биоповреждений строительных конструкций, а также на развитие и распространение микроорганизмов в помещении. Подробно рассмотрен механизм процессов, протекающих в помещении при нарушении воздухообмена на примере квартиры в жилом доме. Представлены результаты лабораторных исследований образцов строительных материалов и проб воздуха на наличие микроорганизмов, повреждающих отделочные материалы.

Ключевые слова: биологические повреждения, микроорганизмы, воздушная среда помещений, вентиляция, строительные материалы.

Negoda L.L.¹, Romeyko M.B.², Kurmaeva T.S.³

¹ORCID: 0000-0002-1408-2102, PhD in Engineering,

²ORCID: 0000-0002-2009-6359, PhD in Engineering,

³ORCID: 0000-0003-4710-0503, PhD in Pedagogy,

Architecture and Civil Engineering Institute, Samara State Technical University

INFLUENCE OF AIR ENVIRONMENT CONDITIONS ON DEVELOPMENT OF BIOLOGICAL DAMAGES OF BUILDING CONSTRUCTIONS OF RESIDENTIAL PREMISES

Abstract

The paper describes the causes of biological damages of building constructions at residential premises; the effect of air exchange on the occurrence of biological damages of building structures, as well as on appearing and spreading of microorganisms in a room. A detailed consideration is given to the mechanism of the processes taking place in the premise in the event of a disturbance of air exchange on the example of the apartment building. The results of laboratory research of building materials samples and air samples for the presence of microorganisms damaging finishing materials are presented in the work.

Keywords: biological damages, microorganisms, air environment of premises, ventilation, building materials.

Биоповреждения строительных конструкций – наиболее частая причина неудовлетворительного состояния воздушной среды в помещениях. Возникнув в одном месте, микроорганизмы начинают распространяться по поверхности, проникают внутрь материала конструкции, разрушая его. Кроме того, микроорганизмы вызывают ухудшение экологической ситуации в помещении. Это проявляется в возникновении запаха плесени, выделении токсичных продуктов. Споры разносятся тепловыми и воздушными потоками по помещению, с вдыхаемым воздухом проникают в организм человека. Работа, проводимая авторами, позволяет констатировать, что в г. Самаре случаи биокоррозии строительных конструкций имеют место не только в ветхом жилищном фонде, старых постройках, среди которых множество памятников архитектуры, культуры и истории, но и в недавно построенных зданиях.

Для выявления причин, вызвавших биоповреждения и ухудшение качества воздушной среды, производилось обследование степени биологических повреждений строительных конструкций, устанавливались их теплозащитные свойства, исследовался тепло-влажностный и воздушный режим в помещениях. Температура и относительная влажность воздуха в помещениях измерялись аспирационным психрометром МВ-4М, скорость воздуха в вытяжных решетках – крыльчатым анемометром АСО-3, температура внутренних поверхностей наружных стен и оконных откосов определялась с помощью термопары и потенциометра ПП-63. Для выявления природы появившихся биоповреждений образцы строительных материалов в виде соскобов с поверхностей стен, кусочки обоев, а также

пробы воздуха подвергались микробиологическим лабораторным исследованиям, которые производились по стандартной методике [1, С. 50-55], [2, С. 93].

Исследования, проводимые в течение 10 лет, позволили установить основные причины, провоцирующие возникновение и развитие биоповреждений: повышенная влажность строительных конструкций; нарушение воздухообмена.

Выявлено, что повышенная влажность строительных конструкций возникает в результате:

- протечек, связанных с нарушением целостности кровли, авариями санитарно-технических систем, нарушением или отсутствием гидроизоляции;

- несоответствия общего сопротивления теплопередаче наружной стены требуемому сопротивлению по санитарным нормам [3, С. 5] (встречается в зданиях, построенных до 2000 г.); отсутствия утепления и пароизоляции оконных откосов при установке стеклопакетов. В этих случаях температура поверхности наружной стены, оконного откоса становится ниже температуры точки росы, что приводит к выпадению конденсата и увлажнению материала;

- нарушения пароизоляции или ее отсутствия в многослойных наружных стенах с утеплителем, расположенным на внутренней стороне стены. Сопротивление паропропусканию наружной стены в подобных случаях не удовлетворяет требуемому сопротивлению паропропусканию по санитарным нормам [3, С. 6], что приводит к выпадению влаги в толще конструкции, ее накоплению и увлажнению материала.

Нарушение воздухообмена в обследованных квартирах чаще всего связано с установкой герметичных пластиковых окон. Принцип вентиляции жилых квартир следующий [4, С. 24-25]: удаление воздуха производится из кухонь, ванных комнат и санузлов системами естественной вытяжной вентиляции, приток наружного воздуха (естественный, неорганизованный) – в жилые комнаты через окна. Расход приточного воздуха должен составлять не менее 3 м³/ч на 1 м² площади пола жилой комнаты или расхода воздуха, удаляемого вытяжной вентиляцией. Окна из стеклопакетов обладают хорошими теплозащитными качествами, а также звуко- и воздухопроницаемостью. Последнее свойство стеклопакетов, положительное с точки зрения снижения инфильтрации наружного воздуха и экономии тепловой энергии, приводит к нарушению воздухообмена в помещении.

Рассмотрим механизм процессов, протекающих в помещении при нарушении воздухообмена, на примере одной из обследованных квартир. Квартира расположена на последнем этаже панельного дома. При ремонте квартиры жильцы установили стеклопакеты с рамами из ПВХ. В первую же зиму наблюдалось выпадение конденсата на поверхности стекол и откосов. Через два года поверхности наружных стен, откосы окон были поражены плесневыми грибами, поверхность стекол покрыта конденсатом, воздух в комнатах сырой, со специфическим запахом плесени. Обследование квартиры проводилось при температуре наружного воздуха 0 °С (табл. 1).

Таблица 1 – Параметры воздушной среды

Наименование помещения	ФАКТИЧЕСКИЕ ЗНАЧЕНИЯ			НОРМАТИВНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ		
	t, °С	φ, %	тросы, °С	t, °С	φ, % не более	тросы, °С
Спальная	21	74	16,2	20	55	10,7
Гостиная	21,8	68	15,8	20	55	10,7
Кухня	21,8	55	13,5	18	55	8,8

Анализ результатов показал, что относительная влажность воздуха в жилых комнатах превышает максимально допустимую по нормам, температура точки росы при этом возрастает. Температура поверхности нижней части оконных откосов имела температуру (12,5-15,5) °С, нижняя часть панелей, удаленная от приборов отопления, – (14-16) °С, то есть ниже температуры точки росы. На этих поверхностях и наблюдалось выпадение конденсата.

По данным замеров расход воздуха, удаляемого из кухни, составил 30 м³/ч вместо 90 м³/ч, общий расход воздуха, удаляемого из квартиры вытяжной вентиляцией, – 80 м³/ч вместо 140 м³/ч по санитарным нормам [4, С. 31].

В таблице 2 представлены результаты лабораторных исследований образцов строительных материалов и проб воздуха на наличие микроорганизмов, повреждающих отделочные материалы.

Таблица 2 – Результаты микробиологических исследований образцов строительных материалов и проб воздуха

№ п/п	Место отбора, материал образца	Состав микроорганизмов
1	Кухня, стена под окном, обои	2 вида <i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i>
2	Гостиная, откос окна	<i>Aspergillus</i> , <i>Cladosporium</i> ,
3	Гостиная, стена, обои	<i>Penicillium</i> , <i>Cladosporium</i>
4	Проба воздуха в гостиной	2 вида <i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i>
5	Проба воздуха в детской	<i>Aspergillus</i>

Анализ полученных результатов позволил установить, что микроорганизмы – деструкторы строительных материалов, находятся в жизнедеятельном состоянии. Их рост провоцирует повышенная влажность воздуха и строительных конструкций. Обнаруженные плесневые грибы известны как наиболее агрессивные формы, обладающие высокой активностью разрушения камня, бетона, штукатурки и других строительных материалов.

Механизм развития биокоррозии в квартире можно описать следующим образом: установка стеклопакетов в квартире привела к нарушению воздухообмена и повышению относительной влажности воздуха, температура точки росы при этом увеличилась, началась конденсация влаги на поверхности оконных откосов и стен. Намокание стен привело к увеличению коэффициента теплопроводности материала и уменьшению общего сопротивления

теплопередаче отдельных участков панелей в 1,5 раза по сравнению с требуемым сопротивлением теплопередаче. Следствием этого явилось увеличение потерь теплоты, понижение температуры внутренней поверхности наружных стен и откосов, усиление конденсации влаги, дальнейшее намокание стен и развитие биоповреждений. За теплый период года наружная стена не успевала просохнуть, поэтому с каждым отопительным сезоном увеличивалась влажность материала, следовательно, возникали благоприятные условия для развития грибковых поражений строительных конструкций. Следует отметить, что именно нарушение воздухообмена явилось причиной появления грибковых поражений на стенах в данной квартире. При наличии нормативного воздухообмена фактическая относительная влажность воздуха в жилых комнатах в холодный период года обычно составляет не более (30-40) %. В этом случае при температуре воздуха 20 °С температура точки росы равна (2-5) °С, поэтому конденсация влаги на поверхности наружных стен не наблюдается даже тогда, когда общее сопротивление теплопередаче стены в нарушение санитарных норм оказывается ниже требуемого сопротивления теплопередаче. При установке стеклопакетов относительная влажность воздуха увеличивается, если температура поверхности стены становится ниже температуры точки росы, происходит выпадение конденсата, что приводит к намоканию стены и возникновению плесени.

Выводы. Необходимым условием возникновения биоповреждений строительных конструкций является появление влаги в материалах конструкции. Главной причиной развития биоповреждений и загрязнения воздуха спорами грибов является отсутствие или недостаточность воздухообмена в помещении. Нарушение воздухообмена в жилых зданиях чаще всего связано с установкой воздухопроницаемых окон, поэтому при установке стеклопакетов необходимо предусматривать организацию постоянного притока наружного воздуха в жилые комнаты в соответствии с нормами. Для обеспечения в помещении качества воздуха, отвечающего требованиям санитарных норм, риск возникновения и развития биоповреждений должен быть устранен на стадии проектирования при строительстве новых и реконструкции существующих зданий.

Список литературы / References

1. Андреев Е.И. Микробная коррозия и ее возбудители. – Киев: Наукова думка, 1980. – 287 с.
2. Негода Л.Л., Курмаева Т.С., Шитиков Д.Д. Экология помещений образовательных учреждений при возникновении биологических повреждений. Международный научно-исследовательский журнал. – № 11 (43). – Ч. 3. – 2015. – Екатеринбург. – С. 92 – 94.
3. СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий». М.: Минрегион России, 2012. – 30 с.
4. ТР-АВОК-4-2008. Технические рекомендации по организации воздухообмена в квартирах многоэтажного жилого дома. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2008. – 48 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Andreyuk E.I. Mikrobnaya korroziya i ee vozbuditeli [Microbial corrosion and its pathogens] – Kiev: Naukova dumka, 1980. – 287 p. [In Russian]
2. Negoda L.L., Kurmaeva T.S., Shitikov D.D. Ekologiya pomeshcheniy obrazovatelnykh uchrezhdeniy pri vozniknovenii biologicheskikh povrezhdeniy [Ecology of premises of educational institutions in the event of biological damage] // Mezhdunarodniy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Scientific and Research Journal] – No 11 (43). – P. 3. – 2015. – Ekaterinburg. – P. 92 – 94. [In Russian]
3. SP 50.13330.2012 «SNiP 23-02-2003 Teplovaya zashchita zdaniy». [SP 50.13330.2012 SNiP 23-02-2003 Buildings Heat Insulation] M.: Minregion Rossii, 2012. – 30 p. [In Russian]
4. ТР-АВОК-4-2008. Tekhnicheskiye rekomendatsii po organizatsii vozdukhoozbmena v kvartirakh mnogoetazhnogo zhiligo doma [Technical recommendations on the organization of air exchange in apartments of a multi-storey residential building] – M.: AVOK-PRESS, 2008. – 48 p. [In Russian]



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: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.046>Товмасын Л.А.¹, Севрюкова Г.А.², Исупов И.Б.³, Бочарова И.А.⁴, Герман Н.В.⁵¹ ORCID: 0000-0002-3571-9694, лаборант-исследователь,² ORCID: 0000-0002-7933-3523, доктор биологических наук,
Волгоградский государственный технический университет³ ORCID: 0000-0002-1272-4255, доктор медицинских наук,⁴ ORCID: 0000-0002-6907-584X, кандидат биологических наук,⁵ ORCID: 0000-0002-5425-4378, кандидат биологических наук,¹⁻⁵ Волгоградский государственный университет**ОСОБЕННОСТИ ЦЕРЕБРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ В ГРУДНЫХ ОТВЕДЕНИЯХ ЭКГ****Аннотация**

В статье рассматриваются результаты исследований особенностей церебральной гемодинамики в зависимости от локализации переходной зоны в грудных отведениях ЭКГ. Дана оценка функционального соотношения «церебральный приток – отток крови», величин суммарного пульсового кровенаполнения, уровня тонуса артерий сопротивления. Описаны возможные компенсаторные механизмы регуляции кровообращения головного мозга при проведении ортостатической пробы. Установлен факт избыточного реагирования резистивных мозговых артерий на ортостатическое воздействие у лиц с горизонтальным расположением сердца и с «неопределенной» локализацией переходной зоны в грудных отведениях.

Ключевые слова: кровоснабжение головного мозга, реоэнцефалография, электрокардиография, переходная зона в грудных отведениях ЭКГ.

Tovmasian L.A.¹, Sevriukova G.A.², Isupov I.B.³, Bocharova I.A.⁴, Herman N.V.⁵¹ ORCID: 0000-0002-3571-9694, research assistant,² ORCID: 0000-0002-7933-3523, PhD in Biology,
Volgograd State Technical University;³ ORCID: 0000-0002-1272-4255, MD⁴ ORCID: 0000-0002-6907-584X, PhD in Biology⁵ ORCID: 0000-0002-5425-4378, PhD in Biology¹⁻⁵ Volgograd State University**PECULIARITIES OF CEREBRAL HEMODYNAMICS DEPENDING ON THE LOCALIZATION OF TRANSITION AREA IN CHEST LEAD OF ECG****Abstract**

The article investigates the results of studies of the main features of cerebral hemodynamics depending on the localization of the transition zone in the chest leads of ECG. Functional relationship between “cerebral inflows – outflows of blood” is evaluated, as well as the values of total pulse blood filling, and the level of resistive arteries. The paper describes possible compensatory mechanisms for the regulation of cerebral circulation during orthostatic testing. We established excessive response of resistive cerebral arteries to orthostatic influence among individuals with horizontal cardiac localization or with “indeterminate” localization of the transition zone in chest leads.

Keywords: blood supply to the brain, rheoencephalography, electrocardiography, transitional zone in chest lead of ECG.

Введение. Системное и церебральное кровообращение организма человека и животных обусловлено электрофизиологическим потенциалом работы сердца, оптимальность которого зависит от направленности электродвижущей силы (электрической оси). Локализация переходной зоны в V₃ отражает равномерное распространение импульсной активности по отделам миокарда. Смещение локализации переходной зоны в грудных отведениях вправо или влево является начальным критерием донозологического отклонения в работе миокарда.

Целью исследования явилась оценка параметров церебральной гемодинамики в зависимости от локализации переходной зоны в грудных отведениях ЭКГ.

Материалы и методы исследования. Динамику параметров церебральной гемодинамики при проведении ортостатической пробы оценивали с помощью программного модуля «Реоэнцефалография» АПК «Валента». Локализацию переходной зоны в грудных отведениях определяли по ЭКГ (программный модуль «Электрокардиография» АПК «Валента»). Диагностический аппаратно-программный комплекс «Валента» имеет РУ № ФСР 2007/00259 от 26.03.2009; Санкт-Петербург, компания «Нео»; декларация о соответствии действительна до 13.04.2018. В исследовании приняли участие лица молодого возраста (86 человек) на добровольной основе с соблюдением принципов информированного согласия, средний возраст которых составил 19,7±1,4 лет. Распределение на группы было следующим: I – локализация переходной зоны в V₁-V₂; II – в V₃; III – в V₄-V₅; IV – локализация переходной зоны не определена (V_{ли}).

Результаты и обсуждение. В состоянии оперативного покоя наибольшие величины реографического индекса (РИ) во фронтально- и окципито-мастоидальном отведении левого полушария головного мозга (ФМл, ОМл) регистрировались в группе I (V₁-V₂) (2,38±0,54 у.е.; 1,16±0,10 у.е., соотв.), в то время, как обследуемые группы III (V₄-V₅) имели наименьшие величины РИ в ФМл и ОМл (1,63±0,15 у.е.; 0,86±0,26 у.е., соотв.). Группа V₄-V₅ также характеризовалась незначительным повышением уровня венозного оттока (ВО) в бассейне передней мозговой артерии слева (38,5±2,95 у.е.) по сравнению с группой I (V₁-V₂) (28,5±3,39 у.е.).

В отведении (ОМл) РИ обследуемых группы IV (V_{ли}) имел наименьшие величины (0,71±0,08 у.е.). В данном отведении показатель ВО имел максимальные значения в группе III (V₄-V₅; 133,5±25,6 у.е.), а минимальные величины в группе II (V₃; 39,16±8,07 у.е.).

В бассейне правого полушария головного мозга, в отведении FMп, РИ не имел существенных групповых различий. В отведении ОМп РИ имел наибольшие значения в группе I (V_1-V_2 ; $1,35 \pm 0,15$ у.е.) и наименьшие – в группе II (V_3 ; $0,66 \pm 0,11$ у.е.). В последней группе (V_3) суммарное пульсовое кровенаполнение почти в два раза ниже, чем в I, III и IV группах ($26,18 \pm 5,49$ у.е.; $54,71 \pm 6,2$ у.е.; $54,08 \pm 11,9$ у.е.; $44,14 \pm 10,8$ у.е. соотв.), что свидетельствует об оптимальных условиях венозного оттока крови из данной сосудистой области головного мозга.

Анализ данных РЭГ позволил установить, что на функциональное соотношение «церебральный приток-отток крови» оказывали влияние оба рассматриваемых фактора: принадлежность к той или иной группе сравнения и межполушарная асимметрия тонуса крупных церебральных артерий.

В состоянии оперативного покоя тонус мелких, резистивных артерий головного мозга, оцениваемый по индексу периферического сопротивления (ИПС), в отведениях FMл и ОМл наиболее высок в группе II (V_3 ; $1,86 \pm 0,13$ у.е.; $1,54 \pm 0,07$ у.е., соотв.). У обследуемых группы III (V_4-V_5) выявлено снижение тонуса артерий сопротивления в областях, снабжаемых кровью из бассейнов передней, средней, задней мозговыми артериями. Тонус артерий сопротивления правого полушария в отведении FM также наиболее высок в группе II (V_3 ; $1,95 \pm 0,23$ у.е.) и минимален в группе I (V_1-V_2 ; $1,6 \pm 0,9$ у.е.). В отведении ОМп тонус резистивных сосудов существенно повышен в группах II (V_3) и III (V_4-V_5). Однако в группе III (V_4-V_5) показатель ИПС имел большой разброс индивидуальных значений.

На основании полученных данных можно заключить, что в состоянии оперативного покоя уровень тонуса артерий сопротивления в большей степени взаимосвязан с групповой принадлежностью обследуемого, чем показатели суммарного пульсового кровенаполнения церебрального региона и венозного оттока крови из него. Функционально-топографические различия тонуса мелких артерий головного мозга выражены в группах незначительно.

В активной ортостатической пробе изменения важнейших параметров церебрального кровообращения существенно различались в группах сравнения. В группах I (V_1-V_2) и IV ($V_{\text{лн}}$) РИ несколько снижался во всех отведениях РЭГ. Причем в группе I (V_1-V_2) наиболее существенное снижение РИ отмечалось в отведениях FMл (на $0,62$ у.е.) и ОМп (на $0,48$ у.е.). В группе II (V_3) суммарное пульсовое кровенаполнение левого полушария оставалось на исходном уровне, однако, в обоих отведениях правого полушария РИ возрастал. В группе III (V_4-V_5) РИ в отведениях FMл, FMп изменялся незначительно; в отведениях ОМл, ОМп РИ имел выраженную тенденцию к уменьшению (до $0,65 \pm 0,3$ у.е.; $0,85 \pm 0,1$ у.е., соотв.). Показатель ВО уменьшался в ортостазе во всех группах сравнения, за исключением отведения ОМл обследуемых группы II (V_3). Очевидно, данная динамика ВО была обусловлена почти исключительно гравитационным перераспределением масс крови в ортостазе.

В группе I (V_1-V_2), на фоне ортостатической пробы, тонус резистивных артерий (показатель ИПС) увеличивался на $0,48$ у.е. В группе II (V_3) тонус мелких артерий снижался. В группе III (V_4-V_5) выявлен мозаичный, вариабельный характер изменений тонуса мелких артерий: наблюдалось умеренное повышение ИПС в ОМ отведении слева (на $0,87$ у.е.), тенденция к повышению ИПС в FMл и FMп (на $0,07$; $0,12$ у.е., соотв.) и снижение в отведении ОМп. В группе IV ($V_{\text{лн}}$) ИПС снижался лишь в отведении ОМл (на $0,92$ у.е.), имея слабую тенденцию к повышению в остальных отведениях.

Можно предположить, что в группах I и IV снижение притока крови в церебральный бассейн при переходе в вертикальное положение тела обусловлено уменьшением выброса крови левым желудочком сердца [1], [2]. В условиях ортостаза снижение перфузии ткани головного мозга кровью в группах I и IV, по-видимому, компенсируется миогенными механизмами ауторегуляции тонуса резистивных артерий головного мозга: развивается генерализованная констрикция мелких регионарных сосудов, транкапиллярное давление повышается, обеспечивая достаточность гисто-гематического обмена веществ в изменившихся условиях жизнедеятельности [3], [4]. На наш взгляд, это «избыточная» форма реагирования сосудистой системы, обусловленная относительным дефицитом регионарного кровотока.

Рассмотренный способ компенсации транзиторного ортостатического расстройства церебральной гемодинамики в группах II и III не востребован, поскольку пульсовой приток крови в церебральный бассейн в ортостатической пробе стабилен. В данных условиях тенденция к дилатации резистивных артерий является следствием оптимального способа регуляции мозгового кровотока.

Заключение. Церебральная гемодинамика лиц с горизонтальным расположением сердца и с «неопределенной» локализацией переходной зоны в грудных отведениях ЭКГ (группы I и IV) наименее адаптирована к активно реализуемым направленным гравитационным воздействиям. Указанное обстоятельство необходимо учитывать при проведении врачебного контроля, в практике диспансерных обследований студенческой молодежи, в физиологии физической культуры и спорта.

Список литературы / References

1. Заболотских, Н.В. Реакции центральной и церебральной гемодинамики во время активного ортостаза у здоровых лиц /Н.В. Заболотских //Физиология человека. – 2008. – № 5. – С. 71-77.
2. Зенков, Л.Р. Функциональная диагностика нервных болезней: руководство для врачей /Л.Р. Зенков, М.А. Ронкин. М.: МЕДпрессинформ, 2013. – 488 с.
3. Мозговое кровообращение здоровых людей с различными типами тонуса церебральных артерий в клино- и ортостазе /И.Б. Исупов, В.Б. Мандриков, Е.П. Горбанева [и др.] //Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2016. – № 2 (58). – С. 107-110.
4. Кузнецова, Д.В. Цереброваскулярная и кардиоваскулярная реактивность при артериальной гипертензии в юношеском возрасте: дис. ...канд. мед. наук: 14.03.03: защищена 26.09.14 /Кузнецова Дарья Владимировна. – Томск, 2014. – 118 с.
5. Tan, C.O. The role of myogenic mechanisms in human cerebrovascular regulation /C.O. Tan, J.W. Hamner, J.A. Taylor // J. Physiol. 2013. – Vol. 591(20). – P. 5095-5105.

Список литературы на английском языке / Rreferences in English

1. Zabolotskikh N.V. Reaktsii tsentralnoy i tserebralnoy gemodinamiki vo vremya aktivnogo ortostaza u zdorovykh lits [The response of central and cerebral hemodynamics during active orthostasis in healthy individuals] /N.V. Zabolotskikh // Fiziologiya cheloveka [Human physiology]. – 2008. – № 5. – P. 71-77. [in Russian]
2. Zenkov L.R. Funktsionalnaya diagnostika nervnykh bolezney: rukovodstvo dlya vrachey [Functional diagnostics of nervous diseases: guide for physicians] /L.R. Zenkov, M.A. Ronkin. M.: MEDpressinform. 2013. – 488 p. [in Russian]
3. Mozgovoye krovoobrashcheniye zdorovykh lyudey s razlichnymi tipami tonusa tserebralnykh arteriy v klino- i ortostaze [Cerebral blood flow of healthy people with different types of tone of cerebral arteries in klino- and orthostasis] /I.B. Isupov, V.B. Mandrikov, E.P. Gorbaneva and others //Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta [Bulletin of the Volgograd state medical University]. – 2016. – № 2 (58). – P. 107-110. [in Russian]
4. Kuznetsova. D.V. Tserebrovaskulyarnaya i kardiovaskulyarnaya reaktivnost pri arterialnoy gipertenzii v yunosheskom vozraste [Cerebrovascular and cardiovascular reactivity in hypertension in adolescence]: dis. ...of MD: 14.03.03: defense of the thesis 26.09.14 /Kuznetsova Daria Vladimirovna. – Tomsk, 2014. – 118 p. [in Russian]
5. Tan, C.O. The role of myogenic mechanisms in human cerebrovascular regulation /C.O. Tan, J.W. Hamner, J.A. Taylor // J. Physiol. 2013. – Vol. 591(20). – P. 5095-5105.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.168>Шаповалова Е.М.¹, Шидин А.В.², Бессонова Н.С.³¹Доктор биологических наук, доцент,²Кандидат медицинских наук, доцент,³Кандидат биологических наук,

Тюменский государственный медицинский университет

ВИТАМИН С И АНТИОКСИДАНТНАЯ ЗАЩИТА**Аннотация**

В эксперименте на морских свинках показано, что изменения, вызываемые дефицитом или отсутствием витамина С в питании в течение первых 2-6 недель, практически предупреждаются введением в рацион аскорбиновой кислоты, составляющей часть суточной потребности. А при количествах, превышающих потребность в 4-16 раз, в том же временном интервале наблюдается аналогичное по направленности и сопоставимое по степени ускорение липидпероксидации и снижение антиоксидантного потенциала тромбоцитов. В малых дозах аскорбиновая кислота обнаруживает антиоксидантный эффект, а в больших дозах (или при длительном введении малых доз) проявляет себя как прооксидант.

Ключевые слова: витамин С, липидпероксидация и антиоксидантный потенциал.

Shapovalova E.M.¹, Shidin A.V.², Bessonova N.S.³¹ PhD in Biology, Associate professor, ²MD, Associate professor, ³PhD of Biology,

Tyumen State Medical University

VITAMIN C AND ANTIOXIDANT PROTECTION**Abstract**

The experiment on guinea pigs showed that changes caused by the deficiency or lack of vitamin C in the diet during the first 2-6 weeks can be practically prevented by introducing ascorbic acid into the diet, which is part of the daily requirement. And at the amounts exceeding the need by 4-16 times within the same time interval, there is lipid peroxidation acceleration and antioxidant potential reduction of thrombocytes comparable in degree. In small doses, ascorbic acid shows antioxidant effect, and in large doses (or with long-term administration of small doses) manifests itself as pro-oxidant.

Keywords: vitamin C, lipid peroxidation and antioxidant potential.

Многие исследования посвящены изучению метаболических процессов, в которых участвует витамин С, нарушениям обменных процессов при С-авитаминозах или при С-дефицитных состояниях [1, С. 144]. Однако метаболические сдвиги, возникающие при патологических состояниях или экстремальных воздействиях связаны с изменениями, возникающими при С-витаминной недостаточности, иногда являются причиной ускоренного потребления витамина С и требуют дальнейшего углубленного изучения [2, С. 759], [3, С. 43]. Отмечена связь между антиоксидантной активностью витаминов и их способностью уменьшать выраженность нарушений гемостаза, вызванных разнообразными воздействиями [4, С. 41], [5, С. 80].

Цель исследования – изучить зависимость уровня сопряженных диеновых конъюгатов (ДК), полиеновых гидропероксидов (ТБК), периода индукции (ПИ) и скорости окисления (СО) в опытах на морских свинках, животных, не синтезирующих витамин С от отсутствия, дефицита и избытка аскорбиновой кислоты.

Для исследований были сформированы 9 групп животных по 5 морских свинок самцов (294±25). Изучали состояния, вызванные отсутствием, недостатком или избыточным содержанием аскорбиновой кислоты на данных животных, не синтезирующих витамин С. Кровь для определения показателей, характеризующих метаболизм, брали из яремной вены по 40 мл/кг, соблюдая требования гемостазиологии. Исследования проводили под контролем группы животных, которых содержали на рационе, сбалансированном по всем нутриентам, чтобы исключить влияние метеорологических факторов и сезонных ритмов. Доза аскорбиновой кислоты 5.5 мг на кг массы тела соответствует суточной потребности по результатам теоретического расчета с использованием данных о содержании витамина С в пищевых продуктах. Аскорбиновую кислоту разрушали в пище для животных, используя приемы автоклавирования и кипячения. При приготовлении С-гиповитаминозного рациона использовали питание без аскорбата, добавляя в него

возрастающее количество аскорбиновой кислоты, необходимой для потребления в сутки, ежедневно. При изучении эффекта витамина С, превышающие суточную потребность в 2, 3, 4, 8 и 16 раз, в виде водного раствора per os глазной пипеткой в утреннее время.

Для оценки состояния липидпероксидации и антиоксидантного потенциала использовали способ экстракции липидов и продуктов их первичного и вторичного окисления из биологических мембран избытком изопропилгептановой смеси. В экстракте определяли содержание сопряженных диеновых пероксидов (ДК) спектрофотометрическим методом при длине волны 232 нм. О концентрации вторичных продуктов окисления липидов, полиеновых гидропероксидов (ТБК), судили по величине интенсивности флуоресценции, зависящей от количества продукта взаимодействия малонового альдегида и 2-тиобарбитуровой кислоты при длине волны 535 нм.

Для оценки состояния антиоксидантного потенциала судили по тенденциям изменения значений периода индукции (ПИ) и скорости окисления (СО), характеризующей быструю и медленную стадии антиоксидантного потенциала, соответственно.

Выявили изменения уровня первичных (ДК) и вторичных (ТБК) продуктов липидпероксидации у животных, не синтезирующих витамин С, получавших рацион без аскорбиновой кислоты и с ее возрастающим количеством, составляющим 1.375, 2.75 и 4.125 мг/кг, что соответствует 25, 50 и 75 % от дозы аскорбата, необходимой организму в сутки (таблица 1). Полученные нами данные показывают, что при содержании морских свинок на рационе питания, не содержащем витамина С, в течение первой недели значимых изменений не происходит. Однако начиная со второй недели, растет концентрация липидпероксидов (ДК и ТБК) в тромбоцитах, а через 4 недели сокращается период индукции (ПИ), и растет скорость индуцированного окисления (СО), и это становится более выражено через 6 и 8 недель.

Таблица 1 – Значения показателей ДК, ТБК, ПИ и СО в тромбоцитах морских свинок, получавших аскорбиновую кислоту в дозах, равных потребности (контроль); не получавших; получавших аскорбиновую кислоту в дозах ниже потребности на 75, 50, 25%

(строки 1, 2, 3 и 4 - соответственно после 2, 4, 6 и 8 недель)

Показатели	Дозы аскорбиновой кислоты (мг/кг), вводимые морским свинкам (n = 5)				
	0.0	1.375	2.75	4.125	5.5
ДК, А/мг ЛП	0.083±0.002* 0.086±0.004* 0.097±0.004* 0.099±0.005*	0.082±0.005 0.083±0.006 0.089±0.004* 0.094±0.005*	0.080±0.007 0.081±0.006 0.084±0.003* 0.086±0.003*	0.079±0.004 0.077±0.005 0.080±0.002 0.083±0.004*	0.079±0.06
ТБК, ед./мг ЛП	0.48±0.01 0.53±0.04* 0.58±0.02* 0.62±0.03*	0.48±0.01 0.51±0.04 0.56±0.02* 0.61±0.10*	0.47±0.01 0.51±0.02 0.55±0.06 0.57±0.03*	0.48±0.09 0.45±0.07 0.47±0.08 0.52±0.02*	0.47±0.02
ПИ, мин/мл	73.1±1.06 65.2±1.04* 63.3±1.01* 55.6±1.04	71.5±1.04 66.4±2.06 64.3±1.14 57.2±1.04*	68.2±1.05 67.1±1.08 65.5±1.19 59.0±1.05*	72.5±1.07 73.2±1.06 68.7±1.09 71.1±1.03	70.1±2.00
СО, мм ³ /мл/мин	0.72±0.07 0.77±0.05* 0.82±0.04* 0.90±0.02*	0.69±0.08 0.74±0.07 0.78±0.05* 0.80±0.03*	0.67±0.06 0.70±0.07 0.71±0.06 0.77±0.06*	0.71±0.04 0.72±0.06 0.74±0.08 0.76±0.04*	0.68±0.04

Примечание: знак * - достоверное отличие от контроля (p<0.05)

При поступлении с рационом витамина С в количестве, составляющем 25% от суточной потребности, динамика сдвигов липидпероксидации сохраняется. Однако, прирост содержания сопряженных диеновых пероксидов менее выражен, составляет 16,0%, а полиеновых гидропероксидов – 29,8% через 8 недель. С увеличением количества витамина С до 50% и особенно до 75% от суточной потребности изменения в системе антиоксидантной защиты организма проявляются в меньшей степени, чем при 25% содержании аскорбиновой кислоты в пищевом рационе животных.

Видно также, что при наличии в рационе витамина С в количествах, составляющих лишь часть потребности в нем, сохраняется направленность сдвигов липидпероксидации и антиоксидантного потенциала, хотя степень изменений уменьшается. Ограничение сдвигов становится выразительнее с увеличением количества витамина С до 50% от потребности, а при увеличении до 75% от потребности сдвиги оказываются заметно меньшими и обнаруживаются лишь через 8 недель, будучи к этому сроку менее выраженными, чем на 2-й неделе при использовании рациона питания, не содержащего витамина С.

Таблица 2 – Значения показателей ДК, ТБК, ПИ и СО в тромбоцитах морских свинок, получавших аскорбиновую кислоту в дозах, равных потребности (контроль); получавших аскорбиновую кислоту в дозах, превышающих потребность в 2, 4, 8 и 16 раз (строки 1, 2, 3 и 4 – соответственно после 2, 4, 6 и 8 недель)

Показатели	Дозы аскорбиновой кислоты (мг/кг), вводимые морским свинкам (n = 5)				
	5.5	11.0	22.0	44.0	88.0
ДК, А/мг ЛП	0.079±0.06	0.074±0.007 0.068±0.009* 0.064±0.005* 0.058±0.006*	0.078±0.009 0.084±0.008 0.079±0.011 0.085±0.009*	0.081±0.009 0.077±0.007 0.075±0.007 0.089±0.004*	0.076±0.005 0.077±0.004 0.083±0.008* 0.090±0.008*
ТБК, ед./мг ЛП	0.47±0.02	0.50±0.03 0.43±0.04* 0.40±0.03* 0.37±0.05*	0.48±0.07 0.46±0.09 0.52±0.08 0.55±0.06*	0.47±0.08 0.49±0.09 0.50±0.07 0.57±0.03*	0.48±0.04 0.55±0.05* 0.59±0.04* 0.58±0.05*
ПИ, мин/мл	70.1±2.00	74.5±1.02 77.9±1.07* 82.6±1.09* 87.8±1.10*	74.2±1.07 72.7±1.06 75.5±1.11 64.0±1.03*	71.6±1.06 69.3±2.07 67.4±1.10 60.2±1.03*	70.3±2.05 68.7±1.02 67.9±1.10 66.2±1.06*
СО, мм ³ /мл/мин	0.68±0.04	0.67±0.04 0.62±0.04* 0.55±0.09* 0.51±0.04*	0.64±0.06 0.66±0.05 0.70±0.11 0.75±0.02*	0.60±0.06 0.59±0.05 0.73±0.09 0.78±0.06*	0.67±0.03 0.69±0.02* 0.70±0.05* 0.68±0.07*

Примечание: знак * - достоверное отличие от контроля ($p < 0.05$)

С двукратным увеличением количества витамина С в составе рациона, составляющим 11.0 мг/кг, уже через 4 недели снижается в тромбоцитах уровень сопряженных диеновых пероксидов на 12,7%, полиеновых гидропероксидов на 8,5%, скорость окисления на 8,8%, а также удлиняется период индукции на 11,1%. После 6 недель уровень ДК снижается на 20,3%, ТБК – на 14,9%, удлиняется ПИ на 17,8%, уменьшается скорость окисления на 19,1%. А через 8 недель от начала опыта сдвиги в том же направлении усиливаются (таблица 2).

С увеличением количества аскорбиновой кислоты в 4 раза выше потребности до 6-й недели отклонения не выявлялись, а через 8 недель уровень количества липидпероксидов ДК и ТБК оказался выше, чем в контрольной группе, уменьшился период индукции, и ускорился процесс перекисного окисления липидов. При введении витамина С в дозах, превышающих суточную потребность в 8 раз, тенденция роста содержания липидпероксидов и роста скорости окисления, наряду с тенденцией к укорочению периода индукции, выявилась через 6 недель, и отклонение в этом случае оказалось выше, чем при 4-кратной дозе аскорбиновой кислоты после 8 недель введения.

Установили, что увеличение дозы витамина С в 16 раз по сравнению с дозой, применяемой в контрольной группе, привело к тому, что значительнее проявились сдвиги показателей липидпероксидации и показателей антиоксидантного потенциала, появлялись они уже после 6 недель, однако сдвиг значений периода индукции был обнаружен лишь после 8 недель эксперимента.

Снижение антиоксидантного потенциала при С-авитаминозе является доказательством того, что аскорбиновая кислота способна активизировать энзимы антиоксидантной защиты организма, находящегося в состоянии оксидативного стресса – важнейшего составляющего компонента недостаточности витамина С.

Изменения, вызываемые дефицитом или отсутствием витамина С в питании в течение первых 2-6 недель практически предупреждаются введением в рацион 25, 50 и 75% от потребности витамина С, но при количествах, превышающих потребность в 4-16 раз, через шесть недель наблюдается ускорение липидпероксидации и ослабление антиоксидантной защиты организма. Изменения ускорения процессов перекисного окисления липидов и снижения антиоксидантного потенциала, вызванные гиповитаминозом при количестве аскорбиновой кислоты, составляющим 25% от суточной потребности и 8-16 кратным избытком этого витамина, аналогичны по направленности и сопоставимы по степени на протяжении 2-6 недель от начала опыта.

Список литературы / References

1. Витамин С (аскорбиновая кислота) и гемостаз (обзор) / Р. Г. Алборов, Л. А. Васильев, В. В. Кондаков и др. // Медицинская наука и образование Урала. – 2009. – Т. 10. – № 2. – С. 143-146.
2. Шаповалова, Е. М. Липидпероксидация и гемостаз у аскорбатзависимых животных при их содержании на рационе без аскорбата, с его дефицитом и избытком / Е. М. Шаповалова // Известия Самарского научного центра Российской Академии Наук. – 2009. – Т. 11. – № 1 (4). – С. 758-764.
3. Byshevsky, A. S. The connection between lipid peroxidation and thrombin-fibrinogen interaction / A. S. Byshevsky, A. Y. Rudzevich, E. M. Shapovalova and others // European Journal of Natural History. – 2017. – № 2. – Р. 43-46.
4. Бышевский, А. Ш. Интенсивность взаимодействия тромбин-фибриноген, липидпероксидация и толерантность к тромбину при дефиците витамина С / А. Ш. Бышевский, Е. М. Шаповалова, А. Ю. Рудзевич // Гематология и трансфузиология. – 2008. – Т. 53. – № 4. – С. 41-45.
5. Витамины, липидпероксидация и гемостаз / А. Ш. Бышевский, Е. А. Винокурова, С. Л. Галян и др. // Фундаментальные исследования. – 2008. – № 3. – С. 80-81.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vitamin C (askorbinovaya kislota) i gemostaz (obzor) [Vitamin C (ascorbic acid) and Hemostasis (review)] / R.G. Alborov, L.A. Vassiliev, V.V. Kondakov and others // Meditsinskaya nauka i obrazovaniye Urala [Medical Science and Education of the Urals] – 2009. – V. 10. – No. 2. – P. 143-146. [in Russian]
2. Shapovalova, E.M. Lipidperoksidatsiya i gemostaz u askorbatzavisimykh zhivotnykh pri ikh soderzhanii na ratsione bez askorbata, s ego defitsitom i izbitkom [Lipid Peroxidation and Hemostasis among Ascorbate-dependent Animals with the Diet without Ascorbate, with its Deficiency and Excess] / E.M. Shapovalova // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy Akademii Nauk [Proceedings of the Samara Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences] – 2009. – V. 11. – No. 1 (4). – P. 758-764. [in Russian]
3. Byshevsky, A. S. The connection between lipid peroxidation and thrombin-fibrinogen interaction / A. S. Byshevsky, A. Y. Rudzevich, E. M. Shapovalova and others // European Journal of Natural History. – 2017. - № 2. – P. 43-46.
4. Byshevsky, A. Sh. Intensivnost vzaimodeystviya thrombin-fibrinogen, lipidperoksidatsiya i tolerantnost k trombinu pri defitsite vitamina C [Intensity of Thrombin-fibrinogen Interaction, Lipid Peroxidation and Tolerance to Thrombin by Vitamin C] / A Deficiency. Sh. Byshevsky, E.M. Shapovalova, A. Yu. Rudzevich // Gematologiya i transfuziologiya [Hematology and Transfusiology] – 2008. – V. 53. – No. 4. – P. 41-45. [in Russian]
5. Vitaminu, lipidperoksidatsiya i gemostaz [Vitamins, Lipid Peroxidation and Hemostasis] / A. Sh. Byshevsky, E.A. Vinokurova, S.L. Galyan and others // Fundamentalniye issledovaniya [Fundamental Research] – 2008. – No. 3. – P. 80-81. [in Russian]

ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ / VETERINARY SCIENCEDOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.097>

Киселев Д.В.

ORCID: 0000-0003-3750-415X, Аспирант,

Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

**ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕРАПИИ
КИШЕЧНЫХ ИНВАЗИЙ, ИНФЕСТАЦИЙ ПОРОСЯТ И ТЕЛЯТ****Аннотация**

Представлены результаты исследований поросят в группах отъема и доращивания на кишечные нематоды, эймерии, изоспоры, балантидии и саркоптоидные клещи, а также телят - на криптоспоридии, эймерии и стронгилоидесы. Паразитарные болезни поросят и телят регистрируются преимущественно в смешанной форме и обуславливают отставание в росте, падеж. Актуальным является регулярный эпизоотологический мониторинг по кишечным инвазиям, инфестациям свиней и крупного рогатого скота. Цель исследований заключается в разработке оптимальных схем комплексной терапии вышеуказанных болезней. Для реализации задач проведено изучение эффективности отечественных этиотропных препаратов avermектинового ряда "Иверсан", "Монизен-PI", патогенетических средств "Эмидонол", "Фитодок - энтероспас", "Гельдиокс". Результаты исследований показали сокращение продолжительности реабилитационного периода, сроков выздоровления поросят и телят при использовании комплексной терапии. Для проведения лечебно-профилактических мероприятий в свиноводческих и молочных комплексах Центрального района Российской Федерации рекомендованы оптимальные схемы комплексной терапии.

Ключевые слова: поросята, телята, паразитициды широкого спектра действия, avermектины, "Иверсан", "Монизен-PI", "Эмидонол", "Фитодок - энтероспас", "Гельдиокс", экстенсивность.

Kiselev D.V.

ORCID: 0000-0003-3750-415X, Postgraduate Student,

Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev

**FEATURES OF INTEGRATED THERAPY OF INTESTINAL INVASIONS AND INFESTATIONS
OF PIGLETS AND CALVES****Abstract**

The article presents the results of testing piglets in weaning cohort and nursery to detect intestinal nematodes, eimeria, isosporas, balantidia and sarcophthoid mites, and testing calves to detect cryptosporidia, eimeria and strongyloides. Parasitic diseases of pigs and calves are recorded predominantly in a mixed form, slow down their growth and cause mortality. Regular epizootic monitoring of intestinal invasions and infestations of pigs and cattle is a topical issue. The aim of the research is to develop effective schemes for complex treatment of the above mentioned diseases. To implement the tasks, we have studied the effectiveness of domestic etiotropic medical preparations of the avermectin series "Iversan," "Monizen-PI," pathogenetic agents "Emidonol," "Phytodok-enterospas," and "Geldiox." The results of the studies showed a reduction in rehabilitation period duration and the time of recovery of pigs and calves when complex therapy is used. We developed effective schemes of complex therapy for the implementation of therapeutic and prophylactic measures in pig-breeding and dairy complexes of the Central District of the Russian Federation.

Keywords: piglets, calves, parasitocides of a wide spectrum of action, avermectins, Iversan, Monizen-PI, Emidonol, Fitodok-enterospas, Geldiox, extensivity.

Кишечные нематодозы, протозойные инвазии, акариозы распространены в свиноводческих, молочных комплексах, товарных фермах и причиняют значительный экономический ущерб [4, С. 34], [5, С. 30], [7, С. 192]. Основными причинами патологии у молодняка свиней, телят 1-4 месячного возраста являются смешанные

формы нематодозов ("larva migrans" *Ascaris suum*, *Strongyloides ransomi*, *S. papillosus*), протозойные инвазии (криптоспоридиоз, эймериоз, изоспороз, балантидиоз).

В ветеринарной практике остается актуальным усовершенствование этиотропной и патогенетической терапии заболеваний дыхательной системы и желудочно-кишечного тракта гельминтозной и протозойной этиологии, а также саркоптоидозов свиней и крупного рогатого скота.

Высокоэффективны при нематодозах, инфециях и их смешанных формах авермектины (производные почвенных микроорганизмов *Streptomyces avermectilis*), впервые появившиеся в Российской Федерации в 70-е годы 20 века [1, С. 16].

Протозойные инвазии в разных странах мира, а также в России удается успешно купировать, применяя неионофорные кокцидиостатики (толтразурил, диклазурил) [3, С. 47].

Оздоровительные мероприятия для поросят при обнаружении кишечных и тканевых гельминтозов в ранний постнатальный период играют большую роль, так как конституционный иммунитет формируется в возрасте 3-4 месяцев [6, С. 304].

Для проведения эффективных лечебных и профилактических мероприятий необходимо пользоваться новыми лекарственными противопаразитарными средствами и разработать оптимальные схемы дегельминтизации, противопротозойных и акарицидных обработок [2, С. 136].

При смешанных формах паразитарных болезней поросят и телят часто отмечают осложнения вторичной инфекцией с развивающейся патологией в тканях, органах и нарушением обмена веществ. Поэтому большое значение имеет своевременная диагностика, специфическая и патогенетическая терапия.

При клиническом исследовании поросят с подтвержденным диагнозом на смешанные инвазии установлено - уменьшение массы тела по сравнению с условно здоровыми животными аналогами, пониженный аппетит, двигательная активность снижена, угнетение, диарея, судороги. Симптомы саркоптоза (зуд, беспокойство, дерматит) выявлены у 30-42 % поросят в группах отъема. В последующем диагноз подтвержден с помощью лабораторных методов.

Паразитоцид "Иверсан" (в 1 мл содержит 40 мг ивермектина и вспомогательные компоненты) применяли перорально, растворяя необходимую дозу препарата в воде при утреннем поении из расчета 1 мл на 100 кг массы тела животных. Препарат для животных двух подопытных групп (по 8 и 14 голов) применялся двукратно с интервалом 12 дней.

При исследовании поросят подопытных и контрольных групп до применения препарата "Иверсан" отмечены следующие результаты: пониженный аппетит и двигательная активность, угнетение, признаки диареи (у отдельных животных фекалии с примесью крови), признаки дегидратации, очаговый дерматит, снижение кондиционных привесов.

По результатам клинического, копрологического и акарولوجического исследований поросят подопытных групп после выполненной этиотропной терапии с применением препарата "Иверсан" отмечено: у поросят первой исследуемой группы на 5-7 дни опыта улучшилось общее состояние, восстановился аппетит и двигательная активность, а через 10-12 дней - пришли в норму показатели суточных привесов; в другой исследуемой группе в вышеуказанные сроки отмечено значительное улучшение общего состояния, повышение аппетита, увеличение двигательной активности и кондиционных суточных привесов, диарея и симптомы дегидратации не выявлены.

На основании лабораторных исследований отобранных животных через 2 недели после применения препарата "Иверсан" получен отрицательный результат на кишечные нематоды и саркоптоидные клещи (*Sarcoptes suis*), в то время как паразитические простейшие (эймерии, изоспоры и балантидии) обнаружены. В контрольной группе поросят (5) на протяжении опыта отмечены симптомы желудочно-кишечных заболеваний и очаговый дерматит. При копроовоскопии и акарولوجическом анализе обнаружены яйца аскарид, эзофагостом, ооцисты и цисты кишечных паразитических простейших, а также личиночные и взрослые формы зудневых клещей.

По завершении основного опыта для поросят подопытных групп назначена комплексная терапия, включающая применение кокцидиостатика "Эймертерм" (толтразурил), патогенетических средств "Гельдиокс", "Эмидонол" и "Фитодок - энтероспас", обладающих соответственно антикокцидийным, регенеративным, антиоксидантным, противогипоксическим, антибактериальным, противовоспалительным и иммуностимулирующим действием. Схема комплексной терапии с использованием вышеуказанных препаратов следующая: "Эймертерм" в форме 5 % суспензии групповым способом с жидким кормом однократно в дозе 3 мл/10 кг массы; "Гельдиокс" 4 % в форме геля наружно 3-4 дня подряд на воспалительные участки кожи при саркоптозе; "Эмидонол" индивидуально перорально в дозе 0,5 мл/10 кг в течение 7 дней; "Фитодок - энтероспас", содержащий в качестве действующих веществ солянку листовничнолистную и корневища бадана, порошок, индивидуально перорально в дозе 3-5 г на животное в течение 2-4 дней подряд.

Побочное действие вышеуказанных специфических и патогенетических средств не установлено.

Диагностические исследования животных подопытных и контрольных групп проводили через 5 дней после применения антикокцидийного препарата «Эймертерм» (толтразурил) и патогенетических средств "Гельдиокс", "Эмидонол", "Фитодок - энтероспас".

Диагностические исследования поросят, участвовавших в опыте, проводили спустя 5 дней после применения антикокцидийного препарата «Эймертерм» (толтразурил) и патогенетических средств "Гельдиокс", "Эмидонол", "Фитодок - энтероспас".

В результате проведенных ежедневных исследований выяснилось, что физиологические показатели поросят, участвовавших в опыте, после применения комплексной терапии составляют 8-9 дней, а полный период реабилитации - 16-20 дней. При применении утвержденной на товарной ферме схемы лечения сроки клинического выздоровления и периода реабилитации более продолжительные соответственно три недели и два месяца.

В крупном молочном комплексе проведено испытание нового препарата "Монизен-PI". В своем составе данный препарат имеет два действующих вещества: празиквантел и ивермектин. Опыт по изучению эффективности паразитоцида выполняли в двух подопытных группах: первая группа – семь телят 4-5 мес. возраста, вторая группа – шесть телят 2,5-3 мес. Группа контроля включала 5 телят 3-4 мес. возраста.

При проведении копроовоскопических и ларвоскопических исследований перед началом опыта, были обнаружены следующие гельминты: *Chabertia ovina*, *Ostertagia* spp., *Strongyloides papillosus*.

По результатам проведенного опыта была составлена таблица, куда занесены все сведения по эффективному применению препарата "Монизен-PI".

Таблица 1 – Экстенсивность препарата "Монизен-PI" при стронгилоидозе и стронгилятозах желудочно-кишечного тракта телят

Группы Животных	Число исследованных	Инвазировано	ЭИ, %	Результаты исследований после дегельминтизации	ЭЭ, %
Подопытная группа №1 (бычки 4-5 мес.)	25	7	28	0	100
Подопытная группа №2 (бычки 2,5-3 мес.)	12	6	50	0	100
Контрольная (бычки 3-4 мес.)	5	4	80	дегельминтизацию не проводили	

Контрольные диагностические исследования по завершению опыта показали, что в фекалиях телят подопытных групп отсутствуют яйца и личинки стронгилоидозов и стронгилят желудочно-кишечного тракта (данные таблицы). В контрольной группе телят результаты копроовоскопических исследований на данные инвазии показали зараженность 4 из 5 инвазированных телят.

Для телят двух подопытных групп с клиническими признаками заболеваний при смешанных формах инвазий, кроме специфического препарата, применяли патогенетические средства "Эмидонол" 10 % (инъекционный) и "Фитодок - энтероспас". По результатам исследований, схема терапии с использованием препарата "Эмидонол" 10 % в дозе 7-12 мл (на одного теленка) один раз в день внутримышечно в течение пяти дней в комплексе с "Фитодок - энтероспас" перорально трех-, четырехкратно способствует сокращению сроков выздоровления у телят исследуемых групп до трех недель, в сравнении с животными из контрольной группы (1,5-2 месяца).

Эпизоотологический мониторинг по тканевым и кишечным нематодозам, протозоозам и акариозам свиней и крупного рогатого скота в хозяйствах Центрального района Российской Федерации позволяет своевременно проводить комплекс лечебных и профилактических обработок и предотвращать ущерб, наносимый фермам при данных заболеваниях. Применение разработанных схем комплексной терапии поросят и телят способствует сокращению сроков их выздоровления, уменьшению продолжительности реабилитационного периода и предупреждению падежа.

Список литературы / References

- Архипов И. А. Антигельминтики: фармакология и применение / И. А. Архипов // М. : Издательство Россельхозакадемии, 2009. - 405 с.
- Анисимова М. А. Смешанные инвазии свиней в Рязанской области (распространение, лечение, профилактика): дис. ... канд. вет. наук: 03.02.11 : защищена 14.11.13/ Анисимова Марина Алексеевна. – Санкт-Петербург., 2013 – 136 с.
- Кленова И. Ф. Ветеринарные препараты в России: справочник / И. Ф. Кленова, Н. А. Еременко // – М.: Сельхозиздат, 2000.– 543 с.
- Лочкарев В. А. Эймериоз крупного рогатого скота / В. А. Лочкарев // Ветеринария. – 2000. - № 3. – С. 33-34.
- Никитин В. Ф. Копроскопическая диагностика криптоспориоза и эймериоза телят / В. Ф. Никитин // Ветеринария. – 2002. - № 9. – С. 27-30.
- Новак М. Д. Иммуитет и эффективность ивермектин содержащего препарата при паразитарных болезнях свиней / М. Д. Новак, С. В. Енгашев, Э. Х. Даугалиева// Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями.: М. – 2015. – 304-307 с.
- Чилаев С. Ш. Гельминты крупного рогатого скота / С. Ш. Чилаев, А. М. Биттиров, Л. З. Шекихачева // Известия Оренбургского ГАУ. – 2008. – Т. 1. - №17-1. – С. 192-194.

Список литературы на английском языке / References in English

- Arhipov I. A. Antigelmintiki: farmakologiya i primenenie [Anthelmintics: pharmacology and application] / I. A. Arhipov // M.: Izdatelstvo Rossel'hoz'akademii, 2009. – P. 405. [in Russian]
- Anisimova M. A. Smeshannye invazii svinei v Ryazanskoi oblasti (rasprostranenie, lechenie, profilaktika) [Mixed infestations of pigs in the Ryazan region (distribution, treatment, prevention)]: dis. ... of PhD in Veterinary : 03.02.11 : defense of the thesis 14.11.13 / Anisimova Marina Alekseevna. – Sankt-Peterburg., 2013. – 136 p. [in Russian]
- Klenova I. F. Veterinarnie preparaty v Rossii: spravochnik [Veterinary preparations in Russia: reference book] / I. F. Klenova, N.A. Eremenko // – M.: Sel'hozizdat, 2000. – P. 543. [in Russian]
- Lochkarev V. A. Eimerioz krupnogo rogatogo skota [Eimeriosis of cattle] / V. A. Lochkarev // Veterinaria. – 2000. - № 3. – P. 33-34. [in Russian]
- Nikitin V.F. Koproscopicheskaya diagnostika kriptosporidioza i eimerioza telyat [Laparoscopic diagnosis of cryptosporidiosis and calf eimeriosis] / V. F. Nikitin // Veterinaria. – 2002. - № 9. – P. 27-30. [in Russian]

6. Novak M. D. Immunitet I effektivnost ivermektin sodержachego preparata pri parazitarnih boleznyah svinei [Immunity and efficacy of ivermectin-containing drug in parasitic diseases of pigs] / M. D. Novak, S. V. Engashev, E. H. Daugalieva // Teoria I practica borbi s parazitarnimi boleznyami [Theory and practice of combating parasitic diseases].: M. – 2015. – P. 304-307. [in Russian]

7. Chilaev S. Sh. Gelminti krupnogo rogatogo skota [Helminths of cattle] / S. Sh. Chilaev, A. M. Bittirov, L. Z. Shekihacheva // Izvestia Orenburgskogo GAU [Proceedings of Orenburg State University]. – 2008. – V. 1. - № 17-1. – P. 192-194. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.107>

Хохлова С.Н.¹, Симанова Н.Г.², Богданова М.А.³, Степочкин А.А.⁴, Фасахутдинова А.Н.⁵

¹ORCID:0000-0001-6528-5762, Кандидат биологических наук, доцент,

²ORCID: 0000-0003-4713-3380, кандидат биологических наук, доцент,

³ORCID: 0000-0002-1775-5771, кандидат биологических наук, доцент,

⁴ORCID: 0000-0003-4586-4681, кандидат ветеринарных наук, доцент,

⁵ORCID: 0000-0001-6743-2367, кандидат биологических наук, доцент,

Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ МОРФОГЕНЕЗА НЕЙРОЦИТОВ ДОМАШНИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ И ПТИЦ

Аннотация

К настоящему времени накопилось много исследований, посвященных изучению постнатального морфогенеза нейроцитов позвоночных. Большинство исследователей единодушно в том, что в постнатальном морфогенезе млекопитающих и птиц, особенно раннем, продолжается формирование нейроцитов. Также общепризнанным является и вывод о гетерохронии постнатального морфогенеза нейроцитов. Вместе с тем в доступной литературе мы не нашли попыток обобщения накопленных фактов о причинах гетерохронии морфогенеза нейроцитов, его возрастных границах, видовых и индивидуальных особенностях у домашних млекопитающих и птиц. Такие обобщения представляют несомненный интерес для теоретической и клинической неврологии, а также специалистов - животноводов.

Ключевые слова: узел, морфология, нервные клетки.

Khokhlova S.N.¹, Simanova N.G.², Bogdanova M.A.³, Stepochkin A.A.⁴, Fasahutdinova A.N.⁵

¹ORCID: 0000-0001-6528-5762, PhD in Biology, Associate Professor, ²ORCID: 0000-0003-4713-3380,

PhD in Biology, Associate Professor, ³ORCID: 0000-0002-1775-5771, PhD in Biology, Associate Professor,

⁴ORCID: 0000-0003-4586-4681, PhD in Veterinary, associate professor,

⁵ORCID: 0000-0001-6743-2367, PhD in Biology, Associate Professor,

Ulyanovsk State Agricultural Academy

SOME REGULARITIES OF NERVE CELL MORPHOGENESIS OF DOMESTIC MAMMALS AND BIRDS

Abstract

A lot of works devoted to the study of postnatal nerve cells morphogenesis were conducted for the recent years. The majority of the scientists agree that nerve cells continue the forming in the postnatal morphogenesis of mammals and birds, especially at early stage. The conclusion about the heterochronicity of the postnatal morphogenesis of neurocytes is also generally accepted. At the same time, in the works studied, we have not found any attempts to generalize the accumulated facts about the causes of heterochrony of nerve cells morphogenesis, its age boundaries, species and individual features of domestic mammals and birds. Such generalizations are of undoubted interest for theoretical and clinical neurology, as well as for specialists in cattle breeding.

Keywords: knot, morphology, nerve cells.

Настоящее сообщение является попыткой обобщения накопленных более чем за 20 лет в нашей лаборатории данных с учетом имеющихся в литературе.

Нейрогистологическими методами: Бильшовский - Грос, Кампос, Белецкий и др. с использованием элементов морфометрии исследовали постнатальный морфогенез нейроцитов центрального (мотонейроны спинного мозга, клетки Пуркинье мозжечка) и периферического (нейроны спинальных, экстра - и интрамуральных вегетативных ганглиев) отделов нервной системы домашних млекопитающих (крупный рогатый скот, свинья, собака, кролик) и птиц (курица). В качестве оценочных показателей морфогенеза нейроцитов учитывали объем их ядра и цитоплазмы, величину ядерно-плазменного отношения, морфологию дендритного аппарата и др.

Нами показана гетерохрония постнатального морфогенеза нейроцитов гомологичных ганглиев у разных видов животных (рис. 1), различных отделов и ганглиев нервной системы одного вида (рис. 2), однотипных клеток в различных участках кишечника (рис. 3а, в), разнотипных нейроцитов одного ганглия (рис. 3в, г).

В некоторых ганглиях гетерохронно развиваются и однотипные клетки, на что указывают наши и литературные данные о наличии незрелых клеток в интрамуральных ганглиях кишечника, спинальных ганглиях растущих и даже зрелых животных и человека. Гетерохрония морфологии нервных клеток проявляется в объеме их ядра и цитоплазмы, величине ядерно-плазменного отношения, структуре дендритного аппарата и других показателях. Вместе с тем следует отметить, что в некоторых нервных образованиях однотипные нейроны созревают и развиваются практически синхронно (мотонейроны одного сегмента спинного мозга свиньи и крупного рогатого скота, клетки Пуркинье коры мозжечка собаки и др.).

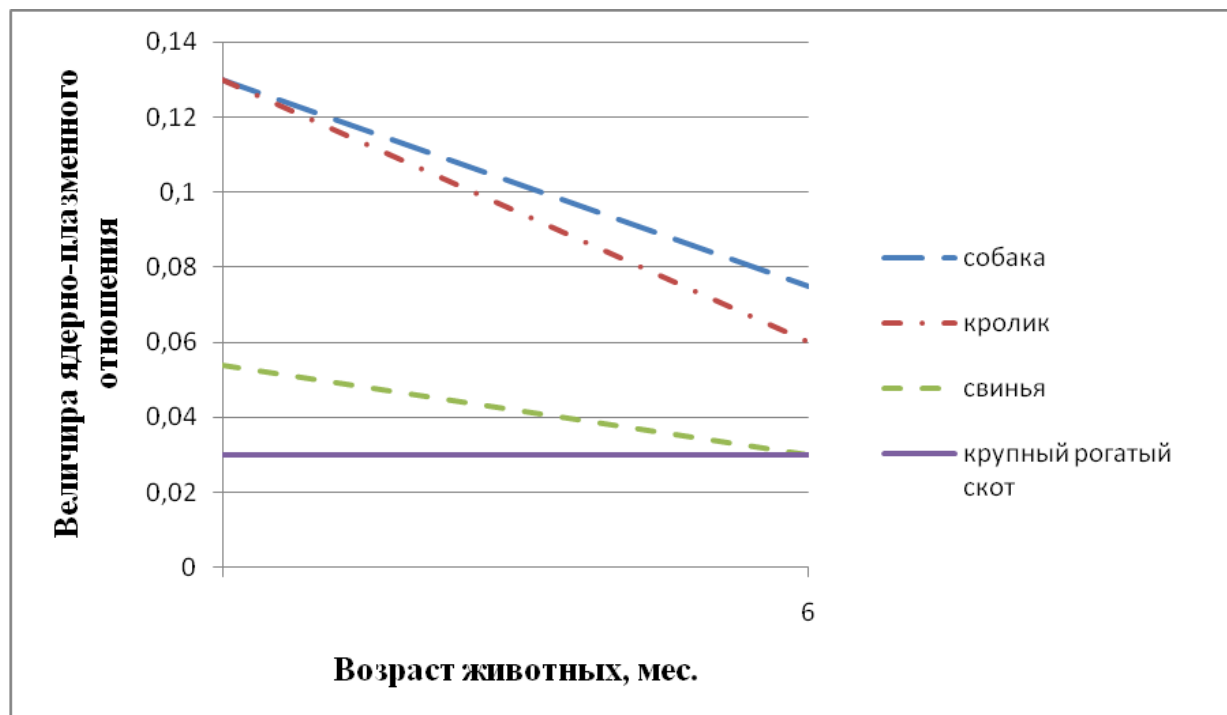


Рис. 1 – Возрастные особенности величины ядерно-плазменного отношения нейроцитов 1-го крестцового спинального ганглия у домашних животных; 1-собаки; 2-кролика; 3-свиньи; 4-крупного рогатого скота.

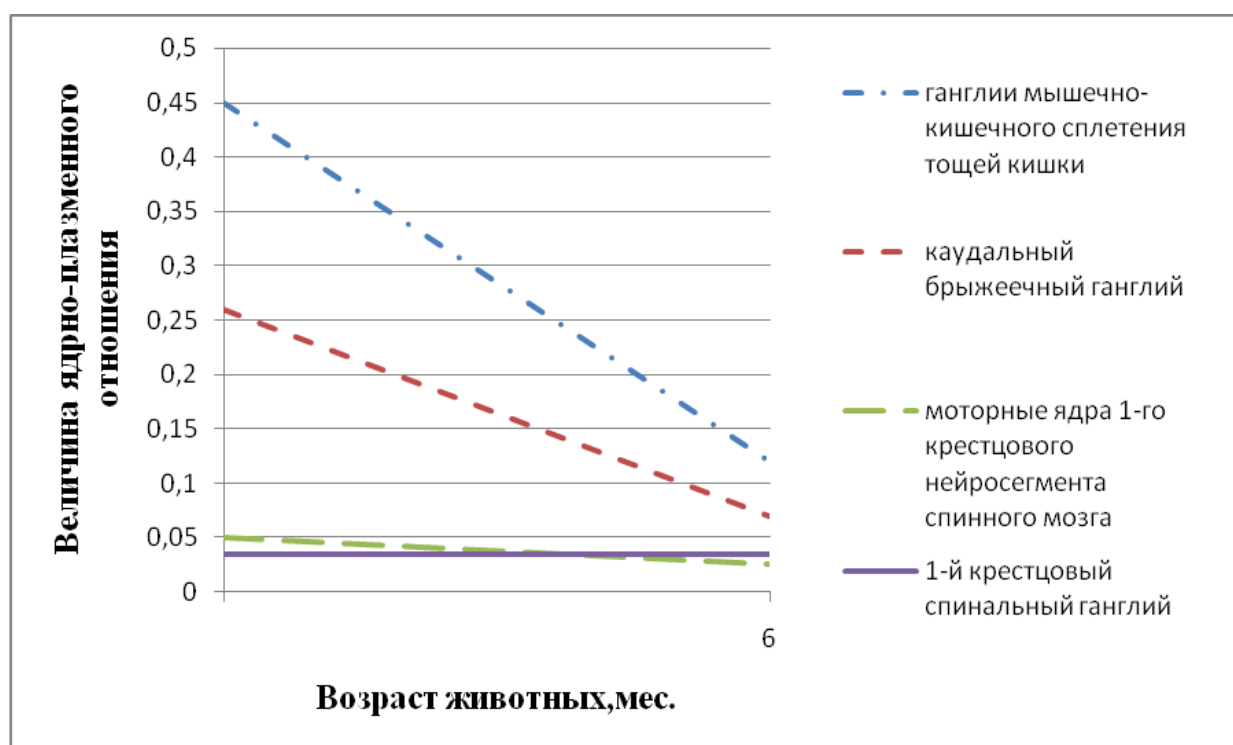


Рис. 2 – Возрастные особенности величины ядерно-плазменного отношения нейроцитов различных ганглиев и ядер свиньи: 1 – ганглиев межмышечно-кишечного сплетения тощей кишки; 2 – каудального брыжеечного ганглия; 3 – моторных ядер 1-го крестцового нейросегмента спинного мозга; 4-1-го крестцового спинального ганглия.

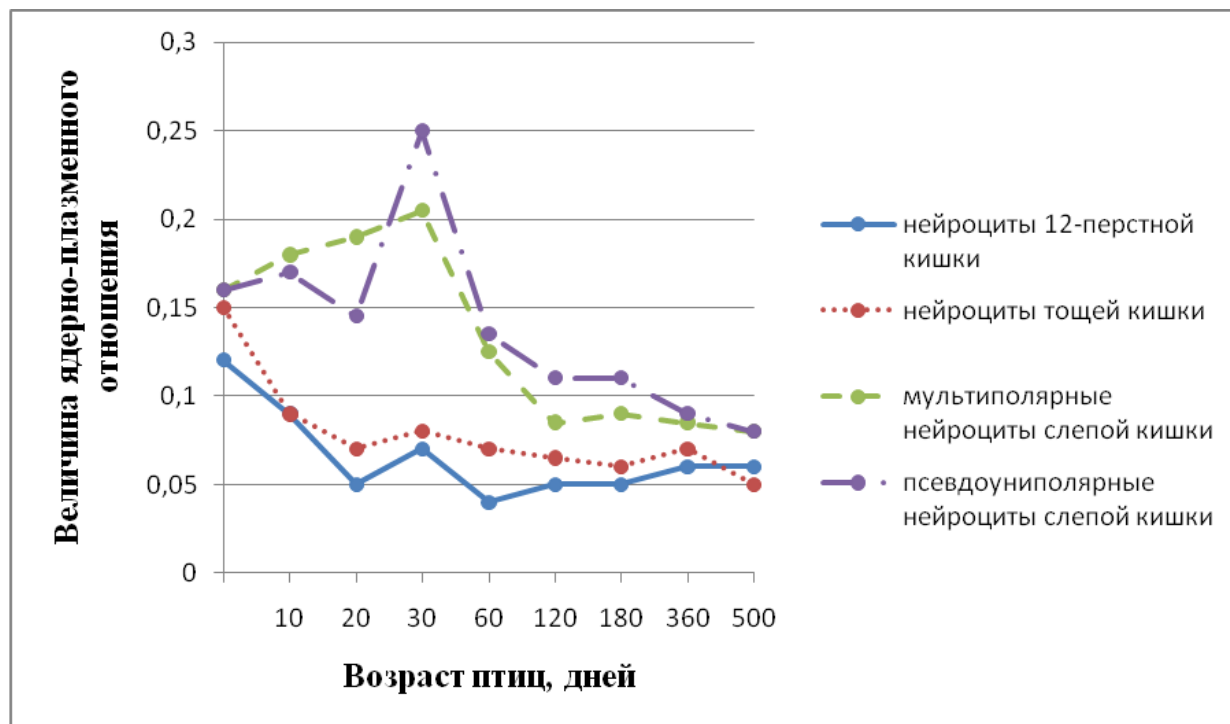


Рис. 3 – Возрастные особенности величины ядерно-плазменного отношения нейроцитов мышечно-кишечного сплетения кур. А – нейроциты 12-перстной кишки; Б – нейроциты тощей кишки; В – псевдоуниполярные нейроциты слепой кишки

Анализ результатов наших исследований показывает, что морфологические преобразования нейроцитов в той или иной степени продолжают на протяжении всего постнатального онтогенеза животных, однако наибольшим динамизмом отличается в этом отношении начальный этап последнего (рис. 3). Лишь период от наступления зрелости до старости животных характерен относительной стабильностью морфологии нейроцитов. Здесь нужно оговориться, что речь идет о достаточно стойких долговременных структурных изменениях нейронов, имея в виду, что экспериментально показаны Ю.Я. Гейнисманом, и значительные кратковременные, реактивные изменения морфологии нервных клеток в связи с изменением интенсивности функций и условий их жизнедеятельности.

На основании анализов результатов накопленного в нашей лаборатории материала мы пришли к заключению, что в основе гетерохронии постнатального (как и пренатального) морфогенеза нейроцитов лежит генетически обусловленная прямая коррелятивная связь между уровнями морфо-функциональной зрелости нервных и иннервируемых структур. Это подтверждается, в частности, данными, приведенными на рис. 1 - 3. Рис. 1 показывает, что у новорожденных телят и поросят, уже способных следовать за матерью, нервные клетки спинальных ганглиев по величине ядерно-плазменного отношения близки таковым половозрелых животных, тогда как у щенков и крольчат, рождающихся почти неспособными к активному передвижению, названный показатель далек от зрелого состояния. Этот же факт противоречит мнению о зависимости уровня зрелости нейроцитов от продолжительности периода внутриутробного развития. У собаки этот период вдвое длиннее, чем у крольчихи (соответственно 62 и 30 дней), а уровень зрелости исследованных нейроцитов одинаков. К аналогичному выводу приводит и анализ данных рис. 2, 3. Из данных рис. 2 следует, что у новорожденных поросят наиболее зрелыми являются мотонейроны спинного мозга, регулирующие деятельность функционально относительно зрелой скелетной мускулатуры. Наименее зрелы нейроциты мышечно-кишечного сплетения тощей кишки, иннервирующие ее компоненты, далекие от зрелого состояния. Рис. 3 свидетельствует об отставании морфогенеза нейроцитов мышечно-кишечного сплетения слепой кишки кур от такового тонкого кишечника. Этот факт согласуется с задержкой начала активной функции слепых кишок, о чем можно судить по отсутствию в них до 30-дневного возраста пищевых масс В.В. Батраков..

Противоречащим изложенному может на первый взгляд показаться гетерохрония постнатального морфогенеза однотипных нейронов одного и того же узла. Действительно, возникает вопрос: чем обусловлена гетерохрония морфологически и функционально однотипных нейроцитов одного спинального ганглия? Тем, по-видимому, обстоятельством, что одни из них осуществляют рецепцию с кожи, другие с аппарата органов движения, третьи внутренностей, то есть структур различного уровня морфо-функциональной зрелости. Аналогичную ситуацию можно предположить и в ганглиях интрамуральных нервных сплетений.

Наличие в интрамуральных ганглиях желудка и кишечника взрослых и даже старых животных значительного количества незрелых нейроцитов послужило некоторым исследователям В.М. Калетина, основанием считать последние «резервом» для восполнения естественной убыли нейронов. Подобная точка зрения вызывает вопрос: почему такого «резерва» до сих пор не обнаружено во многих других ганглиях? Во всяком случае, мы не видели его в моторных ядрах и симпатических ганглиях свиньи, ганглиозном слое коры мозжечка собаки и др. По-видимому, нужно искать другое объяснение этому факту. Возможно, что он связан с образованием в онтогенезе новых нейромоторных и нейросенсорных единиц в органах, структурные элементы которых (гладкая мышечная ткань, эпителий и др.) способны к гиперплазии. Тем более, что компенсация естественной убыли нейронов у старых животных показана за счет гиперплазии дендритов уцелевших клеток Ю.Я. Гейнисмана.

Прямую коррелятивную связь между уровнями морфо-функциональной зрелости нейронов и иннервируемых ими структур мы показываем в качестве одного из основных эндогенных факторов гетерохронного морфогенеза нейроцитов. Вместе с тем мы, как и другие авторы Л.И. Корочкин, и др. отмечаем усиливающиеся в онтогенезе влияния на эти процессы внешних экзогенных факторов, особенно функционального и алиментарного. При этом следует отметить, что названные экзогенные факторы отнюдь не вступают в противоречие с рассмотренным генетическим, а лишь изменяют его подвижность, выраженность и направленность.

Анализ данных, представленных на рис. 3,4 показывает, что наибольшая подвижность морфогенеза свойственна исследованным нейронам в раннем постнатальном онтогенезе животных, которому свойственно резкое усиление функциональной активности всех систем организма и, в частности, пищеварительной.

Различная степень выраженности проявлений морфогенеза видна на рис. 3. В третьей декаде после вылупления цыпленка у всех нейроцитов кишечника объем ядра нарастает быстрее объема цитоплазмы, вследствие чего увеличивается ядерно-плазменное отношение. Но особенно значительно увеличивается объем ядер псевдоуниполярных (чувствительных) нейроцитов слепых кишок, что совпадает с началом их активного функционирования.

Направленность идентичных показателей морфогенеза различных нейроцитов в отдельные периоды онтогенеза животных может быть совпадающей и несовпадающей. Примером первой может служить изменение величины ядерно-плазменного отношения нейроцитов 12-перстной и тощей кишок кур (рис.3а, б). Несовпадающую направленность морфогенетических процессов обнаруживает сравнение изменения объема перикариона нейроцитов интрамуральных (рис.4) и спинальных (рис. 5) узлов телят на втором месяце после рождения. Если объем первых в этот период значительно уменьшается, то объем вторых последовательно увеличивается. Сам факт разнонаправленности морфогенеза в приведенном примере заслуживает внимания. Следует учесть, что если сенсорная функция нейроцитов спинальных узлов в этот период резких изменений не претерпевает, то в деятельности кишечника наступают значительные изменения, обусловленные переводом телят с молочного на растительный тип кормления. Экспериментально показано Ю.Я. Гейнисманом, что достаточно сильное и длительное раздражение нейрона приводит к уменьшению объема его ядра и цитоплазмы. Сходное влияние изменения типа кормления на постнатальный морфогенез нейроцитов чревного ганглия нами показано в опыте с ранним (в месячном возрасте) отъемом поросят (рис. 6).

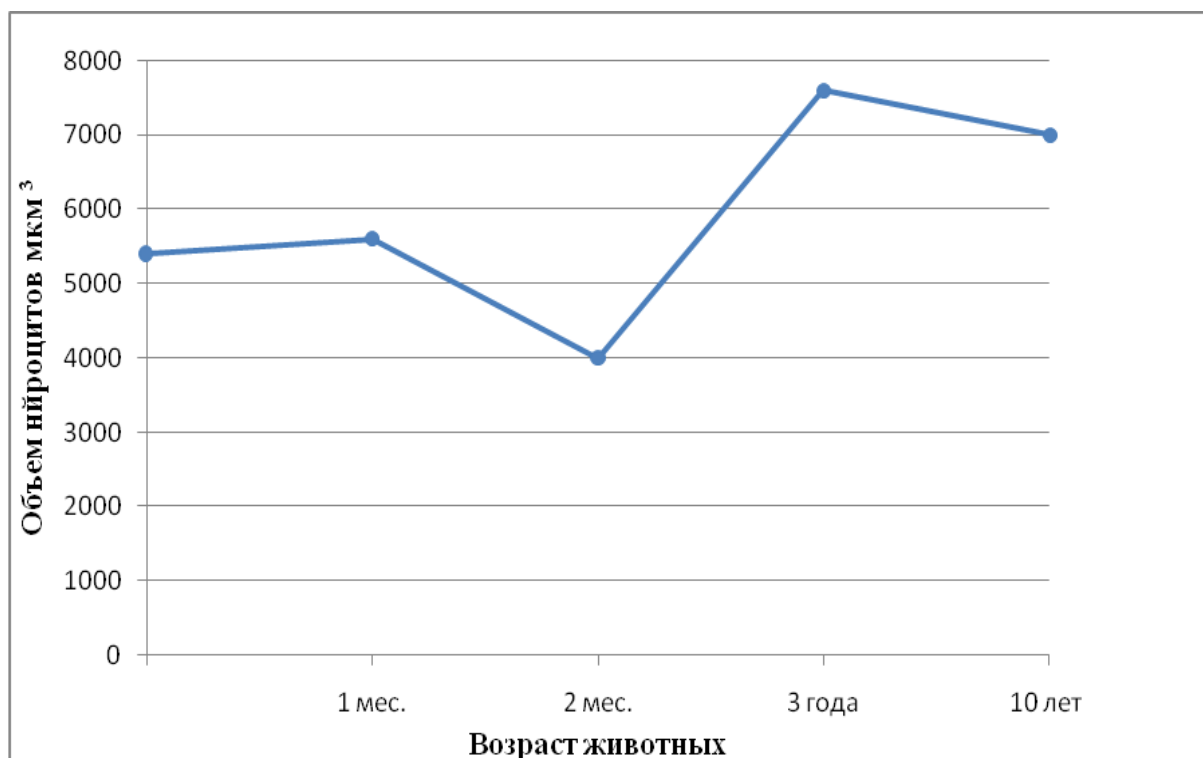


Рис. 4 – Возрастные особенности объема нейроцитов 1-го типа Догеля в ганглиях мышечно-кишечного сплетения слепой кишки крупного рогатого скота

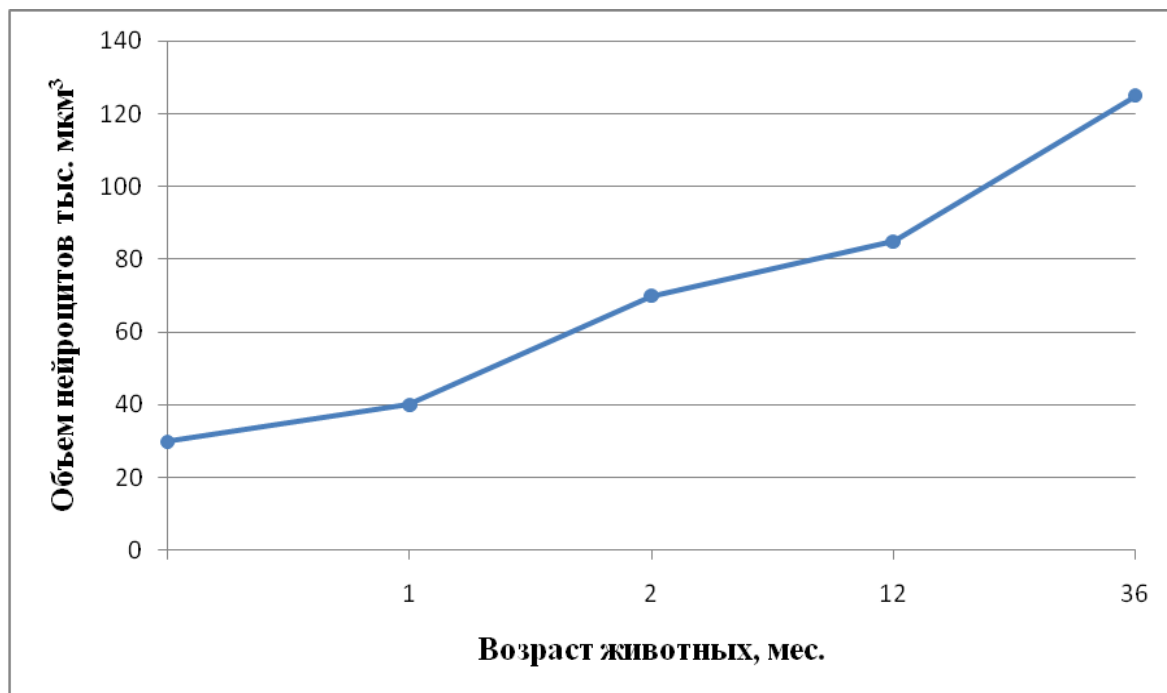


Рис. 5 – Возрастные особенности объема нейроцитов поясничных спинальных ганглиев крупного рогатого скота

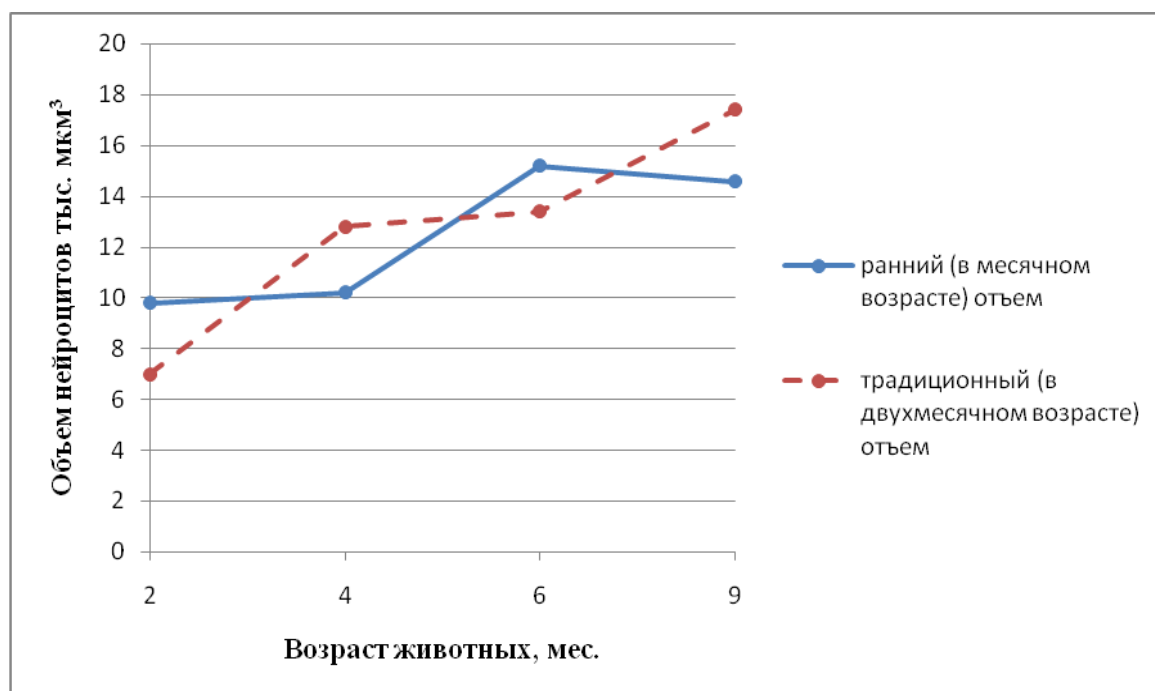


Рис. 6 – Возрастные особенности объема нейроцитов чревного ганглия поросят различных сроков отъема.

1 – у поросят раннего (в месячном возрасте) отъема;

2 – у поросят традиционного (в двухмесячном возрасте) отъема

Влияние условий кормления и содержания на постнатальный морфогенез нейроцитов показано нами и на примере интрамулярных нейроцитов кур, содержащихся в клетках в условиях птицефабрики и напольном в условиях личного подсобного хозяйства. Интенсивная технология содержания кур ускоряет постнатальный морфогенез нейроцитов кишечника, но вместе с тем обуславливает значительно более раннее (в 1,5-летнем возрасте) появление деструктивных явлений (пикнотизация, кариолизис и др.).

Мы далеки от мысли считать свои задачи решенными. Поднятые вопросы нуждаются в силу своей сложности и важности в дальнейшей разработке силами многих исследователей. К тому же рамки одной статьи исключают возможность детального обсуждения даже имеющихся результатов. Вместе с тем изложенное показывает, что при всей сложности, разнообразии и неоднозначности проявлений постнатального морфогенеза нейроцитов он подчинен определенным общим закономерностям, подвержен влиянию не только генетических, но и средовых, экзогенных факторов. Это влияние не может не учитываться в практике ветеринарии и животноводства.

ВЫВОДЫ

На основании полученных нами результатов и с учетом данных других исследователей мы считаем целесообразным выделить в постнатальном морфогенезе нейроцитов млекопитающих и птиц несколько периодов, отличающихся друг от друга подвижностью, выраженностью и направленностью формообразовательных процессов.

1. Ранний постнатальный период. В зависимости от продолжительности жизни вида длится от нескольких месяцев (домашние млекопитающие и птицы) до нескольких лет (человек). Характерными особенностями этого периода являются большая подвижность, выраженность морфогенеза нейроцитов, прогрессивная (ассимилятивная) его направленность.

2. Период полового созревания. Продолжается от начала полового созревания до наступления зрелости тела. Характерен умеренной подвижностью, выраженностью и прогрессивной направленностью морфогенеза нейроцитов, уравновешенностью прогрессивной (ассимилятивной) и регрессивной (диссимилятивной) их направленности.

3. Старческий период. Его началом можно считать прекращение репродуктивной функции у самок и соответствующий возраст самцов. Для него характерны малая подвижность и выраженность морфогенеза нейроцитов, преобладание регрессивной (диссимилятивной) его направленности.

Список литературы / References

1. Гистогенез дистального ганглия блуждающего нерва свиньи / Симанова Н.Г., Хохлова С.Н. // В сборнике: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. ФГОУ ВПО, Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия; 2009.- С. 102-104.

2. Использование музейных экспонатов по морфологии в учебном процессе / Н.Г. Симанова, С.Н. Хохлова, А.Н. Фасакхудинова, Т.Г. Скрипник // В сборнике: Инновационные технологии в высшем профессиональном образовании материалы.- Ульяновская ГСХА.- 2010.- С. 160-163.

3. Импрегнация нервных структур мозжечка крысы по методу Бильшовского-Грос / И.Д.Ипастова, Н.П.Перфильева, С.Н.Хохлова, С.Г.Писалёва, Н.Г.Симанова // Материалы международной научно-практической конференции.- Саранск, 2015.- С.66-69

4. Использование музейных экспонатов по морфологии в учебном процессе /Симанова Н.Г., Скрипник Т.Г., Хохлова С.Н., Фасакхудинова А.Н.// В сборнике: Инновационные технологии в высшем профессиональном образовании материалы Научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава академии. 2010.- С. 160-163.

5. Морфогенез нервной системы домашних животных / Симанова Н.Г., Хохлова С.Н., Фасакхудинова А.Н. Немецкая Национальная Библиотека. Saarbrücken, 2014.

6. Морфогенез спинальных ганглиев и спинного мозга кролика /А.Н.Фасакхудинова, Н.Г. Симанова, С.Н. Хохлова // Сборник статей международной научно-практической конференции.- Уфа, Аэтерна, 2015.- С. 32-42.

7. Симанова, Н.Г. Возрастные особенности миелоархитектоники шейного отдела блуждающего нерва свиньи и собаки / Н.Г. Симанова, Т.Г. Скрипник // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.- 2007.- № 1.- С. 62-64.

8. Симанова, Н.Г. Возрастные особенности строения стенки сфинктеров пищеварительной трубки у собак / Н.Г. Симанова // Материалы международной научно-практической конференции, 2003.- С. 71-72.

9. Учебная практика по анатомии домашних животных / Н.А. Жеребцов, Н.Г. Симанова, С.Н. Хохлова, А.Н. Фасакхудинова, В.М. Елин // Методические указания для студентов 1 курса по специальности "Ветеринария" / Ульяновская ГСХА, 2004. – 45 с.

10. Хохлова, С.Н. Возрастные изменения морфологии нервных узлов половой системы самок домашних животных/ С.Н. Хохлова, Н.Г. Симанова, М.А. Богданова, А.А. Степочкин, А.Н. Фасакхудинова //Международный научно-исследовательский журнал. – Екатеринбург, 2016. - № 4 (46). - Ч.5. - С. 65-68.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gistogenez distalnogo gangliya bluzhdayushchego nerva svinyi [Histogenesis of Distal Nerve Center of Vagus Nerve of Pig] / Simanova N.G., Khokhlova S.N. // Sbornik: Agrarnaya nauka i obrazovaniye na sovremennom etape razvitiya: opyt, problemy i puti ikh resheniya [Collected papers: Agrarian science and education at the present stage of development: experience, problems and ways to solve them] FSEI HPE, Ulyanovsk State Agricultural Academy; 2009. – P. 102-104. [In Russian]

2. Ispolzovaniye muzeynykh eksponatov po morfologii v uchebnom protsesse [Use of Museum Exhibits on Morphology in Educational Process] / N.G. Simanova, S.N. Khokhlova, A.N. Fasakhutdinova, T.G. Skripnik // Sbornik: Innovatsionniye tekhnologii v vysshem professionalnom obrazovanii materialy [Collected papers: Innovative technologies in higher professional education materials] - USAA.- 2010. – P. 160-163. [In Russian]

3. Impregnatsiya nervnykh struktur mozghechka krysy po metodu Bilshkovskogo-Gros [Impregnation of Nerve Structures of Parencephalon of Rat According to Bilshovsky-Gros Method] / I.D. Ipastova, N.P. Perfilyeva, S.N. Khokhlova, S.G. Pisaleva, N.G. Simanova // Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Materials of the International Scientific and Practical Conference] - Saransk, 2015. – P.66-69 [In Russian]

4. Ispolzovaniye muzeynykh eksponatov po morfologii v uchebnom protsesse [Use of Museum Exhibits on Morphology in Educational Process] / Simanova N.G., Skripnik T.G., Khokhlova S.N., Fasakhutdinova A.N. // Sbornik: Innovatsionniye tekhnologii v vysshem professionalnom obrazovanii, materialy Nauchno-metodicheskoy konferentsii profesorskko-prepodavatel'skogo sostava akademii [Collected papers: Innovative technologies in higher professional education, materials of the Scientific and Methodological Conference of Faculty members of the Academy]. 2010. – P. 160-163. [In Russian]

5. Morfogenez nervnoy sistemy domashnikh zhivotnykh [Morphogenesis of Nervous System of Domestic Animals] / Simanova N.G., Khokhlova S.N., Fasakhutdinova A.N. German National Library. Saarbrücken, 2014. [In Russian]

6. Morfogenez spinalnykh gangliov i spinnogo mozga krolika [Morphogenesis of Spinal Nerve Center and Spinal Cord of Rabbit] / A.N. Fasakhutdinova, N.G. Simanova, S.N. Khokhlova // Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Collected papers: The international scientific and practical conference] - Ufa, Aeterna, 2015.- P. 32-42. [In Russian]

7. Simanova, N.G. Vozrastniye osobennosti mieloarkhitoniki sheynogo otdela bluzhdayushchego nerva svinyi i sobaki [Age Features of Myeloarchitectonics of Cervical Region of Vagus Nerve of Pig and Dog] / N.G. Simanova, T.G. Skripnik //

Vestnik Uliyanovskoy gosudarstvennoy selskokhoziaystvennoy akademii [Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy]. - 2007. - No. 1. - P. 62-64. [In Russian]

8. Simanova, N.G. Vosrastniye osobennosti stroeniya stenki sfinkterov pishchevaritel'noy trubki u sobak [Age Features of the Sphincter Wall Structure of Digestive Duct of Dog] / Simanova N.G. // Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference] 2003. - P. 71-72. [In Russian]

9. Uchebnaya praktika po anatomii domashnikh zhivotnykh [Training on Anatomy of Domestic Animals] / N.A. Zherebtsov, N.G. Simanova, S.N. Khokhlova, A.N. Fasakhutdinova, V.M. Elin // Metodicheskiye ukazaniya dlya studentov 1 kursa po spetsialnosti "Veterinariya" [Methodological instructions for 1st year students on the specialty "Veterinary"] / Ulyanovsk State Agricultural Academy, 2004. - 45 p. [In Russian]

10. Khokhlova, S.N. Vozrastniye izmeneniya morfologii nervnykh uzlov polovoy sistemy samok domashnikh zhivotnykh [Age-related Changes in Morphology of Nerve Knots of Reproductive System of Female Domestic Animals] / S.N. Khokhlova, N.G. Simanova M.A. Bogdanova, A.A. Stepankin, A.N. Fasakhutdinova // Mezhdunarodniy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Scientific and Research Journal] - Ekaterinburg, 2016. - No 4 (46). - P.5. - P. 65-68. [In Russian]

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOGRAPHY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.154>

Хамина Н.В.

ORCID: 0000-0002-0515-2543, Аспирант,
Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,

Педагогический институт Иркутского государственного университета

ДИНАМИКА ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И ЦЕНТРЫ РАССЕЛЕНИЯ В РЕГИОНАХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Аннотация

В статье рассмотрены процессы в системе расселения Восточной Сибири на внутрирегиональном уровне. На основе статистического материала, разрабатываемого органами государственной статистики в разрезе муниципальных образований, и анализа результатов, показана неравномерность в динамике демографического потенциала, процессах расселения и освоённости территории по линии «центр-периферия». Отмечается концентрация населения в пользу центра, что снижает потенциал развития районов и городов, удалённых от административного центра региона.

Ключевые слова: Восточная Сибирь, центр-периферия, внутрирегиональный уровень, дифференциация, население.

Hamina N.V.

ORCID: 0000-0002-0515-2543, Postgraduate student
Institute of Geography named after V.B. Sochava, SB RAS,
Pedagogical Institute of Irkutsk State University

DYNAMICS OF THE DEMOGRAPHIC POTENTIAL AND THE CENTERS OF SETTLEMENT IN THE EASTERN SIBERIA REGIONS

Abstract

The paper considers processes in the settlement system of Eastern Siberia at the intra-regional level. The unevenness in the dynamics of the demographic potential, the settlement processes and the development of the territory along the "center-periphery" line is shown based on the statistical material developed by state statistics bodies in the context of municipalities and analysis of results. There is a concentration of population in favor of the center, which reduces the development potential of other districts and cities far from the administrative center of the region.

Keywords: Eastern Siberia, center-periphery, intra-regional level, differentiation, population.

Развитие регионов России в современном социально-экономическом пространстве выражается его территориальной дифференциацией: одни являются лидерами, «точками роста» и привлекательности, другие отстают и, находясь в состоянии стагнации, отдают свое население и ресурсы центру. Такие различия в развитии сложились исторически давно и со временем получили разные толкования и синонимы: периферия, окраина, глубинка и др. Чаще всего под *периферией* понимают удалённые от центров менее освоенные и экономически развитые территории. Изучение центр-периферийных процессов развития территорий имеет давний опыт исследования. Проблема неравномерности пространственного развития изучается в работах как зарубежных, так и российских исследователей. В контексте данной проблемы разработаны теории пространственного развития, не утратившие своей актуальности и в современных исследованиях, как например, теории В. Кристаллера, А. Вебера, Й. Тюнена и др. Классической становится теория «центр-периферия», разработанная Дж. Фридманом (1966 г.) в книге "Политика регионального развития: опыт Венесуэлы" [4]. Согласно концепции, пространственная поляризация и неравномерность экономического роста ведут к диспропорциям между центром и периферией. В статье, вышедшей в 1987 г., Б.Б. Родоман упоминает понятие «интрапериферия», тем самым вводя в науку понятие «внутренней периферии». Под «внутренней периферией» Б.Б. Родоман понимает «...территории (субареалы), расположенные скорее ближе к его центру, чем к окраинам, но обладающие такими чертами окраин, как относительно плохая

транспортная доступность, замедленное развитие, явное отставание по многим социально-экономическим показателям...» [1, С. 42].

Территориальные диспропорции формируются на всех уровнях развития. Наличие диспропорций и асимметрии в системе «центр-периферия» на внутрирегиональном уровне в полной мере подтверждается анализом основных социально-экономических показателей развития городов и районов сибирских регионов РФ, что, в свою очередь, определяет актуальность исследования территорий на внутрирегиональном уровне.

Современная Восточная Сибирь занимает важное положение в экономике и системе безопасности России. Это достаточно обширная часть пространства, занимающая более 40% площади территории страны. Регион выделяется уникальным по объему и качеству природно-ресурсным потенциалом.

В состав Восточной Сибири входят 7 субъектов РФ: четыре республики (Бурятия, Тыва, Саха (Якутия), Хакасия), два края (Забайкальский и Красноярский) и одна область (Иркутская).

Восточная Сибирь обладает внешними (значительную площадь ее территории занимают большие и труднодоступные малонаселенные пространства севера) и внутренними (межмагистральные и удаленные от центров территории внутри сравнительно обжитого пространства) признаками периферийности. Это наименее заселенный регион (6,4% населения России) с плотностью населения 1,28 чел./км². Так, плотность населения по Республике Саха составляет всего 0,31 чел./км², население здесь сосредоточено по берегам рек и в отдельных центрах добычи полезных ископаемых. Наибольшая плотность (8,72 чел./км²) наблюдается в южном регионе Восточной Сибири – в Республике Хакасия.

Из 187 административных районов 93 (что составляет почти 50%) возглавляются сельским населенным пунктом, 22% - поселком городского типа и 28% - городом. На 1 января 2016 года численность городского населения составила 72%.

Наиболее общим показателем периферийности, на наш взгляд, является сокращение населения муниципальных районов. В Восточной Сибири в целом с 1991 по 2015 г. численность населения сократилась на 11%. Особенно быстрыми темпами теряют население удаленные от центра региона районы. Основным фактором, способствующим такому снижению, является миграционная убыль населения. Такая динамика еще больше усиливает сокращение населения на периферии. Группировка районов региона по сокращению или увеличению численности населения представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Группировка районов Восточной Сибири по сокращению/увеличению численности населения в период 1991-2015 гг. (число районов)

Регион Восточной Сибири	Сокращение численности населения, %					
	50 и более	30-49	11-29	0-10	рост на 1-10	рост на 11 и выше
Иркутская область	2	9	13	3	3	2
Забайкальский край	1	15	10	3	2	0
Красноярский край	0	18	20	1	4	1
Республика Бурятия	2	1	14	0	2	2
Республика Саха (Якутия)	7	6	9	6	3	3
Республика Тыва	1	4	7	2	2	1
Республика Хакасия	1	2	4	0	0	1

Данная группировка позволила выделить районы, и установить зависимость динамики населения по степени удаленности от региональной столицы (рис. 1).

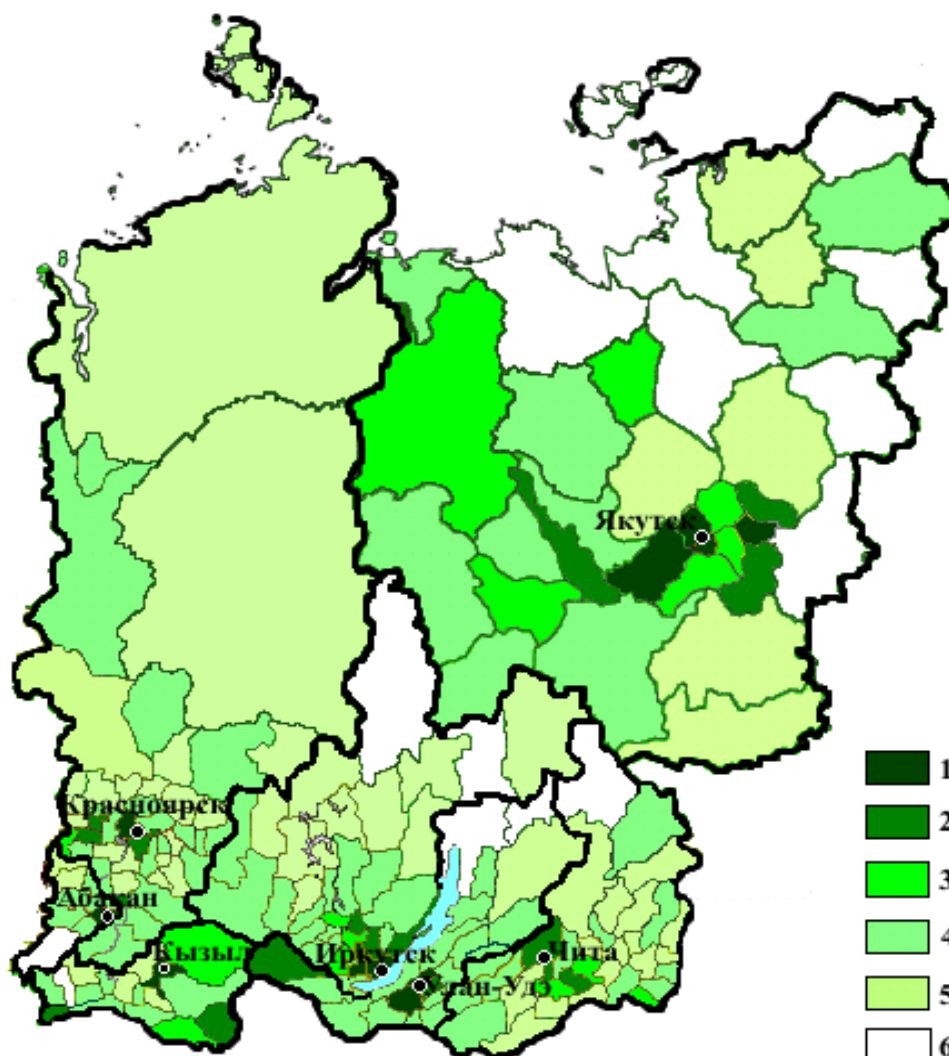


Рис. 1 – Сокращение/увеличение численности населения районов Восточной Сибири в период 1991-2015 гг., в %
 1 – рост населения на 11 и более %, 2 – рост населения на 0-10 %, 3- сокращение населения на 1-10 %, 4 – сокращение населения на 11-29 %, 5 – сокращение населения на 30-49 %, 6 – сокращение населения на 50 и более %.

Наиболее характерно снижение на 11-49%. В данную группу вошло наибольшее число районов, имеющие разный ранг соседства по отношению к региональному центру. Малые потери имеют муниципальные районы, находящиеся в непосредственной близости к административному центру (соседи 1-3 порядков), для таких же районов характерен рост населения (26 районов 1-2 порядков, реже – 3 порядка). Выделенные 14 районов с сокращением населения от 50% и выше относятся к дальней периферии и находятся на окраине регионов (Катангский и Мамско-Чуйский в Иркутской области, Северо-Байкальский и Муйский в Республике Бурятия, Каларский район в Забайкальском крае, Барун-Хемчикский кожуун в Республике Тыва, Булунский, Усть-Янский, Нижнеколымский, Верхнеколымский, Верхоянский, Оймяконский и Усть-Майский улусы (районы) в Республике Саха).

Кроме того, наибольшая плотность и рост населения совпадает с главными транспортными линиями. Здесь плотность сельского населения в лесостепной и степной полосе проживания может достигать 15-20 и более человек на 1 км². Здесь же расположена основная масса городов и центры Восточносибирского региона. К северу от железной дороги численность населения сокращается, а система расселения отличается мелкоселенностью.

На территории отдельного муниципального района население сконцентрировано в районном центре, либо в городах, имеющих статус городского округа и находящихся на территории административного района. Процент такой концентрации населения в городах может достигать от 9 до 87% (по расчетам на 2015 г.), где большинство городских округов концентрируют свыше 50% всего населения района, на территории которого расположены. Сельская периферия, в лучшем случае, устремляется в город на территории района, а население города – в более крупный город, либо за пределы региона. Административные центры концентрируют от 25 до 45% населения, что становится основным процессом в системе расселения Восточной Сибири и практически носит повсеместный характер (табл. 2).

Таблица 2 – Доля региональных центров в численности населения по регионам Восточной Сибири в 1991-2015 гг.

Регион Восточной Сибири	Доля региональных центров в численности населения, %					
	1991г.	1995г.	2000г.	2005г.	2010г.	2015г.
Иркутская область	21	21	22	23	24,2	26
Забайкальский край	28,5	25	24,3	27	29	32
Красноярский край	27,8	28	28,8	32,1	34,6	38
Республика Бурятия	34,3	35	36,4	36,8	41,7	44
Республика Саха (Якутия)	17,4	18,6	20,3	24,7	28	33
Республика Тыва	28,5	30	32,6	35	35	37
Республика Хакасия	27,4	28	30	30,6	31	33

На внутрирегиональном уровне основные центры роста – это, прежде всего, крупные города. От размера города зависит его влияние на окружающую территорию. Особенность в системе развития Восточной Сибири – это отсутствие во многих субъектах крупных городов, которые могли бы играть роль новых «полюсов роста». Для преодоления проблем возникновения депрессивных регионов важно наделить регионы новыми активными «точками роста». Кроме того, для достижения целей устойчивого развития регионов необходимо обеспечить условия развития каждого из муниципальных образований.

Таким образом, можно отметить, что для Восточной Сибири характерна сильная степень внутрирегиональной дифференциации. Ярко выраженная динамика системы расселения по линии «центр-периферия» складывается в пользу центра, что снижает потенциал развития районов и городов, сильно удаленных от административного центра субъекта. Это говорит о том, что для территорий необходимы, на наш взгляд, дифференцированные меры, направленные на поддержку и развитие территорий. Кроме того, учет особенностей центр-периферийных процессов может иметь важное теоретическое и практическое значение для понимания сложных вопросов к подходам формирования стратегий регионального устойчивого развития.

Список литературы / References

1. Родоман Б.Б. Российская внутренняя периферия: взгляд в разных приближениях, на разных уровнях // Российская глубинка - модели и методы изучения. Сборник статей. — М., Эслан, 2012 г., С. 41-49.
2. Friedmann J. Regional development policy. - Boston: Mass. Inst. Techn. - 1966.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Rodoman B.B. Russian internal periphery: a look in different approximations, at different levels // Russian outback - models and methods of study. Collection of articles. — М., Eslan, 2012, P. 41-49
2. Friedmann J. Regional development policy. - Boston: Mass. Inst. Techn. - 1966.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.056>

Ямашкин А.А.¹, Борисов А.А.², Ямашкин С.А.³, Зарубин О.А.⁴

¹Доктор географических наук, профессор, ²преподаватель,

³старший преподаватель, ⁴преподаватель, МГУ им. Н. П. Огарева

ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗОНИРОВАНИЕ МОРДОВИИ

Аннотация

В статье рассматривается актуальная проблема решения вопросов рационального использования почвенно-земельных ресурсов. Описаны принципы решения следующих задач с использованием региональной ГИС: синтетическое ландшафтное картографирование на основе дешифрирования многозональных космических снимков, выделение и типологическая классификация агрогеосистем, ландшафтно-экологическое зонирование сельскохозяйственных земель, разработка системы природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: ландшафты, зонирование, картографирование.

Yamashkin A.A.¹, Borisov A.A.², Yamashkin S.A.³, Zarubin O.A.⁴

¹PhD in Geography, professor, ²lecturer, ³senior lecturer, ⁴lecturer,

National Research Mordovia State University

LANDSCAPE-ENVIRONMENTAL ZONING OF MORDOVIA

Abstract

The paper considers the current issues on the rational use of soil and land resources. The author also presents the basic principles of solving the following problems using regional GIS: synthetic landscape mapping based on interpretation of multi-zonal satellite images, identification and typological classification of agroecosystems, landscape-environmental zoning of agricultural lands, development of a nature protection system.

Keywords: landscapes, zoning, mapping.

В условиях современного интенсивного земледелия большое значение приобретают вопросы рационального использования почвенно-земельных ресурсов, что в контексте мягкого управления достигается адаптацией хозяйственной деятельности к морфологической структуре ландшафтов, формированием адаптивно-ландшафтных систем. Проектные работы реализуются на базе региональной геоинформационной системы (ГИС), в которой в качестве центрального звена выступает синтетическая ландшафтная карта [6],[7].

Синтетическое ландшафтное картографирование на основе дешифрирования многозональных космических снимков. Решение этой задачи осуществляется по четырем основным направлениям: 1) автоматизация процесса

накопления информации, актуализация пространственных баз данных; 2) создание системы логико-математической обработки пространственно распределенной информации, при которой особое место отводится математико-картографическому моделированию; 3) автоматизация создания математико-картографических моделей объектов природопользования, природных процессов и явлений; 4) автоматизация анализа математико-картографических моделей для поддержки принятия решений при территориальном природопользовании. Если первая проблема направлена на создание пространственной базы данных, то последующие функционально от нее зависят.

Отметим, что синтетическое ландшафтное картографирование все чаще опирается на данные дистанционного зондирования Земли и их анализ с применением автоматизированных методов классификации. Такой подход позволяет извлекать необходимую объективную информацию с требуемой погрешностью и минимизацией расходов на полевые исследования интересующих территорий. Методика классификации земель основывается на инструментальном дешифрировании многозональных космических снимков, включающем исследование текстурных и спектральных свойств территории и построение ансамбль-систем [4].

Выделяемые в процессе ландшафтного картографирования геосистемы характеризуются общностью происхождения, развития и однотипностью взаимодействия поверхностных отложений, форм рельефа, водного и геохимического режимов, а следовательно, сходством морфологического строения почвенного профиля, водно-воздушного и теплового режимов почв, содержания и запасов гумуса и питательных веществ. Основными объектами картографирования являются урочища и географические местности, объединяемые в ландшафты или систематизируемые в типологические комплексы: классы, группы, типы, рода и виды [1], [2], [3].

На ландшафтной карте Мордовии (масштаба 1 : 200 000) выделено 24 ландшафта, в формировании структуры которых принимают участие 19 типов местностей, подразделяемых на 43 рода урочищ. В ландшафтах широколиственных лесов и лесостепей вторичных моренных и эрозионно-денудационных равнин выражена склоновая смена местностей и урочищ от лесных останцово-водораздельных и приводораздельных пространств к лугово-степным геокомплексам нижних (придолинных) участков склонов и долин рек. На водно-ледниковых равнинах вследствие слабого развития склоновых процессов преобладает ячеистая пространственная структура ландшафтов смешанных лесов.

Сопряженный анализ результатов ландшафтного картографирования и процессов хозяйственного освоения позволил выделить 5 типов агроландшафтов.

Агрогеосистемы луговых степей с доминированием в структуре почвенного покрова черноземов оподзоленных, черноземов выщелоченных, лугово-черноземных. Перечисленные почвы, являясь лучшими пахотными почвами, пригодны для возделывания практически всех районированных для республики культур. Агрогеосистемы образуют первый тип зоны, «особо ценные» – сельскохозяйственные земли со значением зернового эквивалента, превышающим среднее по республике на 30 %; в данной зоне возможно размещение любых сельскохозяйственных угодий.

В морфологической структуре ландшафтов проявляется склоновая микроразнообразие. На возвышенных приводораздельных пространствах и пологих склонах различных экспозиций распространены оподзоленные черноземы, а на нижних частях и шлейфах склонов – выщелоченные черноземы и лугово-черноземные почвы. В таком сочетании чаще всего они встречаются в границах одного севооборотного массива, а практически в границах большинства полей, имеющих размеры более 100–150 га.

Анализ рукописных карт генерального межевания земель и других исторических источников показывает, что агрогеосистемы функционируют не менее 300 лет и обладают наиболее высоким потенциальным плодородием. Мощность гумусового горизонта составляет не менее 45–50 см. Среди черноземов доминируют среднегумусные (6,0–8,0 % гумуса) виды. Запасы гумуса в пахотном слое 150–180, общего азота – 7,5–10 т/га. Состав гумуса характеризуется преобладанием гуминовых кислот. Почвы характеризуются высокой емкостью поглощения (28–45 мг/экв на 100 г почвы) и значительной гидролитической кислотностью (3–7 мг/экв на 100 г почвы). В составе поглощенных катионов преобладают Ca и Mg при соотношении от 3:1 до 5:1. Степень насыщенности основаниями составляет 85–95 %. Обеспеченность подвижным фосфором преимущественно низкая и средняя для зерновых и низкая для пропашных культур (5–10 мг на 100 г почвы), а обменным калием – средняя и высокая для зерновых, преимущественно средняя для пропашных (12–25 мг на 100 г почвы).

Равновесная плотность в пахотном слое составляет 0,95–1,25 г/см³. Запасы продуктивной влаги в слое 0–20 см составляют 320–430 м³/га. Почвы достаточно водопроницаемы и отличаются противоэрозионной устойчивостью. Все это позволяет считать их агрофизические свойства вполне удовлетворительными.

Агрогеосистемы могут быть использованы наиболее интенсивно в полевых, кормовых и специальных технических севооборотах. Насыщенность зерновыми и зернобобовыми можно довести до 70–80 % при условии слабой засоренности полей. В свеклосеющих районах удельный вес сахарной свеклы может быть доведен до 20–30 %, а в картофелеводческих хозяйствах доля картофеля в специальных севооборотах может составлять 50 % севооборотной площади. Важным вопросом в системе севооборотов на этих почвах является обоснование предшественников. Особое внимание следует уделять озимой пшенице, ячменю, гороху, сахарной свекле, картофелю и кукурузе.

Неустойчивая урожайность связана в основном с нерегулярным и ограниченным обеспечением растений влагой. Причем дефицит ее связан не с абсолютным недостатком влаги (среднее годовое количество осадков может достигать 500–550 мм), а с часто повторяющимися в весенне-летнее время засухами и суховеями, выпадением летних осадков в виде ливней большой интенсивности. В накоплении влаги в почве основное внимание следует уделять задержанию зимних осадков.

Агрогеосистемы лесостепи краевых частей вторичных моренных равнин с выщелоченными и оподзоленными черноземами, темно-серыми лесными супесчаными и легкосуглинистыми почвами. Агрогеосистемы формируют второй тип зоны – «средние и выше среднего». Почвы характеризуются меньшей

гумусированностью по сравнению с черноземами 1 зоны. Не высокое содержание гумуса, пониженное содержание элементов питания растений, слабая оструктуренность и распыленность обработкой пахотного слоя заметно понизили бонитет почв этой группы, однако они также пригодны для возделывания всех районированных в республике культур. Для повышения плодородия почв необходимо учитывать, прежде всего, их агрофизические особенности. В результате облегченного механического состава почвы быстрее прогреваются и достигают физической спелости, поэтому к их обработке весной можно приступить на 7–10 дней раньше. Почвы подвержены сильному и быстрому иссушению. В силу лучшей аэрации минерализация гумуса происходит быстрее, поэтому для поддержания положительного баланса требуется внесение не менее 15 т/га органических удобрений.

Агрогеосистемы широколиственных лесов приводораздельных пространств вторичных моренных равнин с серыми и светло-серыми лесными среднесуглинистыми, тяжелосуглинистыми и глинистыми почвами. Земледельческое освоение геосистем развивается со второй половины XIX в. Агрогеосистемы образуют третью зону, «ниже среднего» – сельскохозяйственные земли имеют значение зернового эквивалента ниже среднего менее, чем на 30 %.

Мощность гумусового горизонта для почв данной группы агроландшафтов варьирует в пределах 15–22 см, а содержание гумуса – 1,9–3,7 %. Запасы гумуса в пахотном слое светло-серых лесных – 50–70, серых лесных почв – 60–100 т/га. Запасы азота в пахотном слое от 2,5 до 5,0 т/га. По сравнению с черноземами, почвы обладают гораздо более слабой способностью к нитрификации, и содержание нитратов, даже в чистых парах, перед посевом озимых культур бывает недостаточным. Острый недостаток азота отмечается весной, перед посевом большинства ранних яровых культур, что следует обязательно учитывать при составлении системы удобрений. Сумма поглощенных оснований составляет 8–18 мг/экв на 100 г почвы. Гидролитическая кислотность варьирует от 3 до 5 мг/экв на 100 г почвы. Степень насыщенности основаниями составляет 50–75 процентов. Реакция почвенного раствора преимущественно среднекислая со значением pH солевой от 4,5 до 5,0. Преобладающая часть почв низко обеспечена фосфором, обеспеченность калием характеризуется в основном как средняя по зерновым и составляет 10–15 мг на 100 г почвы.

Почвы агроландшафта отличаются неблагоприятными агрофизическими свойствами. Объемная масса пахотного слоя колеблется в пределах 1,26–1,49 г/см³, общая порозность – не выше 45–52 %. Запасы продуктивной влаги в слое 0–20 см составляют 300–400 м³/га, в активном полуметровом слое – 700–800 м³/га. Водопроницаемость – 40–50 мм/час. Почвы способны впитывать осадки сильных дождей интенсивностью 0,5–1,0 мм/мин на протяжении всего 2–3 часов. Дальнейшее поступление влаги или же ливневые осадки интенсивностью выше 2 мм/мин приводит к перенасыщению верхнего, особенно пахотного, горизонта, так как он, как правило, подстилается «плужной подошвой» мощностью до 3–5 см, и развитию поверхностного стока.

По совокупности природных свойств почвы наиболее пригодны для возделывания зерновых культур, картофеля, однолетних и многолетних трав. Большое значение для подъема плодородия почв имеет создание мощного окультуренного пахотного слоя, который создается путем припашки на 3–5 см подпахотного горизонта. Так как последний заметно оподзолен, характеризуется кислой реакцией, слабой подвижностью питательных веществ и низкой гумусностью, углубление пахотного слоя с 18 до 27 см следует проводить в несколько приемов и преимущественно во время капитального ремонта полей в чистых парах, т. е. на фоне повышенных доз органических и минеральных удобрений при обязательном известковании и фосфоритовании.

Агрогеосистемы широколиственных лесов эрозионно-денудационных равнин с серыми лесными щепнистыми почвами. Природное плодородие почв заметно понижено, так как основная масса их представлена среднеэродированными видами, для которых характерна большая потеря гумуса и питательных веществ. В системе удобрений зерно-травяных севооборотов большое внимание должно уделяться органическим и сидеральным удобрениям, обязательному известкованию, использованию фосфоритной муки. Почвы группы пригодны лишь для возделывания зерновых культур сплошного сева, однолетних и многолетних трав. Почвы четвертой зоны – «малопродуктивные» имеют значение зернового эквивалента ниже среднего. Агрогеосистемы рекомендуется использовать в основном под размещение кормовых угодий.

Агрогеосистемы смешанных лесов водно-ледниковых равнин с серыми, светло-серыми лесными и дерново-подзолистыми почвами супесчанного и легкосуглинистого механического состава. Сельскохозяйственное освоение носит очаговый выборочный характер. Доминирующие почвы агроландшафта характеризуются низким содержанием гумуса и питательных веществ, низкой буферностью как в кислом, так и в щелочном интервалах. В связи с легким механическим составом почвы легки в обработке. Почвы бедны не только азотом и фосфором, но и обменным калием, что особенно следует учесть при возделывании калиефильных культур (картофель и др.). Пониженное содержание обменного магния делает предпочтительным использование в качестве известкового материала доломитовой муки.

Агрогеосистемы смешанных и хвойных лесов с дерново-подзолистыми почвами легкого механического состава и слабогумусированные пески. Мощность гумусового горизонта в среднем 12–17 см, содержание гумуса – до 1,7 процента, его запасы в пахотном слое – 18–50 т/га. Содержание азота, фосфора и калия – низкое и очень низкое. Реакция почвенного раствора – среднекислая (pH – 4,3–5,0), сумма поглощенных оснований – 2,0–5,0 мг/экв на 100 г почвы, величина гидролитической кислотности – 1,5–2,5 мг/экв. Почвы группы не насыщены основаниями и характеризуются крайне низкой буферностью в кислом и щелочном интервалах. Пахотный слой бесструктурен, имеет повышенную объемную массу (1,3–1,5 г/см³), низкие порозность (43–47 процентов), влагоемкость, диапазон активной влаги.

В комплексе мероприятий по повышению плодородия почв основное внимание должно быть обращено на резкое обогащение их органическим веществом, нейтрализацию кислотности и внесение полного минерального удобрения. В связи с низкой буферностью лучшими из азотных удобрений будут физиологически нейтральные и щелочные. Из фосфорных удобрений на почвах этой группы предпочтительнее суперфосфат, а лучшим известковым материалом

служит доломитовая мука, содержащая магний. Для всех видов органических удобрений рекомендуется обязательная разнотравная заделка. В связи с широким распространением торфяников в зоне почв этой группы самое широкое применение должны найти торфяно-торфяные компосты.

Выполнение требований воспроизводства плодородия почв агрогеосистем, возможно в рамках действия сельскохозяйственного, а точнее землеустроительного регламента, который разрабатывается для каждой выделенной территориальной зоны и формируется на основе данных: целевое назначение (категория земель), функциональное назначение (вид угода) и разрешенное использование (регламент). Агрогеосистемы выполняют важные ландшафтно-экологические функции по минимизации развития экзогенных процессов, стабилизации водного баланса территории, сохранения биологического разнообразия.

Список литературы / References

1. Ямашкин А.А. Структура региональной ГИС для целей ландшафтного планирования / А.А. Ямашкин, С.А. Ямашкин // Известия Смоленского государственного университета. 2014. № 4 (28) С. 305–314.
2. Ямашкин А.А. Ландшафтно-экологическое планирование системы ООПТ Пензенской области / А.А. Ямашкин, Л.А. Новикова, С.А. Ямашкин, Е.Ю. Яковлев, О.М. Уханова // Вестник Удмуртского университета. 2015. № 5-1. С. 24-33.
3. Ямашкин А.А. Пространственная модель ландшафтов западных склонов Приволжской возвышенности / А.А. Ямашкин, Л.А. Новикова, С.А. Ямашкин, Е.Ю. Яковлев, О.М. Уханова // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2015 Вып. 3. С. 124-132.
4. Ямашкин А. А. Геоэкологический анализ процесса хозяйственного освоения ландшафтов Мордовии. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та. 2001. – 232 с.
5. Ямашкин А.А. Геоэкологические исследования процессов хозяйственного освоения ландшафтов (на примере Республики Мордовия). Автореф. ... докт. геогр. наук. – Воронеж, 1999. – 33 с.
6. Ямашкин А. А. Электронная ландшафтная карта как инструмент ландшафтного планирования / А. А. Ямашкин, В. Н. Масляев // Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика: материалы XI Международной ландшафтной конференции, 22–25 августа 2006 г. – М. : географический факультет МГУ, 2006. – С. 707–710

Список литературы на английском языке / References in English

1. Yamashkin A.A. Struktura regionalnoj GIS dlja celej landshaftnogo planirovanija [The structure of the regional GIS for the purposes of landscape planning] / A.A. Yamashkin, S.A. Yamashkin // Izvestija Smolenskogo gosudarstvennogo universiteta [Smolensk State University Bulletin]. 2014. № 4 (28) P. 305–314. [in Russian]
2. Yamashkin A.A. Landshaftno-jekologicheskoe planirovanie sistemy OOPT Penzenskoj oblasti [Landscape-ecological planning of the PA system in the Penza region] / A.A. Yamashkin, L.A. Novikova, S.A. Yamashkin, E.J. Jakovlev, O.M. Uhanova // Vestnik Udmurtskogo universiteta [Bulletin of the Udmurt University]. 2015. № 5-1. P. 24-33. [in Russian]
3. Yamashkin A.A. Prostranstvennaja model landshaftov zapadnyh sklonov Privolzhskoj vozvyshennosti [Spatial model of landscapes of the western slopes of the Volga Upland] / A.A. Yamashkin, L.A. Novikova, S.A. Yamashkin, E.J. Jakovlev, O.M. Uhanova // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Ser. Biologija. Nauki o Zemle [Bulletin of the Udmurt University. Ser. Biology. Earth sciences]. 2015 №. 3. P. 124-132. [in Russian]
4. Yamashkin A. A. Geojekologicheskij analiz processa hozjajstvennogo osvoenija landshaftov Mordovii [Geoeological analysis of the process of economic development of the landscapes of Mordovia]. – Saransk: MRSU Publishing House. 2001. – 232 p. [in Russian]
5. Yamashkin A.A. Geojekologicheskie issledovanija processov hozjajstvennogo osvoenija landshaftov (na primere Respubliki Mordovija) [Geoeological studies of the processes of economic development of landscapes (on the example of the Republic of Mordovia)]. Author's abstract. ... of PhD in Geography. – Voronezh, 1999. – 33 p. [in Russian]
6. Yamashkin A. A. Jelektronnaja landshaftnaja karta kak instrument landshaftnogo planirovanija [Electronic landscape map as an instrument of landscape planning] / A. A. Yamashkin, V. N. Masljaev // Landshaftovedenie: teorija, metody, regionalnye issledovanija, praktika: materialy XI Mezhdunarodnoj landshaftnoj konferencii, 22–25 avgusta 2006 [Landscape science: theory, methods, regional studies, practice: materials of the XI International Landscape Conference, August 22-25, 2006]. – M. : geograficheskij fakultet MGU, 2006. – P. 707–710. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.003>Ямашкин А.А.¹, Ямашкин С.А.², Фролов А.Н.³, Зарубин О.А.⁴¹Доктор географических наук, ²Институт электроники и светотехники,³Кандидат экономических наук, ⁴Географический факультет,

ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва"

СИНТЕТИЧЕСКОЕ ЛАНДШАФТНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ В РЕГИОНАЛЬНОЙ ГИС**Аннотация**

В статье предлагается подход к развитию региональной ГИС, центральным звеном которой является электронная ландшафтная карта. Подчеркнута роль данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и их анализа с применением автоматизированных методов классификации. Приводятся следующие разработанные методики ландшафтной индикации: анализ инвариантных и динамических параметров окрестности, исследование морфометрических параметров как важнейшей инвариантной характеристики территории, выделение динамических границ геофизических участков, оценка геофизического разнообразия территории методом вычисления энтропии и характеристик изменения яркости, классификация геофизической оболочки с учетом параметров окрестности. Описаны особенности использования ансамбль-систем анализа данных ДЗЗ для мониторинга состояния земель и прогнозирования стихийных природных процессов.

Ключевые слова: ландшафтное картографирование, ГИС, электронная ландшафтная карта, данные ДЗЗ, дешифрирование.

Yamashkin A.A.¹, Yamashkin S.A.², Frolov A.N.³, Zarubin O.A.⁴¹PhD in Geography, ²Institute of Electronics and Lighting Engineering,³PhD in Economy, ⁴Faculty of Geography,

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

"National Research Ogarev Mordovia State University"

SYNTHETIC LANDSCAPE MAPPING IN THE REGIONAL GIS**Abstract**

The paper proposes an approach to the development of regional GIS, a central element of which is an electronic landscape map. The role of remote sensing data analysis using automated classification techniques is underlined. The following developed landscape indicators methodologies are mentioned: an analysis of the invariant and dynamic parameters of the neighborhood, the study of morphometric parameters, as the most important invariant characteristics of the territory, edge detection of geophysical areas, evaluation of geophysical diversity of the territory by the entropy and the characteristics of the brightness changes calculation, the classification of geophysical shell using neighborhood parameters. Features of ensemble systems usage for monitoring the condition of land and predicting natural natural hazards are described in details.

Keywords: landscape mapping, GIS, electronic landscape map, remote sensing data, interpretation.

Электронная ландшафтная карта как фундаментальный базис информационных ресурсов региональной ГИС. Ландшафтные карты долгое время считались в научном сообществе результатом исследований. Теперь же стало очевидным и доказанным, что ландшафтная карта должна не столько венчать исследование, сколько быть отправной точкой для дальнейших изысканий [1]. Она должна представлять собой основу геоэкологического анализа, охраны культурных ландшафтов и оптимизации их использования. Электронная ландшафтная карта (ЭЛК) является моделью поверхности земли, отображающую развитие, функционирование и размещение природных и природно-производственных комплексов. Электронные ландшафтные карты должны обеспечивать обобщение комплексной информации, выработку емких научных концепций, обоснование принятия управленческих решений по природопользованию.

Выделение относительно однородных по геофизическим и геохимическим свойствам участков земной поверхности позволяет оценивать состояние ландшафтов, прогнозировать их устойчивость к техногенным нагрузкам и развитие чрезвычайных природно-техногенных ситуаций [8, 11]. В научно-практической деятельности по оценке пространственно-временной структуры земной поверхности все большую значимость приобретают данные дистанционного зондирования Земли и их анализ с применением автоматизированных методов классификации.

Основные методы, используемые при развитии баз данных ЭЛК региональной ГИС. Ландшафтно-индикационный метод с использованием космических снимков позволяет по прямым и косвенным признакам выделить многие особенности развития геоэкологических процессов [2]. Необходимость повышения точности распознавания геофизических объектов при дешифрировании данных ДЗЗ определяет актуальность расширенного поиска новых методов получения информации.

Анализ динамических и инвариантных дескрипторов окрестности. Для того, чтобы сформировать информативную пространственно-временную характеристику геофизической оболочки, целесообразно опираться на системный анализ данных, которые описывают динамические и инвариантные состояния окрестности геофизического участка. Это обусловлено тем фактом, что анализ дескрипторов окрестности важен в определении свойств и класса территории, как и спектральные свойства земли [12].

Морфометрические параметры как информативный инвариантный дескриптор территории. Определение численных параметров и свойств рельефа способно дать важную инвариантную информацию об анализируемой территории. Аутентичными морфометрическими параметрами являются крутизна и экспозиция склонов. На практике рассчитываются и иные параметры: заболоченность, густота балочной расчлененности и гидрографической расчлененности, глубина эрозионного вреза и другие. Для вычисления этих параметров используется карта высот, прямоугольная матрица, каждый элемент которой содержит численное значение высоты сопоставляемой ей точки поверхности Земли.

Выделение динамических границ геофизических участков. Границы форм рельефа, типов почв, массивов растительности и других природно-территориальных компонентов часто коррелируют между собой, хотя в то же время эти взаимосвязи осложняются характером антропогенного воздействия на геосистемы. Закономерный интерес представляет анализ порогового изменения яркости граничащих друг с другом пикселей данных дистанционного зондирования Земли, так как резкие колебания этого параметра очень часто появляются на границах геосистем, в местах изменения отражательной способности поверхности и освещения. Основанный на этом положении алгоритм выделения динамических границ предложен в [7]. Его апробация показала, что в на начальном этапе выполнения алгоритма изображение необходимо подвергнуть предварительной обработке: сглаживание изображения полезно в борьбе с шумом, и его необходимо применять для того, чтобы сгладить нежелательные различия между величинами яркости соседних пикселей.

Оценка геофизического разнообразия земель методом расчета энтропии и параметров изменения яркости. Информативным параметром, характеризующим свойства территориального участка является мера разнообразия входящих в его состав компонентов. На уровне данных дистанционного зондирования Земли анализ этого параметра сводится к расчету степени разнообразия пикселей снимков в нескольких спектральных диапазонах [9], [4]. В качестве метрики разнообразия пикселей, принадлежащих в конкретной территории, целесообразно выбрать информационную энтропию, которая определяется в виде логарифмической функции. Анализ неоднородности окрестности геофизической поверхности и изменения спектральных яркостей объектов окрестности свидетельствует о том, что геофизическое разнообразие на локальном уровне зависит от особенностей литогенной основы и типа антропогенного воздействия.

Методика анализа геофизической оболочки через расчет дескрипторов окрестности. Анализ свойств окрестности информативен в диагностировании свойств и параметров территории, ибо позволяет диагностировать инвариантные и динамические свойства геофизической оболочки. Под окрестностью геообъекта понимается территория, расположенная в пределах определенного радиуса от него. Инвариантные и динамические дескрипторы можно определить при помощи описанных выше алгоритмов [6]. Анализ цветовых свойств так же важен в характеристике пространственных объектов. Комплексный учет дескрипторов окрестности можно определить путем составления вектора Фишера.

Апробация методики при классификации геофизических объектов на тестовых полигонах показала распределение итоговой точности классификации в пределах от 81 до 89 % (без учета окрестности), которая при учете дескрипторов окрестности возрастает до 97 %. Выявлено так же и то, что чрезмерное увеличение радиуса учитываемой окрестности часто приводит к закономерному понижению точности классификации.

Ансамбль-система анализа данных ДЗЗ для мониторинга состояния земель и прогнозирования стихийных природных процессов. Проведенный анализ текущей ситуации в сфере распознавания образов показал перспективность постановки экспериментов по повышению точности дешифрирования многозональных космических снимков на основе концепции Ensemble Learning. Ключевыми структурными элементами ансамбль-систем являются: набор моноклассификаторов, формируемый из отдельных алгоритмических блоков управляемой классификации; классификаторы могут иметь как одну природу, так и совершенно разную [5]; метаклассификатор – компонент, анализирующий результат классификации, предоставленный моноклассификаторами и принимающий итоговое решение о принадлежности объекта какому-либо классу [10].

Проведенные эксперименты подтвердили, что использование ансамбль-систем для анализа данных дистанционного зондирования Земли дает ряд преимуществ: позволяет понизить ошибки и повысить точность работы отдельных классификаторов через объединение их в систему; уменьшить влияние ошибки, исходящей из формирования тестовых и обучающих выборок, за счет ансамбль-анализа данных системой классификаторов, обученных на независимых группах данных [3]. Ансамбль-системы позволяют достичь решения задачи параметризации классификатора за счет совместного использования моделей одного класса с различными параметрами.

В рамках классификации геофизической поверхности тестового полигона «Чеберчинка» разработанная ансамбль-система показала лучший результат в сравнении с индивидуальными классификационными моделями (на 8,02 % точнее результата, показанного деревом принятия решений, – лучшей моделью из моноклассификаторов) и ансамбль-системами другой архитектуры (на 3,13 % точнее результата ансамбля, работающего на базе простого голосования и показавшего второй результат).

Применение ансамбль-систем позволяет оперативно проводить автоматизированный анализ больших объемов данных дистанционного зондирования Земли с целью тематического картографирования систем землепользования и анализа развития чрезвычайных ситуаций и стихийных природных процессов. Сравнительный анализ результативности работы отдельных моно-классификаторов и ансамбль-системы позволил сделать следующие выводы: ансамбль-система в сравнении с мономоделями в каждом случае показала лучший или близкий к нему результат; рассчитанная на практике эффективность ансамбль-системы значительно превышает худшую из эффективностей отдельных моноклассификаторов, позволяя избежать грубых ошибок классификации.

Ключевые пути дальнейшего развития синтетического ландшафтного картографирования. Следующим шагом развития ЭЛК как базового инструмента ландшафтного и хозяйственного планирования территории является сопряженное использование классической ландшафтной карты, определяющей инварианты природно-территориальных комплексов, с информацией об антропогенных системах и природных трансформациях земель. Решение этих вопросов в рамках региональной географической информационной системы производится в ходе разработки серий карт для планирования и оптимизации хозяйственного планирования и освоения земель.

Список литературы / References

1. Ямашкин А. А. Геоинформационные технологии в ландшафтном планировании и прогнозировании деструктивных геоэкологических процессов / А. А. Ямашкин, А. К. Коваленко // Мордовия: наука, инновации, новые технологии [Саранск]. 2004. № 2. С. 16 – 21.

2. Николаев В. А. Классификация и мелкомасштабное картографирование ландшафтов / В. А. Николаев. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1978. 62 с.
3. Ямашкин С. А. Гибридная система анализа данных дистанционного зондирования Земли / С. А. Ямашкин // Научно-технический вестник Поволжья. 2015. № 4. С. 173–175.
4. Федосин С. А. Технологический процесс решения задачи моделирования структуры землепользования на базе данных ДЗЗ / С. А. Федосин, С. А. Ямашкин // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. № 6. С. 356–359.
5. Ямашкин А. А. Применение ГИС в анализе морфологической структуры ландшафтов / А. А. Ямашкин, С. А. Ямашкин, А. А. Кликунов // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2013. № 3. С. 34–41.
6. Ямашкин А. А. Применение алгоритма выделения краев к решению задачи моделирования границ ландшафтов / А. А. Ямашкин, С. А. Ямашкин // Вестн. ВГУ, Сер. География, геоэкология. 2013. № 3. С. 68–78.
7. Ямашкин А. А. ГИС-моделирование ландшафтного разнообразия / А. А. Ямашкин, С. А. Ямашкин // Геодезия и картография. 2013. № 11. С. 40–46.
8. Ямашкин А. А. Структура региональной ГИС для целей ландшафтного планирования / А. А. Ямашкин, С. А. Ямашкин // Известия Смоленского государственного университета. 2014. №4. С. 305–314.
9. Ямашкин А. А. Использование нейронных сетей прямого распространения для ландшафтного картографирования на базе космических снимков / А. А. Ямашкин, С. А. Ямашкин // Геодезия и картография. 2014. № 11. С. 52–58.
10. Yamashkin A. A. Electronic Landscape Map GIS as a Base for Forecasting of Geoecological Processes / A. A. Yamashkin, S. A. Yamashkin // International conference «Natural Hazards – Links between Science and Practice» - Book of Abstracts. Belgrade, October 8 - 11th. 2013. P. 12.
11. Ямашкин А. А. Математико-картографическое моделирование электронной синтетической ландшафтной карты на основе космических снимков / А. А. Ямашкин, С. А. Ямашкин // Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение: материалы Международной конференции. Белгород, 2014. С. 161–177.
12. Yamashkin A. A. The Analysis of the Territory Economic development Planning for Cultural Landscape (by Example of Republic of Mordovia) / A. A. Yamashkin, S. A. Yamashkin // History and Geography: Meeting and Permeations. Belgrade, 2014. P. 43.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Yamashkin A. A. Geoinformacionnye tekhnologii v landshaftnom planirovanii i prognozirovanii destruktivnyh geoekologicheskikh processov [Geoinformation technologies in landscape planning and forecasting of destructive geoecological processes] / A. A. Yamashkin, A. K. Kovalenko // Mordoviya: nauka, innovacii, novye tekhnologii [Mordovia: science, innovation, new technologies] [Saransk]. 2004. № 2. P. 16 – 21.
2. Nikolaev V. A. Klassifikaciya i melkomasshtabnoe kartografirovanie landshaftov [Classification and small-scale mapping of landscapes] / V. A. Nikolaev. M., 1978. 62 p.
3. Yamashkin S. A. Gibridnaya sistema analiza dannyh distancionnogo zondirovaniya Zemli [The hybrid system of data analysis remote sensing of the Earth] / S. A. Yamashkin // Nauchno-tekhnicheskij vestnik Povolzh'ya [Scientific and technical Gazette of the Volga region]. 2015. № 4. P. 173–175.
4. Fedosin S. A. Tekhnologicheskij process resheniya zadachi modelirovaniya struktury zemlepol'zovaniya na baze dannyh DZZ [The process of solving the problem of modeling land use patterns on remote sensing data] / C. A. Fedosin, S. A. Yamashkin // Nauchno-tekhnicheskij vestnik Povolzh'ya [Scientific and technical Gazette of the Volga region]. 2014. № 6. P. 356–359.
5. Yamashkin A. A. Primenenie GIS v analize morfologicheskoy struktury landshaftov [The use of GIS in the analysis of morphological structure of landscapes] / A. A. Yamashkin, S. A. Yamashkin, A. A. Klikunov // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Biologiya. Nauki o Zemle [Bulletin of Udmurt University. Biology. Earth science.]. 2013. № 3. P. 34–41.
6. Yamashkin A. A. Primenenie algoritma vydeleniya kraev k resheniyu zadachi modelirovaniya granic landshaftov [Application of edge detection algorithm to the solution of tasks of modelling the boundaries of landscapes] / A. A. Yamashkin, S. A. Yamashkin // Vestn. VGU, Ser. Geografiya, geoekologiya [Vestn. VGU, Ser. Geography, Geoecology.]. 2013. № 3. P. 68–78.
7. Yamashkin A. A. GIS-modelirovanie landshaftnogo raznoobraziya [GIS modeling of landscape diversity] / A. A. Yamashkin, S. A. Yamashkin // Geodeziya i kartografiya [Geodesy and cartography]. 2013. № 11. P. 40–46.
8. Yamashkin A. A. Struktura regional'noj GIS dlya celej landshaftnogo planirovaniya [The structure of a regional GIS for the purposes of landscape planning] / A. A. Yamashkin, S. A. Yamashkin // Izvestiya Smolenskogo gosudarstvennogo universiteta [Izvestiya of the Smolensk state University]. 2014. №4. P. 305–314.
9. Yamashkin A. A. Ispol'zovanie nejronnyh setej pryamogo rasprostraneniya dlya landshaftnogo kartografirovaniya na baze kosmicheskikh snimkov [The use of neural networks of direct distribution to landscape mapping based on space images] / A. A. Yamashkin, S. A. Yamashkin // Geodeziya i kartografiya [Geodesy and cartography]. 2014. № 11. P. 52–58.
10. Yamashkin A. A. Electronic Landscape Map GIS as a Base for Forecasting of Geoecological Processes / A. A. Yamashkin, S. A. Yamashkin // International conference «Natural Hazards – Links between Science and Practice» - Book of Abstracts. Belgrade, October 8 - 11th. 2013. P. 12.
11. Yamashkin A. A. Matematiko-kartograficheskoe modelirovanie ehlektronnoj sinteticheskoy landshaftnoj karty na osnove kosmicheskikh snimkov [Mathematical-cartographic modeling of electronic synthetic landscape maps based on space images] / A. A. Yamashkin, S. A. Yamashkin // Ustojchivoe razvitie territorij: kartografo-geoinformacionnoe obespechenie: materialy Mezhdunarodnoj konferencii [Sustainable development of territories: cartographic and geoinformational support: proceedings of the International conference]. Belgorod, 2014. P. 161–177.
12. Yamashkin A. A. The Analysis of the Territory Economic development Planning for Cultural Landscape (by Example of Republic of Mordovia) / A. A. Yamashkin, S. A. Yamashkin // History and Geography: Meeting and Permeations. Belgrade, 2014. P. 43.

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOLOGY AND MINERALOGYDOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.167>Дашко Р.Э.¹, Нгуен Тьен Чунг.²¹Доктор геолого-минералогических наук, ²аспирант,

Санкт-Петербургский Горный университет

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ И СТРУКТУРЫ
КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА НЕКОТОРЫХ АРХИТЕКТУРНО-ИСТОРИЧЕСКИХ
ПАМЯТНИКОВ В ХАНОЕ****Аннотация**

Предложена концепция и структура комплексного инженерно-геологического мониторинга архитектурно-исторических памятников Ханоя. Анализируется специфика инженерно-геологических и гидрогеологических условий в пределах исторического центра Ханоя. Рассматриваются природные и техногенные факторы, оказывающие влияние на развитие различных процессов и деформаций архитектурно-исторических памятников. Предлагается содержание объектного инженерно-геологического мониторинга для Ханойского Кафедрального собора и Ханойской Флаговой башни.

Ключевые слова: архитектурно-исторические памятники, деформации, инженерно-геологический мониторинг, природные и техногенные факторы, структура мониторинга.

Dashko R.E.¹, Nguyen Thien Chung.²¹PhD in Geology and Mineralogy, ²postgraduate student,

St. Petersburg Mining University

**ENGINEERING AND GEOLOGICAL SUBSTANTIATION OF THE CONCEPT AND STRUCTURE
OF COMPLEX MONITORING OF SOME ARCHITECTURAL AND HISTORICAL MONUMENTS IN HANOI****Abstract**

The concept and structure of complex engineering and geological monitoring of architectural and historical monuments of Hanoi are proposed in the paper. The specificity of engineering, geological and hydro-geological conditions within the historical center of Hanoi is analyzed. Natural and man-made factors influencing the development of various processes and deformations of architectural and historical monuments are considered in the work. The content of the object engineering and geological monitoring for the Hanoi Cathedral and the Hanoi Flag Tower is proposed.

Keywords: architectural and historical monuments, deformations, engineering and geological monitoring, natural and technogenic factors, monitoring structure.

Ханой - сосредоточение архитектурно-исторических памятников, многие из которых включены в список объектов Всемирного культурного наследия и находятся под охраной ЮНЕСКО. Эти здания и сооружения требуют внимательного отношения с целью их сохранения и последующего функционирования. В настоящее время проблема обеспечения длительной устойчивости архитектурно-исторических памятников имеет особое значение в Ханое, где размещаются около 5900 памятников истории и культуры. Двести одиннадцать памятников испытывают длительные, серьезные и неравномерные деформации под влиянием ряда природных и техногенных факторов, что способствует развитию трещин в их несущих конструкциях, например, Ханойский Кафедральный собор, Доанмон ворота и Ханойская Флаговая башня и т.д.

Инженерно-геологическое обоснование необходимости организации и развития мониторинга в данной статье рассматривается для двух объектов, имеющих архитектурно-историческое, а также важное культурное значение: Ханойская Флаговая башня (1812 г.) и Ханойский Кафедральный собор (1886 г.) (рис. 1, 2).

Соответственно, возраст выше названных исторических зданий составляет 204 и 130 лет.



Рис. 1 – Ханойская Флаговая башня



Рис. 2 – Ханойский Кафедральный собор

Устойчивость архитектурно-исторических памятников в Ханое зависит не только от срока их функционирования, но и определяется сложными инженерно-геологическими условиями, изменением гидродинамической ситуации при использовании подземных вод неглубоко залегающего напорного водоносного горизонта, высокой степенью контаминации грунтовых вод и их агрессивностью по отношению к материалам подземных конструкций, периодическими затоплениями Ханоя при повышении уровня р.Красной в период выпадения дождей. Кроме того, необходимо учитывать, что Ханой расположен в сейсмической зоне.

В основании рассматриваемых памятников прослеживаются слабые водонасыщенные песчано-глинистые грунты, содержащие органические остатки с различной степенью их разложения свиты Хайхынг ($lbIV^{1-2}hh_1$) и Тхайбинь ($albIV^3tb_{1,2}$) (рис. 3) [2]. Отмечается значительная контаминация подземной среды, что выражается в изменении химического состава грунтовых вод – повышение содержания органических соединений, азота, серы, минерализации, снижения величины pH и Eh. Контаминация подземной среды стоками из систем водоотведения, прежде всего, канализационной системы приводит не только к негативным преобразованиям песчано-глинистых грунтов, но и сопровождается ростом численности и разнообразия подземной микробиоты, повышением содержания белков, липидов и углеводов – питательного и энергетического субстрата для микроорганизмов, что увеличивает биокоррозионную способность грунтовых вод и водонасыщенных грунтов по отношению к строительным материалам.



Рис. 3 – Схема распространения слабых водонасыщенных грунтов свиты Хайхынг ($lbIV^{1-2}hh_1$) [2]

Необходимо подчеркнуть, что в настоящее время водоснабжение в Ханое осуществляется за счет эксплуатации напорного водоносного горизонта плейстоцена (Qp). Длительное использование подземных вод этого горизонта привело к образованию обширной депрессионной воронки, что определило оседание земной поверхности в пределах изучаемой территории, а также далеко за ее пределами. В районах Бадинь и Хоанкем, где располагаются Ханойская Флаговая башня и Ханойский Кафедральный собор – оседание поверхности превысило 30 см и местами составляло 60 см, при этом мощность слабых грунтов превышала 10 м [4].

Вполне понятно, что деформации оседания поверхности при снятии напоров и повышении сжимающих напряжений в слабой грунтовой толще кардинально влияют на устойчивость зданий и особенно с большими сроком их эксплуатация.

Ханойская Флаговая башня является одним из символов города. Башня построенная в 1812 году во время последней феодальной династии (династия Нгуен), в отличие от многих других зданий Ханоя, не была разрушена. Во времена французского господства над Вьетнамом (1885-1954 год), она использовалась для наблюдения за окрестностями и как точка сообщения между штаб-квартирой и отдаленными военными постами. Её высота превышает 33 метра, а вместе с национальным флагом составляет более 40 метров. Эта красивая архитектурная достопримечательность представляет собой пирамиду с гранями, которая состоит из трех нижних этажей и собственно башни, построенных из кирпича.

- Первый этаж: каждая боковая сторона имеет длину в 42,5 м и высоту 3,1 м.
- Второй этаж: длина сторон достигает 27 м и высота - 3,7 м.
- Третий этаж с длиной 12,8 м и высотой 5,1 м.
- Восьмигранная башня высотой 21,5 м

Грунтовые воды характеризуется значительной загрязненностью и неравномерным в пределах площади размещения Башни содержанием макрокомпонентов и основных контаминантов. Особенности химического состава грунтовых вод свидетельствуют об их загрязнении канализационными стоками [3, 5] (табл.1).

Кроме того, видно, что башня практически полностью покрыта биообрастаниями-био пленками различного состава: микроскопические грибы, бактерии, водоросли, мхи, лишайники (рис. 4, 5, 6, 7). Продолжительному развитию биопленок способствовало не только высокая влажность воздуха (влажный тропический климат), поступление органических веществ из окружающей среды, капиллярное движение влаги в строительном материале, но и процессы химической (солевой) коррозии, а также многочисленные трещины за счет деформации грунтов основания. В результате взаимосвязанных процессов физико-химической и биологической коррозии поверхностный слой кирпичной кладки претерпел существенные изменения. Деструкции подвергаются и другие материалы: бетон, штукатурное покрытие, каменная кладка.

Таблица 1 – Некоторые показателей химического состава грунтовых вод в основании Ханойской Флаговой башни и Ханойского Кафедрального собора

Содержание		Название сооружения			
		1		2	
		Водоносные горизонты			
		Qh	Qp	Qh	Qp
Катион, мг/дм ³	Na ⁺	52,92	38,73	20,84	9,72
	NH ₄ ⁺	30,64	10,30	21,74	18,52
	Ca ²⁺	61,01	40,36	95,12	40,03
	Mg ²⁺	19,97	16,28	25,01	12,37
	Fe ²⁺	10,25	3,85	12,33	11,33
	Fe ³⁺	23,07	12,09	0,47	0,42
Анион, мг/дм ³	Cl ⁻	35,80	28,13	21,02	18,67
	SO ₄ ²⁻	21,64	15,21	23,56	12,60
	HCO ₃ ⁻	436,40	279,57	369,27	220,09
	NO ₂ ⁻	14,05	6,24	<0,03	<0,03
	NO ₃ ⁻	4,83	2,55	1,2	1,1
Минерализация мг/дм ³		521	370	780	340
рН		7,6	7,5	7,2	7,1
Общая жесткость мг-экв/дм ³		6,02	3,31	7,08	2,57

Примечание: 1 - Ханойская Флаговая башня, 2 – Ханойский Кафедральный собор, Qh - Голоценовый водоносный горизонт, Qp - Плейстоценовый водоносный горизонт.

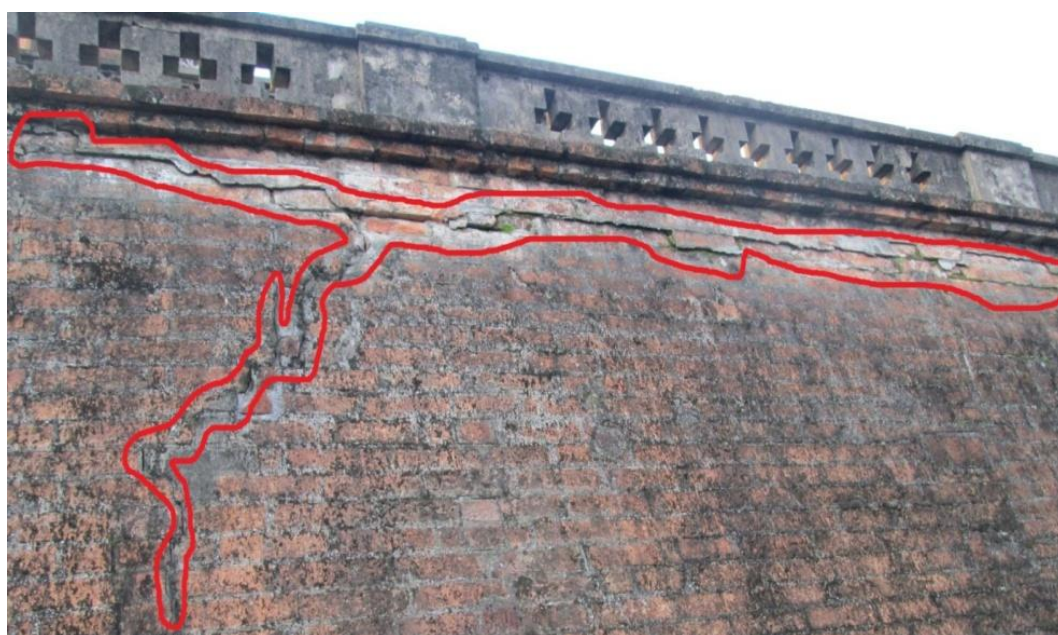


Рис. 4 – Образование трещин на северном фасаде первого этажа Ханойской Флаговой башни (Ханой-2016)



Рис. 5 – Образование трещин и биообрастаний биопленок различного состава на восточном фасаде первого этажа Ханойской Флаговой башни (Ханой-2016)



Рис. 6 – Образование трещин и биообрастаний на северном фасаде второго этажа Ханойской Флаговой башни (Ханой-2016)

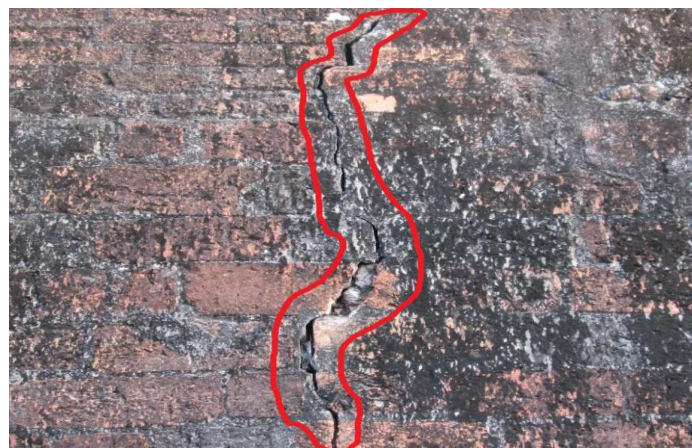


Рис. 7 – Образование трещин и биообрастаний на восточном фасаде первого этажа Ханойской Флаговой башни (Ханой-2016)

Ханойский Кафедральный собор построен на месте пагоды Бао Тхиен – буддийской святыни XI века. Новый храм открылся на Рождество 1886 года Римско-католической архиепархией Ханоя. Своей архитектурой неоготические здание напоминает собор Парижской Богоматери во Франции - с двумя квадратными высокими колокольнями и арочными окнами. Интерьер оформлен в традициях средневековых европейских храмов. Своды нефа и стены отделаны деревянной резьбой с позолотой. Витражи для стреловидных оконных арок привезены из Франции. Каждую из двух башен оснастили пятью колоколами. Дань местным обычаям – статуя Девы Марии установлена в левой части нефа.

В верхней части разреза основания собора присутствуют слабые пылевато-глинистые грунты с органическими остатками различной степени разложения свиты Хайхынг ($lbIV^{1-2}hh_1$) и Тхайбинь ($albIV^3tb_{1,2}$), имеющие мощность до 10 м и более [1]. Химический состав грунтовых вод, как и в первом случае (Флаговая башня) определяется загрязнением за счет утечек из систем водоотведения.

Анализ химического состава воды свидетельствует о выраженной анаэробной обстановке: достаточно высокое содержание восстановленных форм азота NH_4^+ и частично восстановленных - нитритов NO_2^- , а также двухвалентного железа (см. табл.) [3], [5]. При определении этих компонентов в лабораторных условиях происходит их быстрое окисление и переход в форму нитратов NO_3^- . В то же время содержание нитратов ниже, чем нитритов. Наличие кальция и магния является следствием выщелачивания растворов и разрушения конструкций материалов фундаментов. Следует также отметить, что определение pH в лабораторных условиях при таком составе воды дает завышенные значения. Определение pH *in situ* значительно ниже на 3,0 - 3,5 единицы. Таким образом, в реальных условиях pH будет достигать pH = 4 – 3,5.

Необходимо также обратить внимание на обследование фасада Кафедрального собора в Ханое, которое свидетельствует о наличии значительного биологического повреждения (рис. 8, 9, 10, 11). Собор построен из кирпича, однако штукатурное покрытие в наибольшей степени страдает от воздействия внешних факторов. Прежде всего, к ним следует отнести климатические условия (высокая влажность), а также высокий уровень атмосферных загрязнений. Оседающие частицы из атмосферы способны вызывать не только изменение цвета облицовочного материала, но и катализировать деструктивные процессы (химическая и биологическая коррозия). В составе загрязнителей атмосферы в городской среде содержатся органические вещества (например, алифатические и ароматические углеводороды), которые могут быть использованы микроорганизмами в качестве источников питания. Вероятно, высокая влажность и повышенный уровень атмосферного загрязнения и послужили причиной развития биопленок, которые покрывают значительную часть фасада Кафедрального собора. Они изменили его цвет до серо-черного. В составе биопленок в подобных условиях доминируют темноокрашенные микроскопические грибы, бактерии (особенно часто преобладают цианобактерии), а также микроскопические водоросли (Chlorophyta). Распределение темных налетов на поверхности Собора неравномерное, что объясняется наличием зон повышенного увлажнения и расположением рельефных элементов фасада. Наиболее темные участки облицовки расположены в нижней части здания, где штукатурное покрытие подвержено значительной деструкции. Можно выделить следующие типы повреждения облицовки фасада Кафедрального собора:

- шелушение и отслаивание штукатурного покрытия, наблюдаемое на открытых участках стен, а также в оконных заполнениях;

- осыпание штукатурного покрытия, образование выбоин (местами до кирпичной кладки);

- местами на поверхности штукатурного слоя образуется черная корка, которая отслаивается и осыпается. Вероятно, такой тип повреждения материала связан с образованием гипса (гипсовая корка или обогащенная гипсом патина);

- трещиноватость материала (наличие макро- и микротрещин). В местах глубоких трещин образуются выбоины (до кирпичной кладки);

- биопленки различной плотности серо-черного цвета; наиболее плотные биопленки формируются в местах движения влаги, что хорошо заметно под кровлей (верхний козырек); такие пленки типичны для городской среды и обычно образуются во влажном климате при высоком атмосферном загрязнении; в их составе доминируют темноокрашенные микромицеты, а также бактерии. Биопленки зеленого цвета (с доминированием зеленых водорослей) зафиксированы в центральной части Собора, под часами. На фасаде отчетливо видны следы реставрационных работ (расчистки, заделка трещин).

Развитие деформации собора напрямую связано с наличием слабых грунтов в основании сооружения. Следует также отметить о том, что Флаговая башня и Кафедральный собор расположены вблизи эксплуатационных скважин для водоснабжения Ханоя, что несомненно активизирует процессы трещинообразования в несущих конструкциях рассматриваемых памятников за счет развития деформации земной поверхности при снятии напоров.

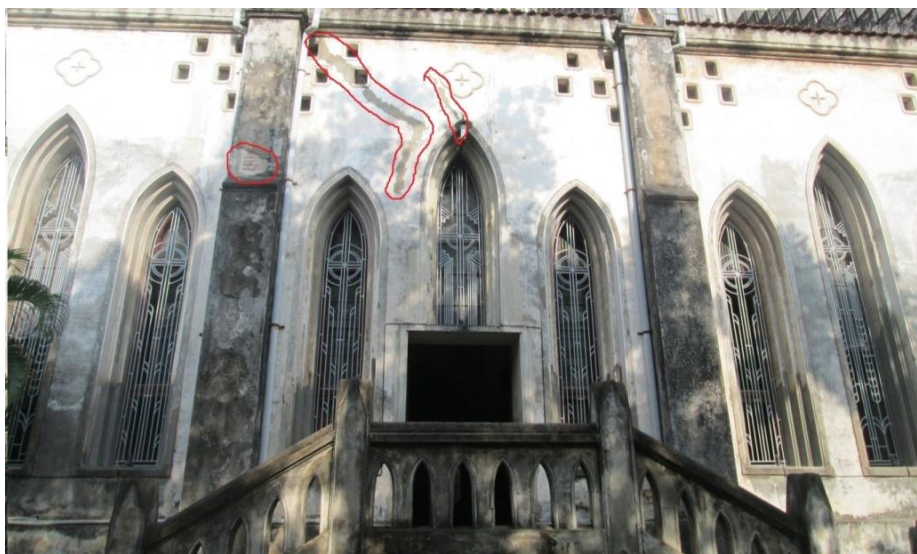


Рис. 8 – Образование трещин в стенах, на купольном окне и биопленки различной плотности серо-черного цвета на северо-западном фасаде Ханойского Кафедрального собора (Ханой-2016)



Рис. 9 – Образование трещин в стенах и на купольном окне на южно-восточном фасаде Ханойского Кафедрального собора (Ханой-2016)



Рис. 10 – Образование трещин в стенах, на купольном окне и биофленок различной плотности серо-черного цвета - фрагмент северо-западного фасада Ханойского Кафедрального собора (Ханой-2016)



Рис. 11 – Формирование трещин в дорожном покрытии вблизи Ханойского Кафедрального собора (Ханой-2016)

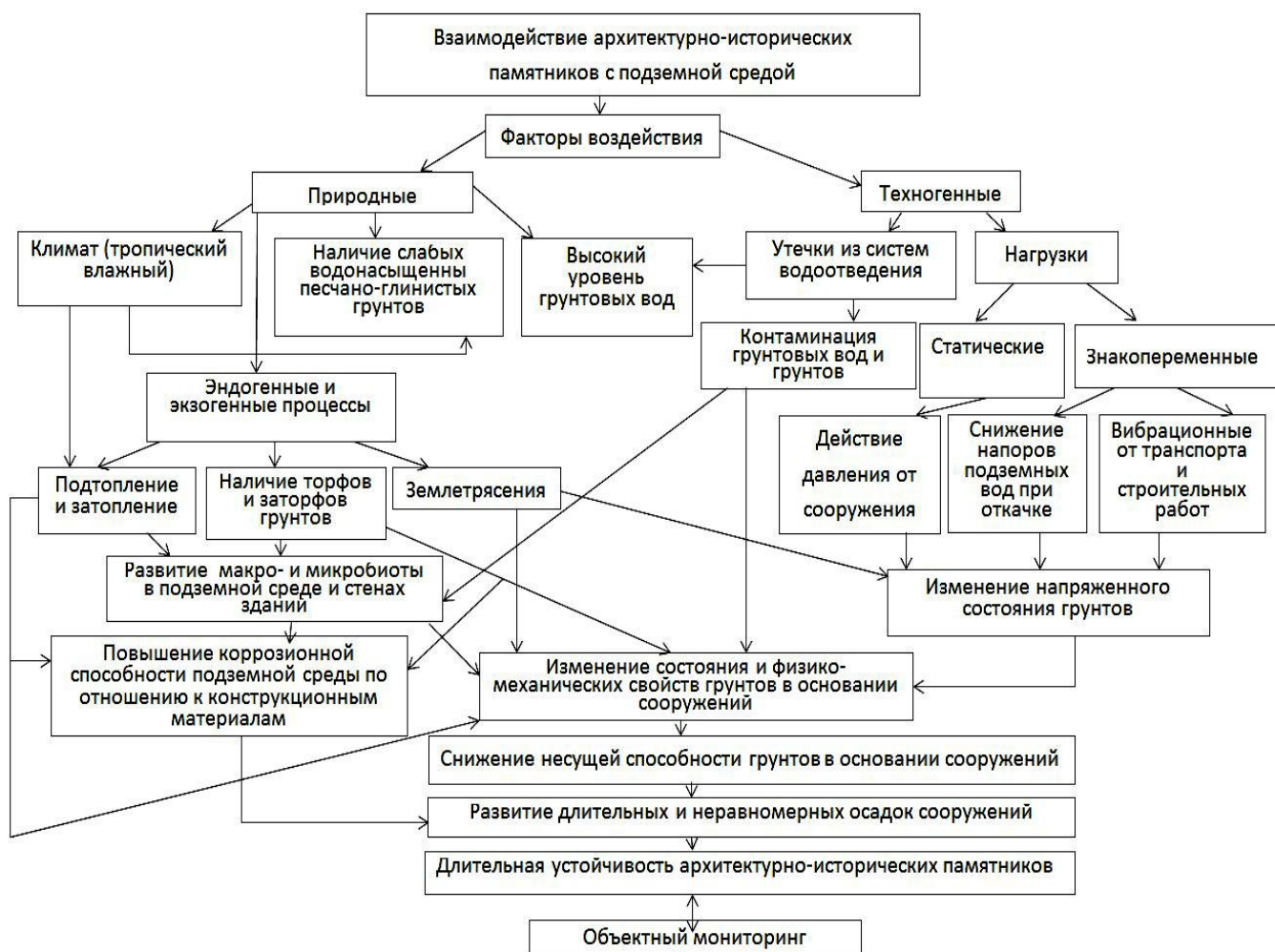


Рис. 12 – Блок - диаграмма формирования концепции, структуры и содержания объектного мониторинга некоторых архитектурно-исторических памятников Ханоя

В настоящее время комплексный мониторинг состояния компонентов подземного пространства и их влияния на устойчивость и безопасность функционирования сооружений в отдельных районах, а также наиболее значимых объектов городов практически не проводится. Обычно создание и проведение мониторинга ограничивается геодезическими наблюдениями за деформациями зданий, ценность которых обычно базируется на его возрасте, предназначении, необходимости их использовании в будущем как культового, культурного либо архитектурного

памятника (сооружения) [1]. При этом, не уделяется должного внимания разрезу основания здания, в том числе изменению состояния и свойств грунтов во времени, варьированию гидродинамических условий водоносных горизонтов, их химического состава и агрессивности вод по отношению к конкретным строительным материалам подземных конструкций исследуемых сооружений. Особенности динамики деформаций зданий должны быть увязаны с состоянием компонентов подземного пространства в зоне воздействия наблюдаемого объекта.

Соответственно, концепция объектного мониторинга сооружения должна базироваться на специфике взаимодействия, в нашем случае, архитектурно-исторического памятника с многокомпонентным подземным пространством, границы которого ограничиваются зоной основания. Однако, если придерживаться традиционной трактовки понятия «основание сооружения», то его размеры будут ограничиваться только изменением напряженного состояния грунтов за счет давления от сооружения при действии сжимающих напряжений σ_z на горизонтальных площадках. В реальных условиях при учете природных и техногенных факторов воздействия границы зоны основания значительно расширяются и при назначении содержательной части мониторинга и ее структуры необходимо предусмотреть изучение тех преобразований в подземной среде, которые предопределяют длительную устойчивость исследуемого сооружения при негативном изменении несущей способности грунтов, интенсификации развития неравномерных осадок и, соответственно, развития трещинообразования в несущих конструкциях.

Следовательно, необходимо создать структуру объектного мониторинга, в которой анализируется влияние природных и техногенных факторов, воздействующих на возникновение и развитие деформаций изучаемых сооружений (рис. 12). Как уже отмечалось ранее, рассматриваемые архитектурно-исторические памятники функционируют в районах развития слабых водонасыщенных песчано-глинистых грунтов, которые относятся к отложениям, характеризующихся квазипластичным состоянием и низкими модулями общей деформации. Кроме того, исследования показали, что в Ханое прослеживаются опасные экзогенные и эндогенные процессы и явления, которые воздействуют на изменение состояния и физико-механических свойств грунтов в основании сооружений. Так например, снижение уровня подземных вод в процессе их использования для водоснабжения приводит к существенному росту эффективных напряжений, что определяет уплотнение песчано-глинистых грунтов, деформацию земной поверхности и, как следствие, развитие дополнительных осадок построенных зданий и сооружений, особенно опасных для архитектурно-исторических памятников, которые исчерпали свой эксплуатационный ресурс. Необходимо подчеркнуть, что исторический центр Ханоя практически находится в зоне влияния плотной застройки, а также подтопления и затопления, что связано с значительным количеством годовых атмосферных осадков (1015 - 2536 мм в год) и гидрологическими особенностями р.Красной. Эти процессы приводят к ухудшению физико-механических свойств грунтов. Увеличение агрессивности подземных вод наблюдается за счет их загрязнения утечками из системы канализации. Следует также принимать во внимание, наличие прослоев и линз торфов в разрезе основания, что значительно повышает не только деформационную способность слоистого основания под действием статического давления и вибраций, но и способствует развитию микроорганизмов различных физиологических групп (бактерий, микромицетов, актиномицетов, микроводорослей). Активность подземной микробиоты приводит к развитию биокоррозионных процессов строительных материалов подземных конструкций. Кроме того, капиллярное поднятие грунтовых вод, обогащенных микробиотой и увлажнение стен зданий дает возможность для развития биокоррозионных процессов на первых этажах зданий выше дневной поверхности.

Структура объектного мониторинга показана на рис. 12. Содержание объектного мониторинга Ханойская Флаговая башня и Ханойского Кафедрального собора должно реализовываться по следующим направлениям.

1. Наблюдения за изменениям состояния и физико-механических свойств грунтов в основании зданий под воздействием природных и техногенных факторов.

2. Проведение режимных наблюдений и контроля гидрогеологических условий за изменениям химического состава грунтовых вод, окислительно-восстановительной и кислотнo-щелочной обстановками для оценки их агрессивности по отношению к подземным конструкциям.

3. Наблюдения за снижением уровня подземных вод водоносных горизонтов Qh и Qp для оценки роли этого процесса в развитии деформаций башни и собора.

4. Наблюдения за биохимической газогенерацией для оценки состава газов (метан, углекислый газ, азот, сероводород, водород). По содержанию CO₂, H₂S и H₂ определяют агрессивность подземной среды по отношению к конструкционным материалам. Накопление метана, азота и водорода как малорастворимых газов создают газодинамические давления, что способствует изменению напряженно-деформированного состояния грунтов в основании сооружений.

5. Влияние вибрационных воздействий наземного и подземного транспорта (проект трассы метрополитена Намтханглонг - Чанхынгдао) на изменение напряженного состояния грунтов в основании зданий, разжижение грунтов и развитие дополнительных осадок.

6. Проведение геодезических наблюдений за деформациями по реперам: поверхностным и глубинным, при этом последние устанавливаются там, где отмечается выпор грунта из-под сооружения. Так, например, такие деформации характерны в зоне влияния Ханойского Кафедрального собора (рис. 11).

7. Установка маяков по зафиксированным и выявленным трещинам в стенах Флаговой башни и Ханойского Кафедрального собора для контроля степени, характера и динамики раскрытия трещин.

8. Специализированные исследования природы коррозии фундаментов зданий, стен и других несущих частей здания в зависимости от типа конструкционных материалов, степени их увлажнения, химического состава грунтовых вод и их микробной пораженности.

9. Отбор проб образцов для постоянного контроля за состоянием штукатурного покрытия, образования выбоин в стенах сооружений за счет изменения физико-химических условий и развития агрессивных микроорганизмов.

Следует отметить, что методы и методика проведения такого мониторинга должны рассматриваться как самостоятельное исследование. Таким образом, создается система комплексного объектного мониторинга для

Ханойской Флаговой башни и Ханойского Кафедрального собора, что позволит определить основные факторы, связанные с спецификой их деформирования и предложить рекомендации по проекту их реконструкции и реставрации для обеспечения их длительной устойчивости. Кроме того, для архитектурно-исторических памятников следует создать специальные нормативы по охранным зонам, в пределах которых запрещается проведение каких-либо строительных работ, в первую очередь, устройство глубоких котлованов и других подземных сооружений даже с применением щадящих технологий.

Список литературы / References

1. Королев В.А. Мониторинг геологической среды / В.А. Королев. - М. : МГУ, 1995. - 272 с.
2. Нгуен Дык Мань, Дашко Р.Э. Некоторые проблемы освоения и использования подземного пространства в сложных инженерно-геологических условиях города Ханой // Инженерная геология. - 2010. - № 3. - С. 56-61.
3. Фам Куи Нань. Отчет происхождения и распространения аммиака, мышьяка в водоносных горизонтах равнины р.Красной / Фам Куи Нань. - Ханой : Организация международного кооператива и развития Швеции, 2008. - 88с.
4. Фи Хонг Тхинь Опасные геологические процессы на территории Ханоя / Фи Хонг Тхинь, Строкова Л.А. // Вестник Томского государственного университета. - 2011. - №309. - С. 200 – 204.
5. Результаты национальных наблюдений за колебаниями уровня грунтовых вод за период 2001 - 2005г. - Ханой : Вьетнамская северная федерация Инженерной геологии и гидрогеологии, 2005. - 119 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Korolev V.A. Monitoring geologicheskoy sredy [Monitoring of geological environment] / V.A. Korolev. - Moscow: Moscow State University, 1995. - 272 p. [in Russian]
2. Nguyen Dyk Manh, Dashko R.E. Nekotoriye problemy osvoyeniya i ispolzovaniya podzemnogo prostranstva v slozhnikh inzhenerno-geologicheskikh usloviyakh goroda Khanoy [Some problems of development and use of underground space in difficult engineering and geological conditions of the city of Hanoi] // Inzhenernaya geologiya [Engineering geology]. - 2010. - No. 3. - P. 56-61. [in Russian]
3. Fam Kui Nan. Otchet proiskhozhdeniya i rasprostraneniya ammiaka, myshyaka v vodonosnykh gorizontakh ravniny r.Krasnoy [Report on the origin and distribution of ammonia and arsenic in the aquifers of the Krasna river plain] / Fam Kui Nan. - Hanoi: Organizatsiya mezhdunarodnogo korporativa i razvitiya Shvetsii [Organization of an international cooperative and development of Sweden], 2008. - 88p.
4. Phi Hong Thinh Opasniye geologicheskkiye protsessy na territorii Khanoya [Dangerous geological processes in the territory of Hanoi] / Phi Hong Thin, Strokov LA // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Tomsk State University]. - 2011. - No. 309. - P. 200 - 204. [in Russian]
5. Rezultaty natsionalnykh nabliudeniya za kolebaniyami urovniya gruntovykh vod za period 2001 - 2005 [Results of national observations of fluctuations in the level of groundwater over the period 2001-2005.] - Hanoi: Vyetnamskaya severnaya federatsiya Inzhenernoy geologii i gidrogeologii [Vietnam Northern Federation of Engineering Geology and Hydrogeology], 2005. - 119 p.



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: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.015>

Малышева К.С.

ORCID: 0000-0002-5490-9020,

Институт Геологии и Минералогии СО РАН, Новосибирск

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ

ЭЛЕМЕНТОВ В БЛИЗПОВЕРХНОСТНЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ С ПОМОЩЬЮ ПК

«СЕЛЕКТОР» (НА ПРИМЕРЕ ВЛК. ГОЛОВНИНА, О. КУНАШИР)

Аннотация

Произведен анализ химического состава газогидротерм вулкана Головнина (о. Кунашир, Курильские острова). Построены физико-химические модели типа «проточный реактор» для контрастных типов вод с помощью ПК «СЕЛЕКТОР» при различных условиях ($P=1$ бар и $P=10$ бар).

Воды классифицированы по химическому составу, выявлены зависимости физико-химических параметров растворов от содержания в них конкретных компонентов, определены фазовые соотношения внутри систем для контрастных групп на всем протяжении численного эксперимента, получены минеральные соотношения для твердой фазы.

Ключевые слова: ПК СЕЛЕКТОР, моделирование, физико-химические параметры, гидротермальные растворы, источники, о. Кунашир.

Malysheva K.S.

ORCID: 0000-0002-5490-9020,

Institute of Geology and Mineralogy of the SB of RAS

INVESTIGATION OF CHEMICAL ELEMENT DISTRIBUTION IN THE NEAR-SURFACE

HYDROTHERMAL SYSTEMS WITH THE HELP OF «SELECTOR PC» (IN EXAMPLE OF A GOLOVNINA

VOLCANO, KUNASHIR ISLAND)

Abstract

The chemical composition analysis of gas and thermal fluids of the Golovnin volcano (Kunashir Island, Kuril Islands) are done. The physical and chemical models of «flowing reactor» type for contrast kinds of fluids have been constructed with the help of the SELECTOR Program Complex (PC) at different conditions ($P=1$ bar and $P=10$ bar).

Solutions are divided into several groups according to its chemical composition – both to anion and to cation one. The relationship between physical and chemical parameters of springs and components content of ones are detected, the phase relations within systems for contrast groups throughout the numerical experiment are found out, the mineral ratio for solid phase are obtained.

Keywords: SELECTOR PC, modeling, physical and chemical parameters, hydrothermal solutions, springs, Kunashir Island.

Физико-химическое моделирование является основой при изучении процессов распределения химических элементов между фазами внутри системы – водной, газовой, твердой. Термодинамические модели помогают понять механизмы и процессы, происходящие в гидротермально-магматических системах [5], [9].

Поверхностные проявления вулканогидротермальных систем отражают результат сложных взаимодействий между магматическими газами, метеорными водами и вмещающими породами. Паро-газовые или водные разгрузки гидротерм являются «окном» в магматические системы и могут служить показателем активности вулканов [10], [11].

Области гетерогенизации гидротермальных растворов являются наиболее эффективными геохимическими барьерами при формировании эпитермальных месторождений, а также наиболее продуктивными зонами при эксплуатации месторождений термальных вод. Данные по широкому спектру химических элементов и их ассоциаций в термальных водах позволяют с некоторой долей условности определить их возможный генезис и источники вещества [6]. Геохимические исследования гидротермальных проявлений на активных вулканах (термальные источники, фумаролы, грязевые котлы) дают информацию о глубинных взаимодействиях и физико-химических процессах, которые происходят в гидротермальных резервуарах [1].

Кратерные озера являются накопителем магматогенных флюидов, разгружающихся на дне. Однако основной вклад в состав растворов озер вносят метеорные воды и их последующее взаимодействие с породами вулканической постройки. Во многих случаях представляется весьма сложным определение доли глубинного и метеорного источников в составе термальных проявлений.

Остров Кунашир (Россия) – самый южный остров Большой Курильской гряды, который вытянут с северо-востока на юго-запад (рис. 1). На Кунашире 4 действующих вулкана, одним из которых является вулкан Головнина, образующий кальдеру (541 м). Для него характерна циклическая, иногда взрывная вулканическая активность с базальт-андезит-риолитовым составом продуктов извержений. В немногочисленных обнажениях на склонах кальдеры описаны пирокластические породы – туфы состава гиперстенового и двупироксенового андезита [7]. Часто встречаются крупные глыбы андезитовых лав (56–58% SiO_2). Встречены также обломки дацита; в них плагиоклаз относится к андезину № 47, содержатся пироксены, встречаются зерна кварца. Поверхность конуса покрыта пемзой кальдерных взрывов, состав ее – дацит (66–70%) [8]. В настоящее время вулкан проявляет постоянную сольфатарную деятельность, большая часть которой сосредоточена по берегам озера Кипящего, расположенного в его кратере [6].

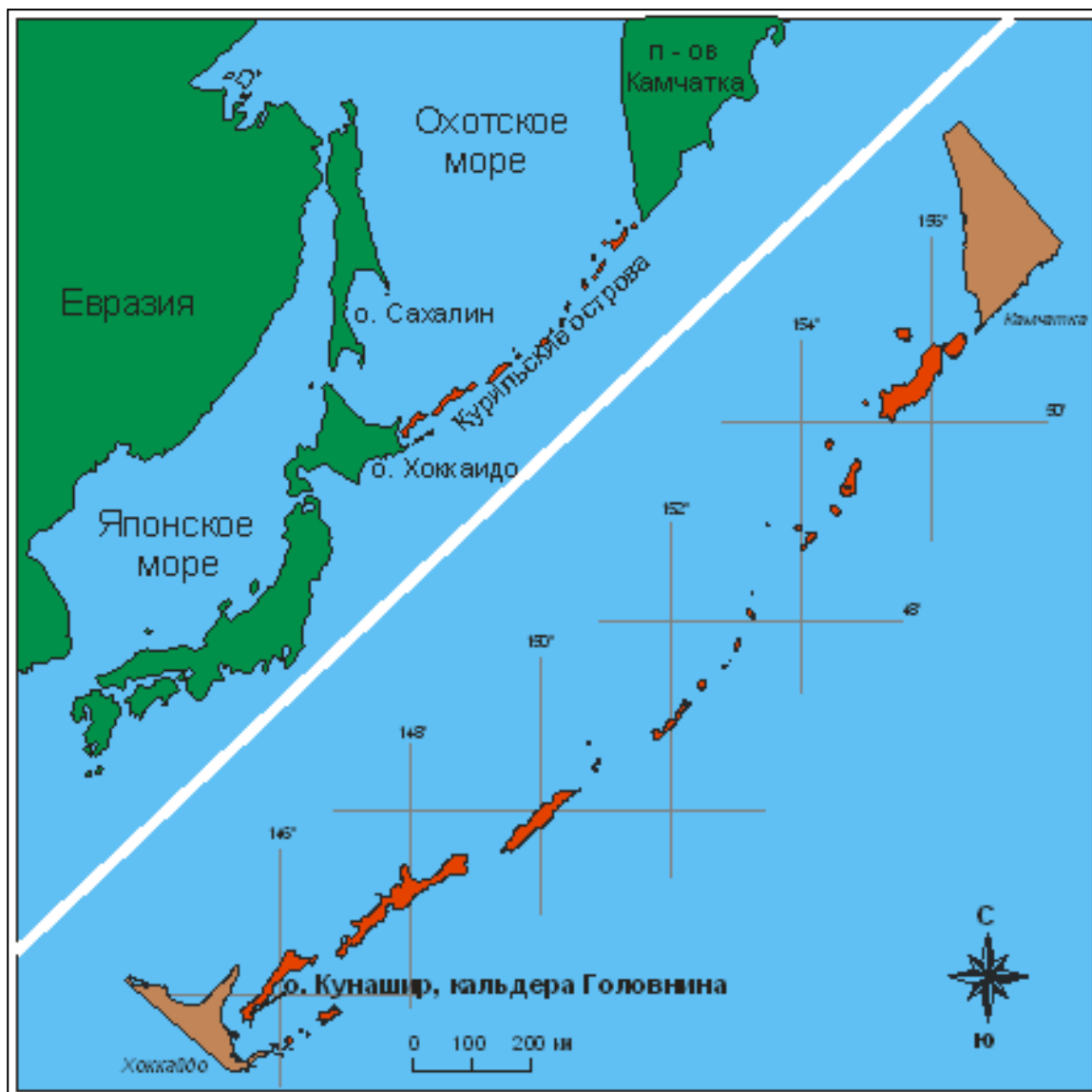


Рис. 1 – Географическое положение вулкана Головнина

Полевые работы в кальдере Головнина совместно сотрудниками ИГМ и ИНГГ СО РАН и ИМГГ ДВО РАН в 2011-2013 годах проводились согласно отработанной комплексной методологии. Пробы отбирались фторопластовым пробоотборником, контакты с металлами были исключены. При опробовании водных растворов на месте замерялась T °С, после некоторого отстаивания взвеси - pH, Eh. Измерение pH проходило с использованием стеклянного индикаторного электрода (ЭСК-10301/7). Для измерения окислительно-восстановительного потенциала Eh использовался платиновый электрод (ЭПВ-1 ср) и хлорсеребряный электрод сравнения (ЭСр-10101). Для лабораторного анализа в процессе отбора пробы воды фильтровались через мембранные фильтры (диаметр пор 0.45 μm). Нейтральные и слабощелочные пробы подкислялись ультрачистой азотной кислотой до pH ~ 2 . При транспортировке отобранные растворы хранились в пластиковых контейнерах. При лабораторном исследовании основной ионный состав части проб растворов определялся в ИВиС ДВО РАН стандартными методами: колориметрии, пламенно-фотометрическим, потенциометрическим, объемным с ошибкой определения не более 5%, в ИНХ СО РАН методом ионной хроматографии в испытательной лаборатории ДВ филиала ФГУ НПП «Росгеолфонд», г. Южно-Сахалинск.

Многоэлементный состав растворов анализировался методом ICP-AES, прибор IRIS фирмы Jarell Ash Corporation. Определение содержания РЗЭ, а также в некоторых случаях Rb, Sr, Ba, Pb, Th, U в анализируемых растворах методом ИСП-МС выполнено после разбавления и подкисления с использованием внешней градуировки в сочетании с внутренним стандартом, в качестве которого был выбран индий с концентрацией 1 ppb. В некоторых растворах основные катионы, микро- и рассеянные элементы проанализированы масс-спектральным методом в Институте проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (г. Черноголовка) с использованием ICP-MS, Agilent 7500 (табл. 1).

Современное термодинамическое моделирование [9], [13] представляет основу компьютерного исследования процессов физико-химического взаимодействия и превращения вещества в природных и технологических системах, включая частично равновесные и метастабильные процессы растворения, отложения, кристаллизации, фракционирования, ассимиляции, смешения, контаминации, испарения, конденсации, горения, взрыва. В настоящее время в ПК «Селектор» используется модификация метода внутренних точек (МВТ-2) позволяющая получать сверхточные результаты расчётов.

Программный комплекс «Селектор» реализует подход выпуклого программирования к установлению равновесного физико-химического состава гетерогенных геологических систем посредством минимизации термодинамических потенциалов. В нём также присутствуют необходимые базы термодинамических данных, а также требующиеся для моделирования алгоритмы, работающие с большинством известных лицензионных операционных систем.

Структура ПК «Селектор» включает в себя следующие блоки:

1. Системы баз данных - стандартные БД компонентов водного раствора, газов, жидких углеводородов, расплавов, твердых веществ и минералов
2. Блок формирования моделей – список потенциально возможных процессов и условий, в зависимости от которых выбирается один из термодинамических потенциалов.
3. Расчёт модели – настройка модели согласно выбранному сценарию.
4. Обработка результатов – автоматизирование работы по структурированию и выбору необходимой информации, а также отображение в табличном виде.

Благодаря сверхточным расчетам и верному подходу к реализации того или иного численного эксперимента, с помощью ПК «Селектор» можно производить сложнейшие расчёты химических равновесий в различных условиях: изобарно-изотермических, изохорических, адиабатических. При этом в мультисистемах одновременно могут присутствовать: водный раствор электролита, газовая смесь, жидкие и твёрдые углеводороды, минералы в виде твёрдых растворов и однокомпонентных фаз, расплавы и др. Данный ПК позволяет проводить исследование метастабильных, неполных и промежуточных равновесий с включением дополнительных ограничивающих условий, а также изучение неравновесной эволюции систем на основе принципа частичного равновесия.

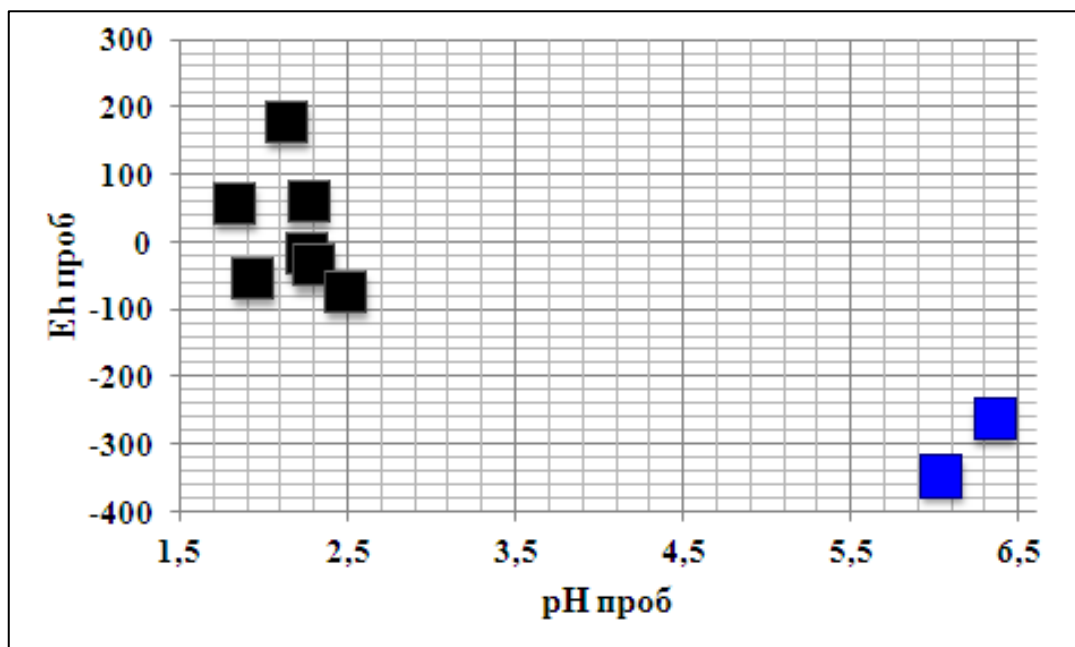


Рис. 2 – Диаграмма pH-Eh ультракислых (черные) и близких к нейтральным (синие) растворов при давлении 1 бар

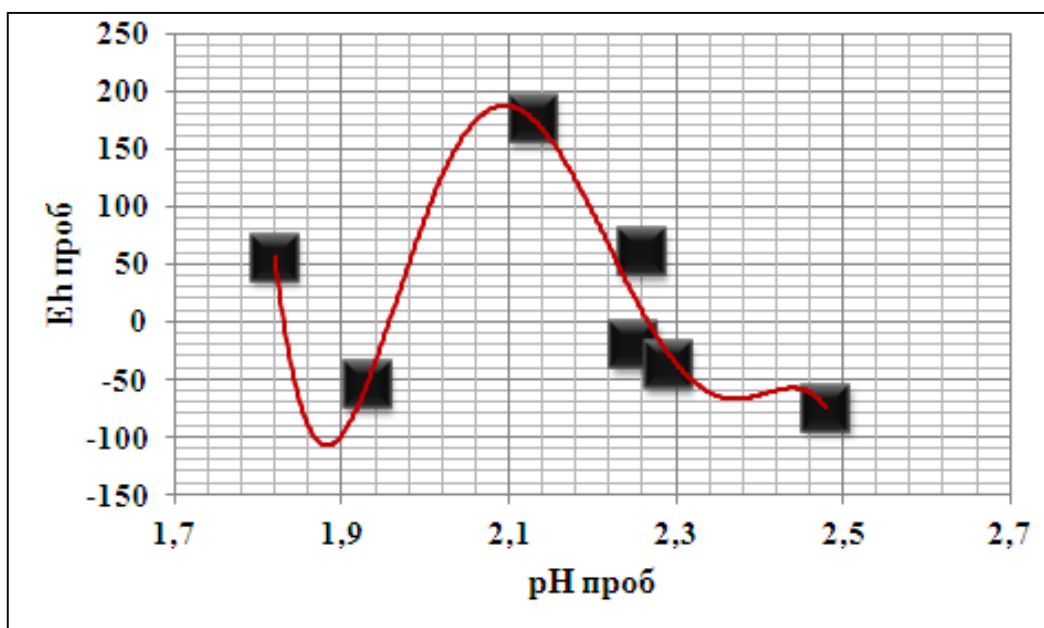


Рис. 3 – Диаграмма pH-Eh ультракислых растворов при давлении 1 бар

Выходы термальных источников на поверхность в кальдере Головнина сосредоточены по берегам озера Кипящего. Эти растворы характеризуются большим разбросом физико-химических параметров, а также одной из особенностей является низкое значение Eh (рис. 2), (рис. 3). Из рисунка 2 видно, что обстановка в водах этих термальных полей варьирует от слабоокислительных до слабовосстановительных.

Таблица 1 – Состав растворов термальных источников в кальдере Головнина, фумарольные поля на берегах оз. Кипящее

	Юго-Восточное				Северо-Восточное				
№	КГ-1	КГ-2	КГ-3	КГ-4	КГ-5	КГ-7	КГ-8	КГ-9	КГ-10
pH	6.35	2.25	2.29	6.03	1.93	2.26	2.48	2.13	1.82
Eh	-264	-20	-37	-347	-55	60	-75	176	55.7
T°C	47.7	53	41.5	68.9	90.25	51.4	97	84	96.9
X	1.32	2.23	2.75	1.13	3.35	3.53	2.32	3.12	4.37
мг/л									
SO ₄	260	806	2100	230	1300	550	850	1050	1800
Cl	11	7.4	13	18	11	390	35	140	120
F	0.2	0.3	0.5	0.3	0.8	2.1	1.5	4.6	2.5
NO ₃	2.7	1.9	3.6	2.2	3.3	21.7	5.1	68.2	8
HCO ₃	420	-	-	214	-	-	-	-	-
PO ₄	0.29	0.17						0.25	0.38
Ca	132	71	125	109	62	83	162	84	63
Mg	32	21	22	25	7.76	32	17	19	15
Na	98	50	73	86	110	193	180	189	123
K	8.1	5.1	8.1	9.0	11	21	15	15	6.4
Fe	0.114	15	21	0.06	22	7.7	1.5	6.5	11
Fe2+	0	13	17		19		1.2	5.8	10
Al	0.029	17	27	0.104	27	10.2	2.63	26	30
SiO ₂	200	280	250	160	280	120	330	250	300
B	0.50	0.31	0.56	0.92	9.1	15	3.6	15	6.8
Mn	1.5	4.6	1.0	0.99	0.49	3.7	1.2	1.6	1.0
мкг/л									
Ba	170	27	95	100	78	130	24	56	79
Sr	320	100	270	280	140	180	87	97	100
Li	25	37	29	32	42	130	45	39	47
Rb						260	240	350	430
Cu	8	3	12	6		5	4	8	10
Zn	11	39	62	5	110	2800	170	290	550
Ti		6.7			5		2.0		3.0
V	3.8	55	52		49	34	12	37	62
Co	2.8	2	2	2	2				2
As		320	330		75	76	260	350	2400
Sb			150	120		100			85

При этом кислотность среды также изменяется от кислых и ультракислых до слабощелочных и нейтральных значений. Интересной особенностью этих источников является то, что на поверхность они выходят на расстоянии нескольких метров друг от друга.

Опираясь на химический состав вод, представленный в виде формул Курлова, можно выделить три группы растворов согласно их анионному составу: сульфатные, сульфатно-гидрокарбонатные и хлоридно-сульфатные. В некоторых пробах также обнаружены нитрат- и фторид-анионы (первые проценты). Такое разнообразие анионного состава растворов (табл. 2) может свидетельствовать о различных путях миграции растворов, о различном химическом составе пород, прорабатываемых ими на глубине, а также о смешении в различных соотношениях с метеорным источником.

Таблица 2 – Химический состав гидротермальных растворов с термальных полей озера Кипящего, записанный в виде формул Курлова

Термальное поле	№ проб	Формулы Курлова	Другие ионы
Юго-Восточное сульфатарное поле	КГ-1	$1,32 \frac{\text{HCO}_3 60 \text{ SO}_4 37}{\text{Ca} 48 \text{ Na} 36 \text{ Mg} 12} T 47,7 \text{ pH} 6,35$	3% K, 0,5% Mn
	КГ-2	$2,23 \frac{\text{SO}_4 99}{\text{Ca} 39 \text{ Na} 27 \text{ Mg} 12 \text{ Al} 9 \text{ Fe} 7} T 53 \text{ pH} 2,25$	2,5% K, 2,5% Mn
	КГ-3	$2,75 \frac{\text{SO}_4 99}{\text{Ca} 45 \text{ Na} 26 \text{ Al} 10 \text{ Mg} 8 \text{ Fe} 6} T 41,5 \text{ pH} 2,29$	3% K
	КГ-4	$1,13 \frac{\text{SO}_4 50 \text{ HCO}_3 46 \text{ Cl} 3}{\text{Ca} 47 \text{ Na} 37 \text{ Mg} 11} T 68,9 \text{ pH} 6,03$	3,5% K
Северо-Восточное сульфатарное поле	КГ-5	$3,35 \frac{\text{SO}_4 98 \text{ Cl} 1}{\text{Na} 45 \text{ Ca} 25 \text{ Al} 11 \text{ Fe} 8} T 90,3 \text{ pH} 1,93$	4,5% K, 3% B, 3% Mg
	КГ-7	$3,53 \frac{\text{SO}_4 57 \text{ Cl} 40 \text{ NO}_3 2}{\text{Na} 54 \text{ Mg} 9 \text{ Ca} 8 \text{ K} 6 \text{ B} 4} T 51,4 \text{ pH} 2,26$	3% Al, 1% Mn, 1% Zn
	КГ-8	$2,32 \frac{\text{SO}_4 95 \text{ Cl} 3}{\text{Na} 47 \text{ Ca} 42 \text{ Mg} 4} T 97 \text{ pH} 2,48$	3% K, 1% B, 0,5% Al
	КГ-9	$3,12 \frac{\text{SO}_4 83 \text{ Cl} 11 \text{ NO}_3 5}{\text{Na} 53 \text{ Ca} 24 \text{ Al} 7 \text{ Mg} 5 \text{ B} 4} T 84 \text{ pH} 2,13$	1,5% Fe, 0,5% Mn
	КГ-10	$4,37 \frac{\text{SO}_4 93 \text{ Cl} 6}{\text{Na} 48 \text{ Ca} 24 \text{ Al} 10 \text{ Mg} 6 \text{ Fe} 4} T 96,9 \text{ pH} 1,82$	2,5% B, 2,5% K, 0,5% Mn, 1,5% As

Катионный состав источников (табл. 2) ещё более разнообразен по сравнению с анионным.

1. Магниево-натриево-кальцевый тип вод с низкой минерализацией (**Mg-Na-Ca «m»**). К нему относятся пробы КГ-1 и КГ-4 со слабощелочной средой, а также низкой суммарной минерализацией. Воды практически не содержат Fe и Al, однако содержание ионов K не опускается ниже 3%.

2. Магниево-натриево-кальцевый тип вод с высоким содержанием алюминия и железа (**Mg-Na-Ca «+Al, +Fe»**). К нему относятся пробы КГ-2, КГ-3, КГ-5 и КГ-10. Общая минерализация этих растворов примерно в 2 раза больше таковой первого типа.

3. Магниево-кальцево-натриевый тип вод с повышенным содержанием ионов бора (**Mg-Ca-Na «+B»**). Этому типу соответствуют пробы КГ-7, КГ-8 и КГ-9. Минерализация этих растворов занимает промежуточное значение между первым и вторым типами.

Несмотря на низкую минерализацию растворов первого типа (**Mg-Na-Ca «m»**), для них характерно значительное количество таких микроэлементов, как Ba и Sr, а также низкое содержание и даже отсутствие V (КГ-4) и As (обе пробы). Из щелочных элементов можно выделить отсутствие Rb и относительно низкий Li. Среди анионных комплексов можно также отметить пониженное содержание F.

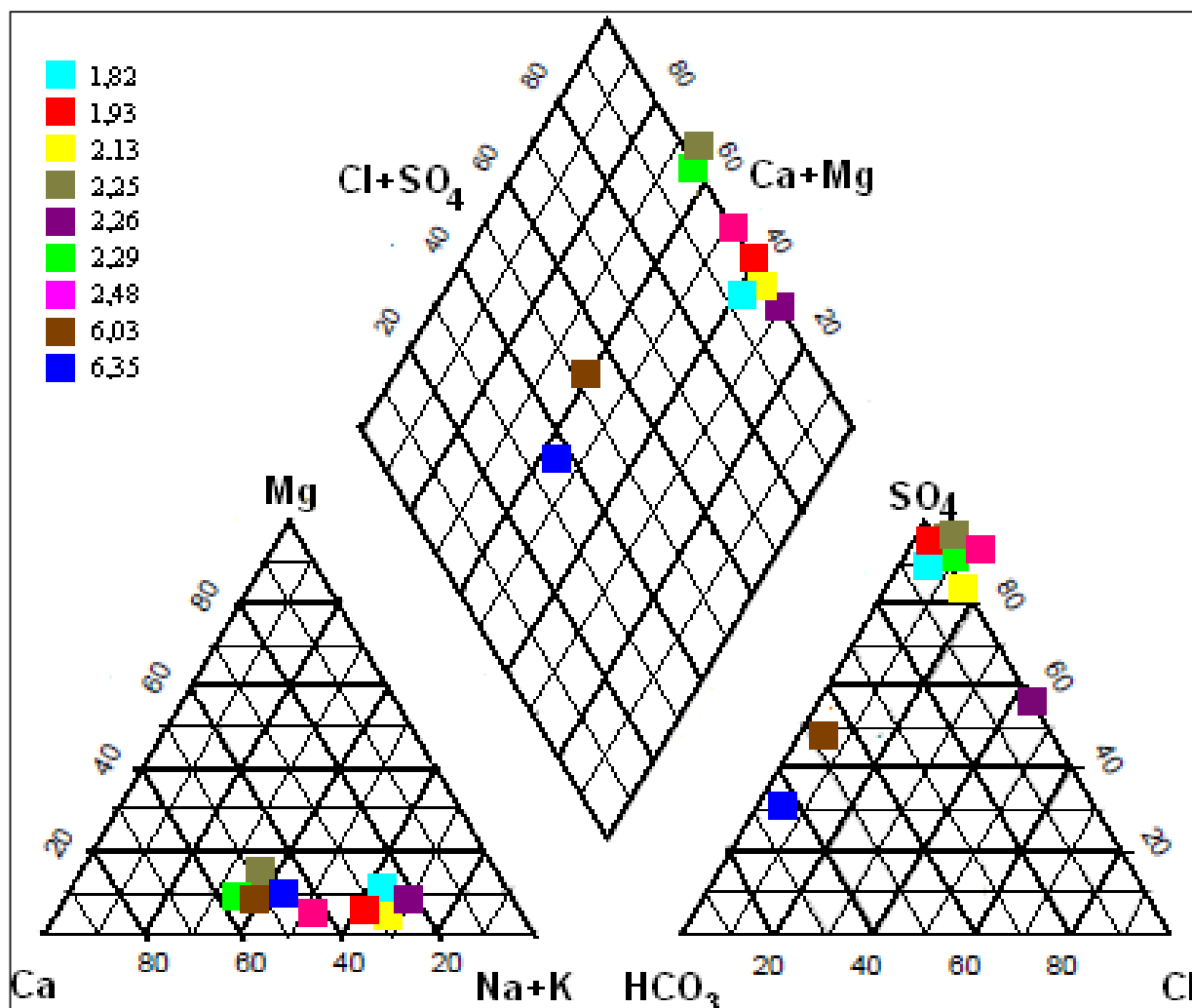


Рис. 4 – Графическое представление химического состава растворов с помощью диаграммы Пайпера

Растворы второго типа (**Mg-Na-Ca «+Al, +Fe»**) характеризуются повышенным содержанием V и As.

Растворам третьего типа (**Mg-Ca-Na «+B»**) свойственно высокое содержание Mn, Zn, Rb наряду с отсутствием Co. Из анионных комплексов ощутимую концентрацию имеет NO_3^- .

При нанесении составов растворов на треугольную диаграмму Пайпера (рис. 4) отмечается низкое содержание Mg во всех пробах, однако пробы первого типа ($\text{pH}=6,03$ и $\text{pH}=6,35$) стоят особняком (синий и коричневый квадратики). Это связано с ярко выраженным отличием по анионному составу от других вод. Растворы второго и третьего типов схожи по содержанию базовых анионов и катионов.

Более детально в статье приведены данные по моделированию и анализу растворов с $\text{pH}=1,93$ и $\text{pH}=6,35$ для Юго-Восточного и Северо-Восточного сольфатарных полей соответственно, как наиболее контрастных по составу вод.

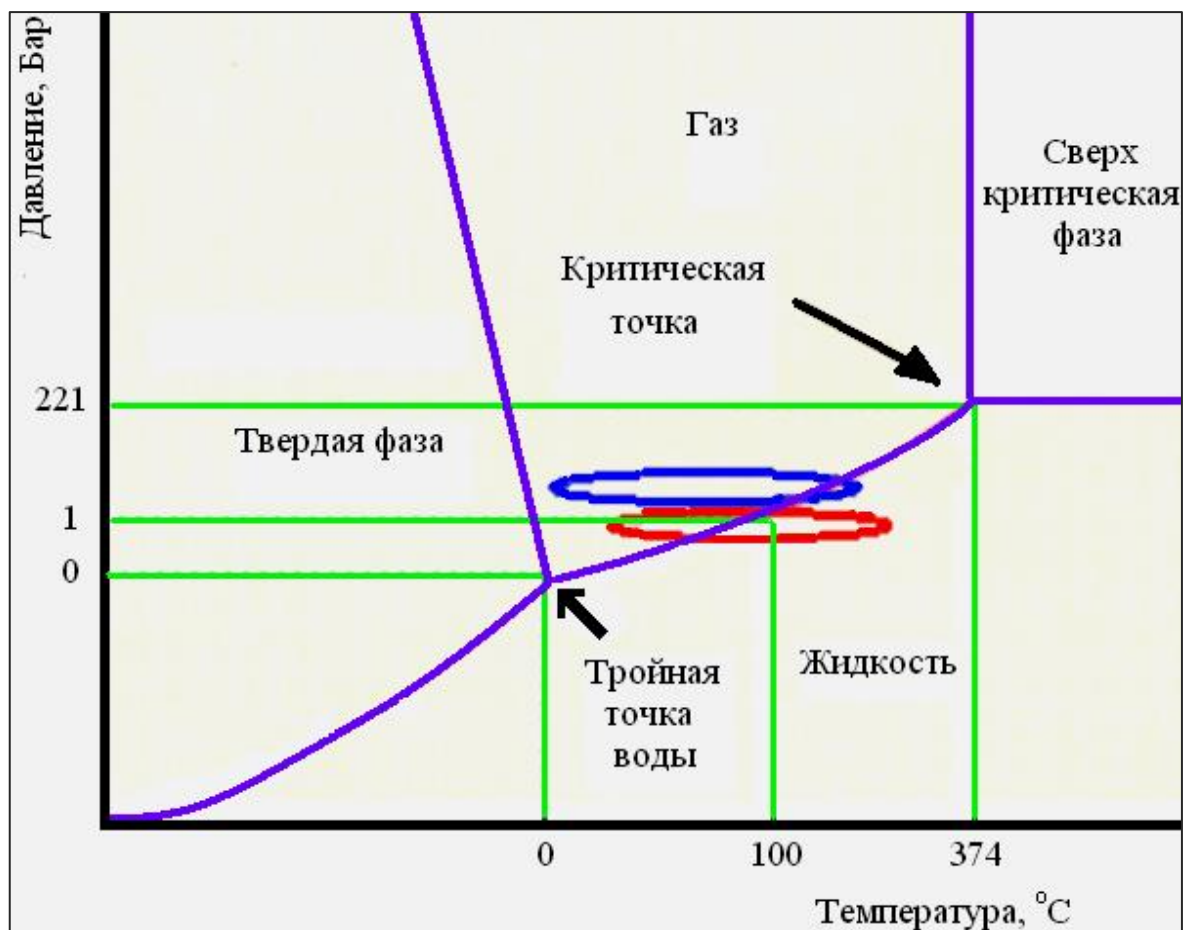


Рис. 5 – P-T области, использованные при построении моделей

По мере подъёма флюида от источника до земной поверхности в пределах гидротермально-магматической системы, его химический состав претерпевает различные изменения. После отделения первичного магматогенного флюида от очага, он проходит зону конвективных трещин, по ним происходит его подъём в двухфазную зону. В этой зоне более низких температур и давлений происходит его вскипание и разделение на две фазы – раствор и пар. Эта зона может находиться вблизи подземных вод, что приводит к охлаждению пароводяной смеси с её последующей конденсацией и смешением с более холодными водами [1]. Паровая фаза зачастую представлена главным образом CO_2 и H_2S . Разгрузка гидротермального раствора происходит в приповерхностных условиях, где давление не превышает 1-10 атм., а значение температуры колеблется в интервале от 40 до 200 °C.

Изначально была построена модель типа «Мегасистема». В таких моделях достижение равновесия происходит в закрытой системе, т.е. без какого-либо поступления вещества извне. В таких системах при добавлении в них некоторого количества породы (1 кг андезита в каждый резервуар реактора), равновесие достигается путём взаимодействия раствора с андезитом. При этом происходит обмен компонентами внутри системы, полное перемешивание раствора (в каждом резервуаре), отложение/растворение минеральных фаз, дегазация или переход газовой фазы в жидкую и т.д.

При сравнении показателей растворов было уделено особое внимание их кислотно-основным свойствам и кислотно-основным потенциалам. В каждом резервуаре при отсутствии породы раствор при достижении равновесия обладает схожими показателями, какие были получены при натурных измерениях на местности. Расхождения в измеренных и модельных значениях могут быть объяснены погрешностями при измерении. При более низких температурах (30 °C и 50 °C), наиболее близких к температуре замера на местности, показатели раствора практически идентичны тем, что были определены натурно, что говорит о хорошей сходимости модели и о возможности использовать её результаты для интерпретации.

При дальнейшем анализе процессов при последующем моделировании была затронута зона разгрузки. Она располагается на глубине первых метров от земной поверхности, и химический состав слагающих её пород близок к андезитовому.

Для последующего физико-химического моделирования использовалась модель ступенчатого проточного реактора с идеальным смешением. Он представляет собой каскад из отдельных изолированных резервуаров, каждый из которых содержит внешнюю среду (вмещающая порода) и внутреннюю среду (газ, раствор, жидкий углеводород). Был использован каскад из восьми таких резервуаров. В качестве внутренней среды для всех 8-ми резервуаров выступал андезит, непосредственно отобранный в 2010-2011 гг. с кальдеры Головнина. В качестве внешней среды для каждой модели использовался соответствующий состав проб раствора. В качестве растворителя использовалась вода. Для более детального представления и описания динамики компонентов температурный интервал был выбран от 200 °C до 40 °C с шагом в 20 °C. Такой шаг позволяет отследить количество каждого компонента или фазы в реакторе на протяжении всего эксперимента с большей точностью, что ведёт к более подробному описанию процесса. Принцип

действия вышеописанного каскадного реактора заключается в том, что ламинарный поток флюида движется непрерывно из одного химического резервуара в другой. Поступивший в первый резервуар свежий флюид начинает реагировать с вмещающей породой (в данном случае андезитом).

Вследствие этого взаимодействия в реакторе может происходить образование минералов, выделение газовой фазы, растворение уже существующих фаз (андезита, образовавшихся ранее минеральных фаз) и т.д. Перетекание раствора и газа в следующий резервуар происходит сразу после достижения равновесия в исходном резервуаре при заданных нами температуре и давлении. Для каждого резервуара характерны свои РТ-параметры.

С каждым новым временем в систему поступает новая порция свежего флюида, которая начинает взаимодействовать с уже прореагировавшей с предыдущей порцией вмещающей породой. Количество полных таких циклов в данном случае было сведено к 7-ми (или 6-ти). При построении моделей также учитывалась подвижность компонентов в жидкой и газовой фазах, и одним из необходимых условий было отложение/растворение минеральных фаз. В данном случае для растворов с $\text{pH}=1,93$ и $6,35$ были построены такие модели с давлением 1 бар и 10 бар. Р-Т области для данных условий выделены красным (1 бар) и синим (10 бар) на диаграмме (рис. 5). Были выбраны именно эти РТ-зоны для моделирования, чтобы избежать вскипания раствора при высоких температурах, а также, частичного или полного удаления жидкой фазы. В моделях типа «проточный реактор» установление равновесия достигается путём взаимодействия раствора с породой (андезитом) в каждом резервуаре по отдельности. В ходе этого процесса возникает обмен компонентами внутри системы, полное перемешивание раствора, отложение/растворение минералов в разрезе, дегазация и т.д.

Из систем баз термодинамических данных использовались одни и те же TDB для обеих РТ-областей. Температурный интервал от 120 до 20 или 15 °С с шагом от 20 до 5 °С. Был выбран именно такой температурный интервал, чтобы отследить, как ведёт себя фазовое соотношение при более высоком давлении и при низких температурах, а также для выявления миграции компонентов между фазами в пределах системы.

Таблица 3 – Краткая справка о TDB, включённых в модели

Имя базы данных	Комментарии
s_Yokokawa	Сводка термодинамических свойств конденсированных веществ Yokokawa [3].
g_Reid	Система термодинамических свойств газов [12] адаптирована к ПК «Селектор».
a_Sprons	Система термодинамических свойств компонентов водного раствора из SPRONS92.DAT [2], адаптирована в ПК «Селектор».

Анализ физико-химических параметров систем показывает, что после вступления раствора в реакцию с породой и установления равновесия в первом резервуаре, уровень pH раствора, поступающего во второй резервуар, близок к нейтральному значению (в пределах 6,97 для кислого раствора и в пределах 6,89-6,98 для нейтрального раствора). При температуре $<100^\circ\text{C}$ в обоих случаях наблюдается резкое возрастание уровня pH (с 6,00 до 8,65 для кислого и с 7,94 до 9,88 для нейтрального раствора), что свидетельствует о процессе нейтрализации раствора породой. Таким образом, происходит выщелачивание породы, что приводит к росту pH жидкой фазы. Схожие анализы были проведены с результатами по моделям тех же самых растворов при давлении 10 бар. Они показывают, что при $P=10$ бар кислотно-основной потенциал раствора, поступающего во второй реактор после реакции с породой в первом, близок к нейтральному значению (в пределах 7,9-8,8 для кислого раствора и в пределах 7,9-8,9 для нейтрального).

Электрохимический потенциал также возрастает (рис. 6). Процентное соотношение фаз в системах показывает практически полное отсутствие газа для $P=10$ бар, что объясняется невозможностью существования конденсата при таких условиях согласно фазовой диаграмме (рис. 6). Для нормального давления (1 бар) напротив наблюдается накопление газа в системах вплоть до $T=120-100^\circ\text{C}$. Ниже этой температурной границы происходит фазовый переход газа в жидкость и как следствие увеличение процентного содержания раствора в резервуарах относительно газа.

Поскольку вмещающая порода (андезит) содержит достаточное количество свободного кремнезёма, вынос именно этого компонента с его последующим переотложением происходит интенсивней остальных. Процентное соотношение равновесных минералов твёрдой фазы при давлении 1 бар демонстрирует большое количество кварца, что говорит о его выносе из породы в растворенном виде и переотложении. При давлении 10 бар явного доминирования оксида кремния над другими минеральными фазами не наблюдается. При таком давлении для систем характерно присутствие в достаточном количестве сразу нескольких групп минералов: иллиты, цеолиты, альбит.

В целом, в независимости от кислотности среды, наличие основных минеральных фаз неизменно. Меняется лишь их процентное соотношение между собой. Это связано с идентичным температурным интервалом для каждого значения давления, выбранным для численного эксперимента, а также с широким полем устойчивости самих фаз в отношении кислотности среды. Также это объясняется интенсивным выщелачиванием андезита раствором уже на первых стадиях процесса, что приводит к установлению химического равновесия между андезитом и флюидом, и как следствие – к увеличению уровня pH раствора до слабокислых или близких к нейтральным значений.

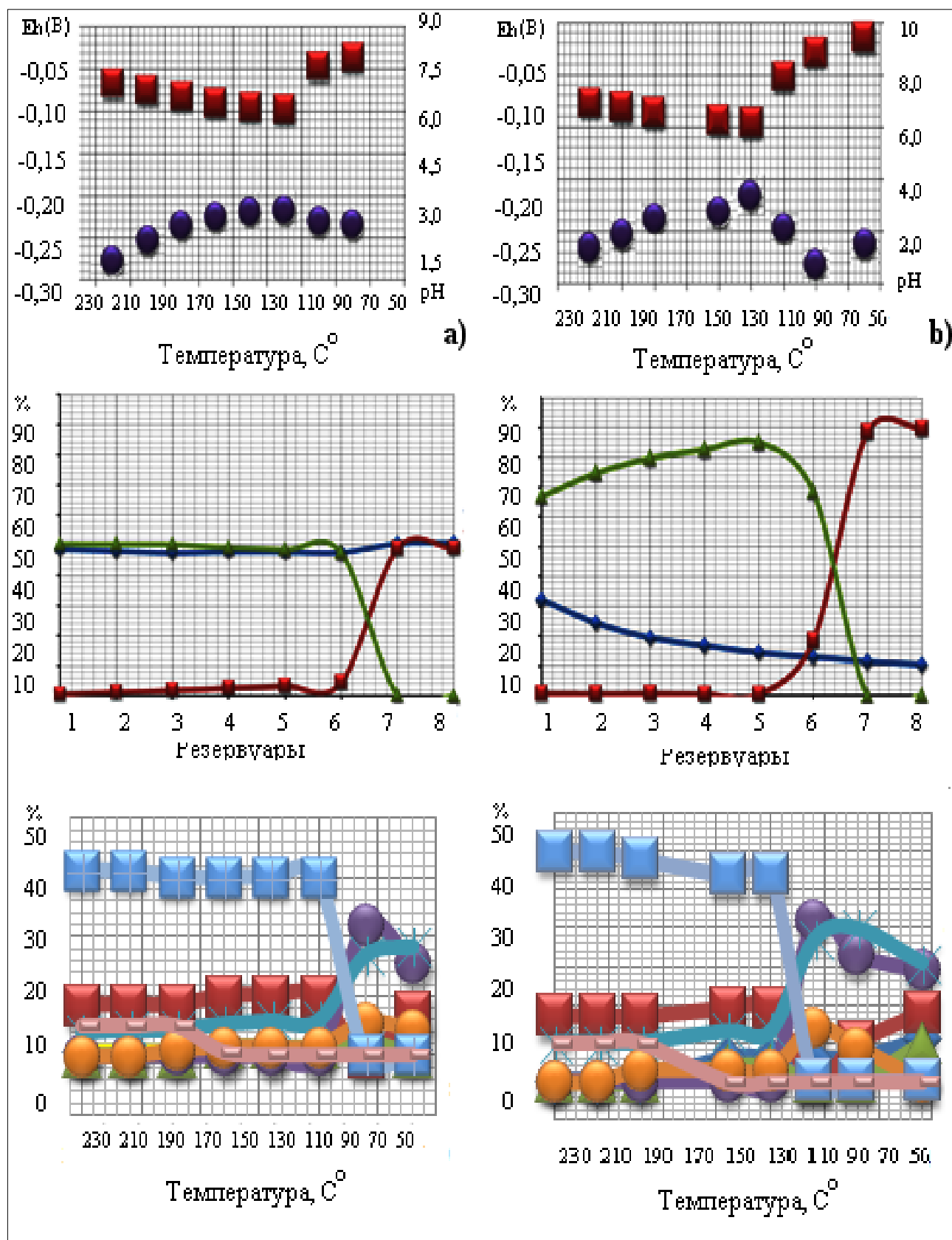
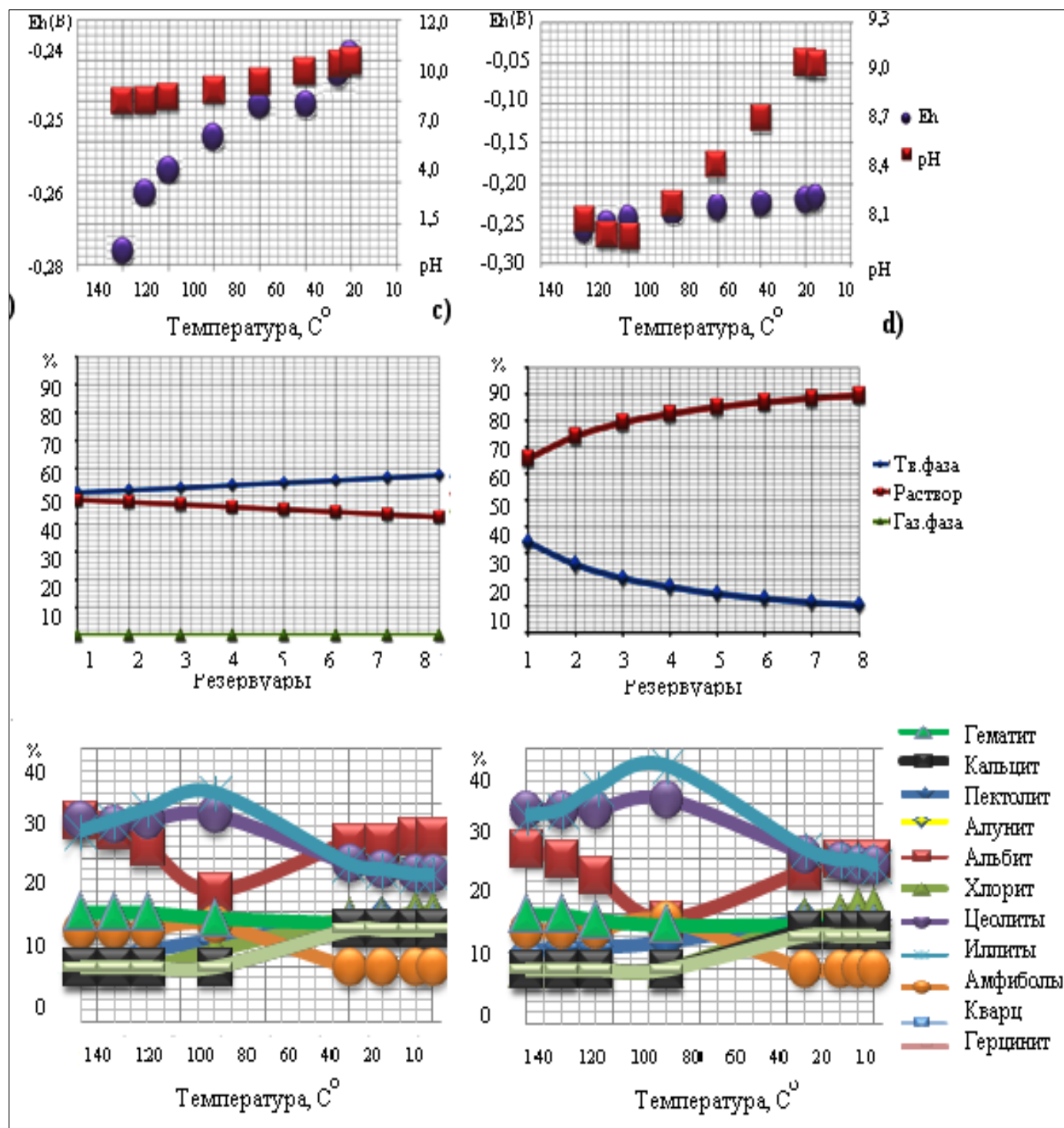


Рис. 6 –Физико-химические характеристики, фазовое соотношение и минеральные ассоциации (сверху вниз) для растворов: а) pH=1,93, P=1 бар; б) pH=6,35, P=1 бар; в) pH=1,93, P=10 бар; г) pH=6,35, P=10 бар (окончание на стр. 75)



Окончание рис. 6 – Физико-химические характеристики, фазовое соотношение и минеральные ассоциации (сверху вниз) для растворов: а) pH=1,93, P=1 бар; б) pH=6,35, P=1 бар; в) pH=1,93, P=10 бар; г) pH=6,35, P=10 бар

Список литературы / References

1. Giggenbach W. F. The origin and evolution of fluids in magmatic-hydrothermal systems / W. F. Giggenbach // *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. – 1997. – P. 737–796.
2. Johnson J. W. SUPCRT92: software package for calculating the standard molal thermodynamic properties of mineral, gases, aqueous species, and reactions from 1 to 5000 bars and 0 to 1000 °C / J. W. Johnson, E. H. Oelkers, H. C. Helgeson // *Comput. Geo-sci.* - 1992. - Vol. 18. - P. 899-947.
3. Yokokawa H. Tables of thermodynamic properties of inorganic compounds / H. Yokokawa // *J. Nat. Chem. Lab. Indust.* - 1988. - Vol. 83. - P. 27-121.
4. Авченко, О. В. Основы физико-химического моделирования минеральных систем / О. В. Авченко, К. В. Чудненко, И. А. Александров. – М.: Наука, 2009. – 229 с.
5. Артименко М. В. Физико-химическое моделирование потока гидротермального флюида в зонах гидротермально-магматической системы / М. В. Артименко, К. В. Чудненко, Г. П. Королёва // *Наука о Земле*. – 2012. - Т. 5 - № 1. С. 64-82.

6. Бортникова С. Б. Газогидротермы активных вулканов Камчатки и Курильских островов: состав, строение, генезис / С. Б. Бортникова, Е. П. Бессонова, М. П. Гора, и др.; отв. ред. О. Л. Гаскова, А. К. Манштейн. - Новосибирск: ИНГТ СО РАН, 2013. - 282 с.
7. Брайцева О.А. Геохронология крупнейших эксплозивных извержений Камчатки в голоцене и их отражение в Гренландском ледниковом щите / О. А. Брайцева, Л. Д. Сулержицкий, В. В. Пономарева и др. // Доклад РАН. - 1997. - Т. 352. - № 4. - С. 516-518.
8. Горшков Г. С. Вулканизм Курильской островной дуги / Г. С. Горшков. - М.: Наука, 1967. - 78 с.
9. Гричук Д. В. Термодинамические модели субмаринных гидротермальных систем / Д. В. Гричук. - М.: Научный мир, 2000. - 299 с.
10. Жарков Р. В. Типы термальных вод южных Курил и севера Сахалина и их влияние на ландшафты: дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36: защищена 12.08 / Жарков Рафаэль Владимирович. - Хабаровск, 2008. - 244 с.
11. Коваленко В. И. Летучие компоненты (H_2O , CO_2 , Cl, F, S) в магмах среднего и кислого составов различных геодинамических обстановок по данным изучения расплавных включений и закалочных стёкол / В. И. Коваленко, В. Б. Наумов, В. В. Ярмолук и др. // Петрология. - 2000. - Т. 8. - № 6. - С. 586-619.
12. Рид Р. Свойства газов и жидкостей: Справ, пособие / Р. Рид, Дж. Праусниц Т. Шервуд. - Л.: Химия, 1982. - 592 с.
13. Чудненко К. В. Термодинамическое моделирование в геохимии: теория, алгоритмы, программное обеспечение, приложения / К. В. Чудненко - Новосибирское академическое издательство «ГЕО», 2010. - 287 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Giggenbach W. F. The origin and evolution of fluids in magmatic-hydrothermal systems / W. F. Giggenbach // Geochemistry of hydrothermal ore deposits. - 1997. - P. 737-796.
2. Johnson J. W. SUPCRT92: software package for calculating the standard molal thermodynamic properties of mineral, gases, aqueous species, and reactions from 1 to 5000 bars and 0 to 1000 °C / J. W. Johnson, E. H. Oelkers, H. C. Helgeson // Comput. Geo-sci. - 1992. - Vol. 18. - P. 899-947.
3. Yokokawa H. Tables of thermodynamic properties of inorganic compounds / H. Yokokawa // J. Nat. Chem. Lab. Indust. - 1988. - Vol. 83. - P. 27-121.
4. Avchenko, O. V. Osnovy fiziko-himicheskogo modelirovaniya mineral'nyh system [Basis of mineral system physical and chemical modeling] / O. V. Avchenko, K. V. Chudnenko, I. A. Aleksandrov. - M.: Nauka, 2009. - 229 p. [in Russian]
5. Artimenko M. V. Fiziko-himicheskoe modelirovanie potoka gidrotermal'nogo fljuida v zonah gidrotermal'no-magmaticheskoy sistemy [Physical and chemical modeling of hydrothermal fluid flow in hydrothermal and magmatic system zones] / M. V. Artimenko, K. V. Chudnenko, G. P. Koroljova // Nauka o Zemle. - 2012. - V. 5 - № 1. P. 64-82. [in Russian]
6. Bortnikova S. B. Gazogidrotorny aktivnyh vulkanov Kamchatki i Kuril'skih ostrovov: sostav, stroenie, genezis [Gaseous fluids of the Kamchatka and Kuril Islands active volcanoes: composition, structure, genesis.] / S. B. Bortnikova, E. P. Bessonova, M. P. Gora, and others; executive editor. O. L. Gas'kova, A. K. Manshtejn. - Novosibirsk: INGG SO RAN, 2013. - 282 p. [in Russian]
7. Brajceva O.A. Geohronologija krupnejshih jeksplozivnyh izverzhenij Kamchatki v golocene i ih otrazhenie v Grenlandskom lednikovom shhite [Geochronology of the greatest explosive eruptions of the Kamchatka in Holocene and its reflection in Greenlandic glacial shield] / Brajceva, L. D. Sulerzhickij, V. V. Ponomareva and others. // Doklad RAN. - 1997. - V. 352. - № 4. - P. 516-518. [in Russian]
8. Gorshkov G. S. Vulkanizm Kuril'skoj ostrovnoj dugi [The Kuril Island Arc volcanism] / G. S. Gorshkov. - M.: Nauka, 1967. - 78 p. [in Russian]
9. Grichuk D. V. Termodinamicheskie modeli submarinnyh gidrotermal'nyh sistem [Thermodynamic models of submarines hydrothermal systems] / D. V. Grichuk. - M.: Nauchnyj mir, 2000. - 299 p. [in Russian]
10. Zharkov R. V. Tipy termal'nyh vod juzhnyh Kuril i severa Sahalina i ih vlijanie na landshafty [Thermal springs types of South Kuril and North-Sakhalin Island and its influence on the landscapes]: dis. ... of PhD in geography: 25.00.36: approved 12.08 / Zharkov Rafajel' Vladimirovich. - Habarovsk, 2008. - 244 p. [in Russian]
11. Kovalenko V. I. Letuchie komponenty (H_2O , CO_2 , Cl, F, S) v magmah srednego i kislogo sostavov razlichnyh geodinamicheskikh obstanovok po dannym izuchenii rasplavnyh vkljuchenij i zakalochnyh stjokol [Volatile components (H_2O , CO_2 , Cl, F, S) in medium and acid magmas of different geodynamic settings according to melt inclusions and hardening glasses investigation] / V. I. Kovalenko, V. B. Naumov, V. V. Jarmoljuk and others // Petrologija. - 2000. - V. 8. - № 6. - P. 586-619. [in Russian]
12. Rid R. Svoystva gazov i zhidkostej: Sprav, posobie [Gases and liquids properties: Handbook.] / R. Rid, Dzh. Prausnic T. Shervud. - L.: Himija, 1982. - 592 p. [in Russian]
13. Chudnenko K. V. Termodinamicheskoe modelirovanie v geohimii: teorija, algoritmy, programmnoe obespechenie, prilozhenija [Thermodynamic modeling in geochemistry: theory, algorithms, software, apps] / K. V. Chudnenko - Novosibirskoe akademicheskoe izdatel'stvo «ГЕО», 2010. - 287 p. [in Russian]

НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTHDOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.016>Булатов В.В.¹, Владимиров Ю.В.²¹ORCID: 0000-0002-4390-4013, Доктор физико-математических наук,²ORCID: 0000-0002-2139-5078, Кандидат физико-математических наук,

Институт проблем механики им. А.Ю.Ишлинского РАН (Москва)

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект 17-01-00010)

ВОЛНОВАЯ ДИНАМИКА ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНО СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ СРЕД*Аннотация*

В статье рассмотрены вопросы, связанные с динамикой внутренних гравитационных волн в экспоненциально стратифицированных средах бесконечной глубины. Обсуждаются адекватность и пределы применимости используемой модели стратифицированной среды, а также основные качественные особенности динамики плоских волновых пакетов внутренних гравитационных волн. Показано что как минимум в двух отношениях, внутренние гравитационные волны в безграничной экспоненциально стратифицированной среде качественно отличаются акустических и электромагнитных колебаний: частоты колебаний распространяющихся внутренних волн не могут превосходить частоту плавучести, и внутренние гравитационные волны распространяются не по нормали к волновым фронтам.

Ключевые слова: внутренние гравитационные волны, динамика стратифицированной среды, частота плавучести, волновой фронт.

Bulatov V.V.¹, Vladimirov Yu.V.²¹ORCID: 0000-0002-4390-4013, PhD in Physics and Mathematics,²ORCID: 0000-0002-2139-5078, PhD in Physics and Mathematics,

Institute for Problems in Mechanics RAS (Moscow)

The work was partially supported by the RFBR (project 17-01-00010)

WAVE DYNAMICS OF EXPONENTIALLY STRATIFIED MEDIUM*Abstract*

The problems of internal gravity waves dynamics in unbounded exponentially stratified medium are considered. We discuss the relevance and limits of applicability of the used stratified medium model. The basic qualitative features of the internal gravity waves plane packets dynamics are obtained. It is shown that internal gravity waves in an unbounded exponentially stratified medium qualitatively differ from acoustic and electromagnetic oscillations. The frequency of propagating internal waves oscillations can not exceed the buoyancy frequency. Internal gravity waves propagate not along the normal to the wave fronts.

Keywords: internal gravity waves, stratified medium dynamics, buoyancy frequency, wave front.

В настоящей работе рассмотрены особенности волновой динамики внутренних гравитационных волн в безграничной экспоненциально стратифицированной среде. Вначале сделаем несколько замечаний об адекватности моделей стратифицированных сред, в которой распространяются колебания. Простейшей моделью природной стратифицированной среды является безграничная по вертикали экспоненциальная среда, т. е. среда, в которой невозмущенная плотность $\rho_0(z)$ экспоненциально зависит от Z : $\rho_0(z) = \exp(-qz)$. Для такой среды линеаризованная система уравнений внутренних волн сводится к системе с постоянными коэффициентами, и её решение можно получить методом Фурье, хотя вычисление асимптотики волнового поля вдали от источника возмущений, равномерной по координатам точки наблюдения представляет собой достаточно сложную, но вполне решаемую аналитическую задачу [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7]. Однако соответствие качественных свойств дальних полей в экспоненциальной безграничной по вертикали среде, полученных на основе асимптотических аналитических оценок, реальной волновой картине в океане требует, по всей видимости, дополнительного физического обоснования. Как правило, в океанических условиях распространение внутренних волн происходит в слое конечной толщины (толщины слоя скачка плотности), т.е. порядка 50-100 метров, и лишь в океане, где имеются два термоклина - сезонный и главный, толщина слоя имеет порядок одного километра и более. В то же время, как правило, представляет интерес распространение волн на дистанциях порядка десятков километров, т.е. на дистанциях, превышающих на один или два порядка толщину стратифицированного слоя. Ясно, что в этой ситуации заменять слой конечной толщины на безграничную по вертикали среду неправомерно. Дальнее поле в безграничной по вертикали среде и в слое конечной толщины имеют два качественно общих свойства: в обеих задачах поле при удалении от источника убывает, причем, характер убывания различен, и в обеих задачах имеются области, где поле имеет осциллирующий, волнообразный характер, однако эти пространственные области существенно различаются [1], [2], [3], [4]. При решении полной системы нелинейных уравнений гидродинамики, и в дальнейшем отщеплении линейной части решения в процессе численного расчета зон перемешивания, турбулентных следов, различных вихревых образований и возбуждаемых ими внутренних гравитационных волн модель экспоненциальной безграничной среды может оказаться физически вполне адекватной, т.к. основные гидрофизические процессы локализованы в относительно ограниченной пространственной области. Поэтому если найти из этих рассмотрений некоторое распределение источников возмущений, аппроксимирующее, например, турбулентный след или иные локализованные начальные неволновые возмущения, то далее можно рассчитывать по этим численным данным дальние волновые поля, уже учитывая конечную толщину стратифицированного слоя и реальное распределение невозмущенной плотности. Кроме того, модель бесконечной экспоненциально стратифицированной среды, по-видимому, является достаточно адекватной для описания полей внутренних гравитационных волн, возбуждаемых в искусственных

стратифицированных средах, в том числе в лабораторных условиях [5], [6], [7].

Рассмотрим далее плоские волновые пакеты внутренних гравитационных волн в экспоненциально стратифицированной среде. Самый простой вид уравнения внутренних гравитационных волн приобретают в случае экспоненциально стратифицированной жидкости, в которой невозмущенная плотность - экспоненциальная функция глубины: $\rho_0(z) = \exp(-qz)$. В такой среде $N^2(z) = gq = \text{const}$ и основное уравнение, описывающее внутренние гравитационные волны (в приближении Буссинеска), становится уравнением с постоянными коэффициентами

$$LW = 0 \quad (1)$$

$$L = \frac{\partial^2}{\partial t^2} \Delta_3 + N^2 \Delta, \quad \Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}, \quad \Delta_3 = \Delta + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

и система линеаризованная уравнений гидродинамик имеет вид

$$\frac{\partial U_1}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial U_2}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial W}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial z} + \rho g = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} - \frac{N^2}{g} W = 0, \quad \frac{\partial U_1}{\partial x} + \frac{\partial U_2}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z} = 0$$

Простейшие решения этих уравнений - это плоские волны, с зависимостью от $t, \mathbf{r} = (x, y, z)$ в форме $\exp i\varphi = \exp i(-\omega t + \mathbf{k}\mathbf{r})$, где $\mathbf{k} = (\alpha, \beta, \gamma)$ - волновой вектор. Повернем оси X, Y так, чтобы β обратилось в нуль, то есть чтобы рассматриваемое поле не зависело от y (тогда, в частности, $\frac{\partial U_2}{\partial t} = -\frac{\partial p}{\partial y} = 0$). Полагая

$U_2 = 0, \quad U_1 = U_{10} \exp(i\Phi), \quad W = W_0 \exp(i\Phi), \quad p = p_0 \exp(i\Phi), \quad \rho = \rho_0 \exp(i\Phi)$, получим из (1) дисперсионное уравнение

$$\omega^2 (\alpha^2 + \gamma^2) = N^2 \alpha^2 \quad (3)$$

а из (2) - систему уравнений относительно U_{10}, W_0, p_0, ρ_0

$$\omega U_{10} = \alpha p_0, \quad \omega W_0 = \gamma p_0 + i g \rho_0, \quad \omega \rho_0 = -\frac{i N^2}{g} W_0, \quad \alpha U_{10} + \gamma W_0 = 0 \quad (4)$$

Условие разрешимости системы (4) - выполнение дисперсионного соотношения (3). Положим $\alpha = k \cos \theta$, $\gamma = k \sin \theta$; $|\theta| < \frac{\pi}{2}$. Ограничиваясь для определенности волнами, распространяющимися в положительном направлении оси X , получим (U - постоянный амплитудный множитель)

$$\omega = \frac{N \alpha}{\sqrt{\alpha^2 + \gamma^2}} = N \cos \theta \quad (5A)$$

$$\begin{aligned} U_1 &= U \sin \theta \exp i[-\omega t + k(x \cos \theta + z \sin \theta)] \\ W &= -U \cos \theta \exp i[-\omega t + k(x \cos \theta + z \sin \theta)] \\ p &= \frac{NU}{k} \sin \theta \exp i[-\omega t + k(x \cos \theta + z \sin \theta)] \\ \rho &= \frac{iNU}{g} \exp i[-\omega t + k(x \cos \theta + z \sin \theta)] \end{aligned} \quad (5B)$$

Прокомментируем выписанные соотношения. Частота колебаний ω не зависит от модуля k волнового вектора, определяется лишь его направлением и не превосходит частоты плавучести N . Максимальное значение ω приобретает при $\theta = 0$, в этом случае: $p = U_1 = 0, \quad W = -U \exp(-iNt + ikx)$,

$\rho = -\frac{iNU}{g} \exp(-iNt + ikx)$, то есть волновой вектор направлен по горизонтали, а среда испытывает лишь

вертикальные колебания. При $\theta \rightarrow \pm \frac{\pi}{2}$ в пределе $\omega = 0$, и мы получаем стационарное движение, в котором:

$$W = 0, \quad U_1 = U \exp(\mp i k z), \quad \rho = \frac{i N U}{g} \exp(\mp i k z), \quad p = \pm \frac{N U}{k} \exp(\mp i k z), \text{ то есть имеется сдвиговое}$$

горизонтальное течение с гармонической зависимостью от Z и возмущение плотности (с соответствующим ему возмущением давления) с той же зависимостью от Z . Заметим, что для волнового уравнения и системы уравнений Максвелла дисперсионное уравнение имеет вид $\omega = c|k|$, то есть ω , наоборот, не зависит от направления волнового вектора и определяется лишь его длиной. Из последнего уравнения в (4) следует, что вектор скорости $(U_{10} \exp(i\varphi), U_{20} \exp(i\varphi))$ перпендикулярен волновому вектору (α, β) , то есть что вектор скорости направлен вдоль волновых фронтов - линий постоянной фазы $\Phi(t, x, z) = \omega t - \alpha x - \gamma z = \text{const}$. Поэтому, казалось бы, внутренние гравитационные волны, подобно уравнениям Максвелла (где для плоской волны векторы \mathbf{E} и \mathbf{H} также направлены вдоль волновых фронтов), являются поперечными волнами. Однако, такое заключение преждевременно.

Согласно общей теории колебаний в средах с дисперсией, вектор групповой скорости, то есть скорости движения волновых пакетов с высокочастотным заполнением, определяется соотношением

$$U_{2\alpha} = \frac{\partial \omega(\alpha, \gamma)}{\partial \alpha}, \quad U_{2\gamma} = \frac{\partial \omega(\alpha, \gamma)}{\partial \gamma} \quad (6)$$

где $\omega(\alpha, \gamma)$ вычисляются из дисперсионного соотношения (5A)

$$\frac{\partial \omega}{\partial \alpha} = \frac{\partial}{\partial \alpha} \left[\frac{N \alpha}{\sqrt{\alpha^2 + \gamma^2}} \right] = \frac{N \sin^2 \theta}{k}, \quad \frac{\partial \omega}{\partial \gamma} = -\frac{N \sin \theta \cos \theta}{k}$$

Откуда видно, что направление вектора групповой скорости совпадает с направлением вектора (U_{10}, W_0) . То же направление имеет среднее за период $T = \frac{2\pi}{\omega}$ значение вектора плотности потока энергии (pU_1, pW) . При вычислении (pU_1, pW) следует учесть, что физический смысл имеют не комплексные функции (5B), а их вещественные части

$$U_1 = |U| \sin \theta \cos(-\omega t + \Psi) \quad (7)$$

$$W = -|U| \cos \theta \cos(-\omega t + \Psi), \quad p = \frac{N|U|}{k} \sin \theta \cos(-\omega t + \Psi)$$

где $\Psi = \arg U + k(x \cos \theta + z \sin \theta)$ и при вычислении потока энергии надо в качестве U_1, W, p брать выражения (7). К аналогичному направлению распространения можно прийти, если искать решения этих уравнения лучевым методом (методом геометрической оптики), то есть строить для внутренних волн аналог ВКБ решения для волнового уравнения или уравнений Максвелла. Проведенный анализ показывает, что как минимум в двух отношениях, внутренние гравитационные волны в безграничной экспоненциально стратифицированной среде качественно отличаются акустических и электромагнитных колебаний. Во-первых, частоты колебаний распространяющихся внутренних волн не могут превосходить частоту плавучести N , и во-вторых, внутренние гравитационные волны распространяются не по нормали к волновым фронтам.

Список литературы / References

1. Bulatov V.V. Internal gravity waves: theory and applications / V.V.Bulatov, Yu.V.Vladimirov. - Moscow: Nauka Publishers, 2007. - 304 p.
2. Булатов В.В. Динамика негармонических волновых пакетов в стратифицированных средах / В.В.Булатов, Ю.В.Владимиров. - М.: Наука, 2010. - 470 с.
3. Bulatov V.V. Wave dynamics of stratified mediums / V.V.Bulatov, Yu.V.Vladimirov. - Moscow: Nauka Publishers, 2012. - 584 p.
4. Булатов В.В. Волны в стратифицированных средах / В.В.Булатов, Ю.В.Владимиров. - М.: Наука, 2015. - 735 с.
5. Sutherland B.R. Internal gravity waves / B.R.Sutherland. - Cambridge: Cambridge University Press, 2010. - 394 p.
6. Miropol'skii Yu.Z. Dynamics of internal gravity waves in the ocean / Yu.Z.Miropol'skii, O.V.Shishkina. - Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001. - 421 p
7. Pedlosky J. Waves in the ocean and atmosphere: introduction to wave dynamics / J.Pedlosky. - Berlin-Heidelberg: Springer, 2010. - 260 p.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bulatov V.V. Internal gravity waves: theory and applications / V.V.Bulatov, Yu.V.Vladimirov. - Moscow: Nauka Publishers, 2007. - 304 p.
2. Bulatov V.V. Dinamika negarmonicheskikh volnovih paketov v stratificirovannih sredah [Non-harmonic wave packets dynamics in stratified medium] / V.V.Bulatov, Yu.V.Vladimirov. - M.: Nauka, 2010. - 470 p. [in Russian]
3. Bulatov V.V. Wave dynamics of stratified mediums / V.V.Bulatov, Yu.V.Vladimirov. - Moscow: Nauka Publishers, 2012. - 584 p.

4. Bulatov V.V. Volni v stratificirovannih sredah [Waves in stratified medium] / V.V.Bulatov, Yu.V.Vladimirov. - M.: Nauka, 2015. - 735 p. [in Russian]
5. Sutherland B.R. Internal gravity waves / B.R.Sutherland. - Cambridge: Cambridge University Press, 2010. - 394 p.
6. Miropol'skii Yu.Z. Dynamics of internal gravity waves in the ocean /Yu.Z.Miropol'skii, O.V.Shishkina. - Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001. - 421 p
7. Pedlosky J. Waves in the ocean and atmosphere: introduction to wave dynamics / J.Pedlosky. - Berlin–Heidelberg: Springer, 2010. - 260 p.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.117>

Гайдукова Е.В.¹, Джалалванд А.², Синкпеун Л.³

¹ORCID: 0000-0002-3547-5538, кандидат технических наук, доцент,

²ORCID: 0000-0003-2311-5065, аспирант,

³ORCID: 0000-0001-9297-2904, аспирант,

Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), г. Санкт-Петербург
**АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ
 ХАРАКТЕРИСТИК НА РЕЧНЫХ БАСЕЙНАХ ИРАНА**

Аннотация

В статье рассматривается возможность применения методики оценки последствий изменения климата к речным бассейнам Ирана. В качестве исследуемых взяты бассейны рек Сефидруд и Карун. Апробация методики произведена на ретроспективном материале с выделением маловодных и многоводных фаз водности с целью имитации условий изменения климата. В основе прогнозной методики лежит уравнение Фоккера–Планка–Колмогорова. Получено, что для надежных оценок статистических характеристик речного стока рек Ирана необходимо использовать региональные зависимости для параметров прогнозного уравнения.

Ключевые слова: гидрология, прогнозирование, разностно-интегральные кривые, ретроспективные данные, изменение климата.

Gaidukova E.V.¹, Jalalvand A.², Sinkpehoun L.³

¹ORCID: 0000-0002-3547-5538, PhD in Engineering, Associate professor,

²ORCID: 0000-0003-2311-5065, postgraduate student,

³ORCID: 0000-0001-9297-2904, postgraduate student,

Russian State Hydrometeorological University (RSHU), Saint-Petersburg

**APPROBATION OF METHODS OF LONG-TERM FORECASTING OF STATISTICAL CHARACTERISTICS
 ON RIVER BASINS OF IRAN**

Abstract

The article considers the possibility of applying the methodology for assessing consequences of the climate change to the river basins of Iran. The paper investigates Sefid-Rūd and Kārun river basins. Approbation of the technique was performed with the help of retrospective material with the identification of low-water and high-water content phases with the aim of simulating climate change conditions. The forecast method is based on the Fokker-Planck-Kolmogorov equation. According to the results, reliable estimates of statistical characteristics of the river flow in Iran, it is necessary to use regional dependencies for the parameters of the forecast equation.

Keywords: hydrology, forecasting, difference integral curves, retrospective data, climate change.

Введение

В настоящее время факт изменения климата подтверждается инструментальными данными [1]. Возникает задача оценки последствий изменения климата на различные отрасли экономики. Существует несколько подходов в этом направлении (см. например, [2], [3], [4], [5]), в том числе методика, разработанная в Российском государственном гидрометеорологическом университете (РГГМУ) [6].

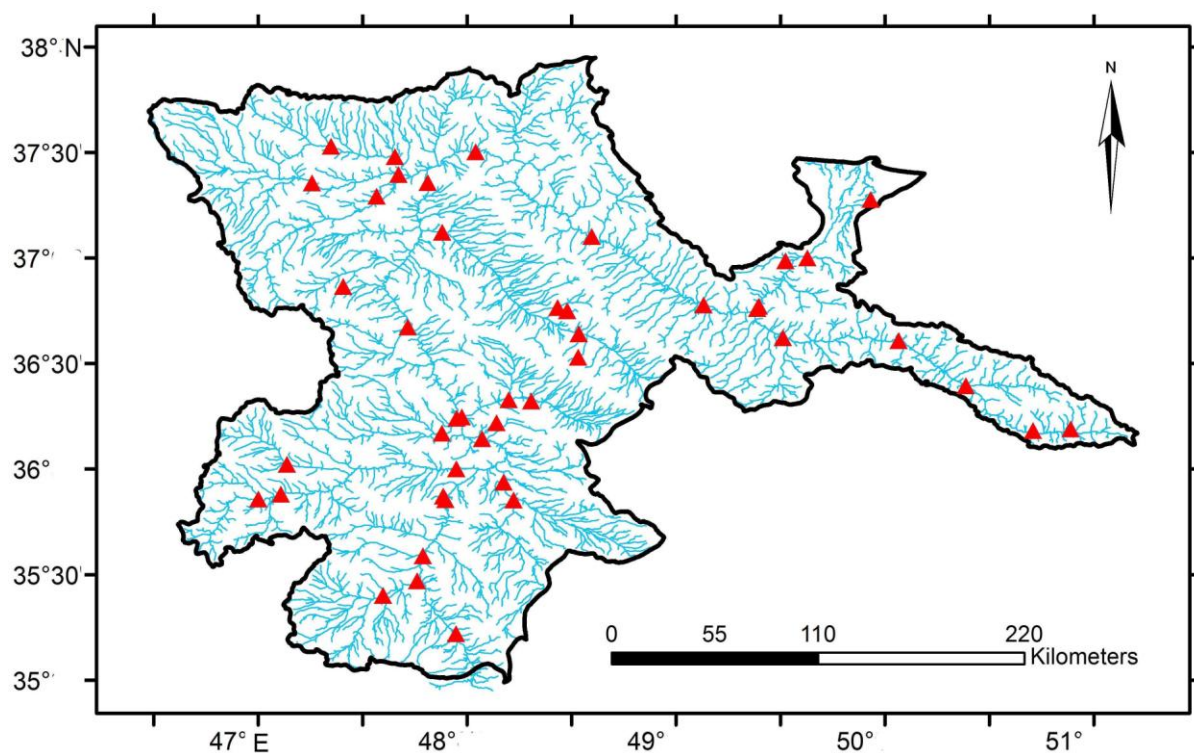
Целью данного исследования является апробация методики РГГМУ на речных бассейнах Ирана на ретроспективном материале, т. е. составление поверочных прогнозов статистических характеристик речного стока.

Исходные данные

В качестве исследуемых речных бассейнов были взяты водосборы рек Сефидруд и Карун, которые располагаются на севере и юго-западе Ирана. Расположение гидрологических постов в бассейнах Сефидруд и Карун представлено на рис. 1. Были отобраны посты с незарегулированным стоком и замыкающие зональные площади водосборов. Всего получилось 28 постов из 56 имеющихся. Продолжительность рядов составляет в среднем 39 лет, большинство рядов начинаются с 1968 года и заканчиваются 2006 годом.

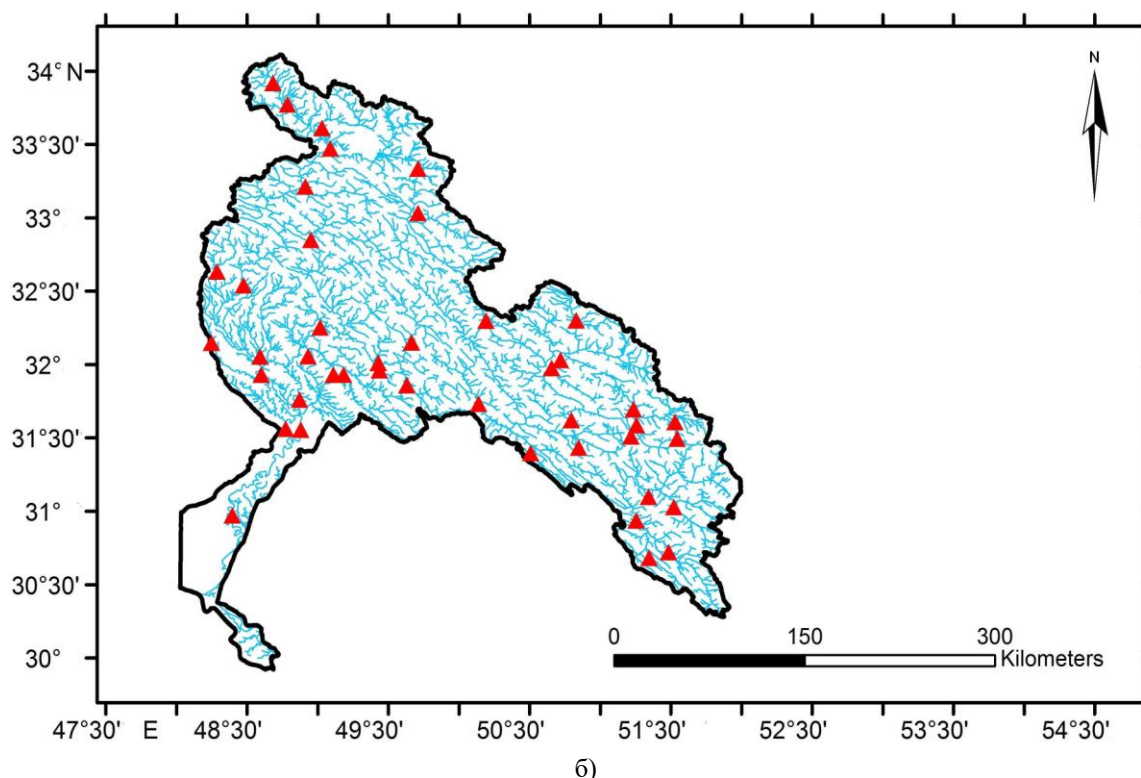


а)



б)

Рис. 1 – Местоположение речных бассейнов Сефидруд и Карун (а) и гидрологических постов (б)
(окончание на стр.82)



Окончание рис. 1 – Местоположение речных бассейнов Сефидруд и Карун (а) и гидрологических постов (б)

Методика ретроспективных прогнозов

В основе методики РГГМУ лежит уравнение Фоккера–Планка–Колмогорова (ФПК), которым описывают эволюцию плотности вероятности марковских случайных процессов. Частным случаем уравнения ФПК для стационарных случайных процессов является уравнение Пирсона:

$$\frac{dp}{dQ} = \frac{Q - a}{b_0 + b_1 Q + b_2 Q^2} p, \quad (1)$$

где p – плотность вероятности; Q – характеристика речного стока; a, b_0, b_1, b_2 – постоянные коэффициенты.

Решением уравнения (1) является семейство кривых плотности вероятности Пирсона, используемые в инженерной гидрологии. Так как к уравнению Пирсона переходим от ФПК, то коэффициенты приобретают физический смысл, связываясь со свойствами подстилающей поверхности и внешними климатическими факторами. Следовательно, наличие сценарных оценок климатических элементов позволяет оценить возможное сценарное распределение стока.

С учетом того, что климатические сценарии имеют квазистационарный характер (т. е. без изменений за данный интервал времени, за который заданы сценарные оценки метеоэлементов) для практического применения уравнение ФПК можно аппроксимировать системой уравнений для начальных статистических моментов m_i ($i = 1, 2$):

$$\begin{aligned} -\bar{c}m_1 + \bar{N} &= 0; \\ -2\bar{c}m_2 + 2\bar{N}m_1 + G_{\tilde{N}} &= 0, \end{aligned} \quad (2)$$

где $\bar{c} = 1/k\tau$; $\bar{N} = \bar{X}/\tau$; k – коэффициент стока; τ – время релаксации речного бассейна (для многолетнего стока $\tau = 1$ год); $G_{\tilde{N}}$ – интенсивность климатического шума; \bar{X} – интенсивность осадков; m_1, m_2 – первый и второй момент соответственно.

Данная система упрощена от первоначального варианта по следующим соображениям [6]: 1) не учитывается коэффициент эксцесса из-за небольшой продолжительности рядов, приводящей к большим погрешностям при построении вероятностного распределения стоковых характеристик; 2) для коэффициента асимметрии C_s используется его районное соотношение с коэффициентом вариации C_v ; 3) ликвидируются внутренние и взаимные шумы системы для получения устойчивых решений в текущем и в ожидаемом климате; 4) интенсивность климатического шума $G_{\tilde{N}}$ принимается постоянной при изменении климата.

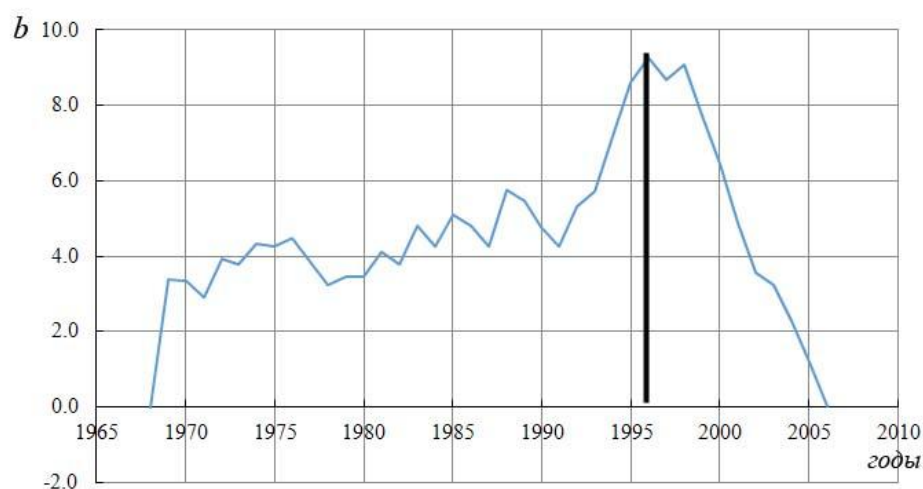
Перед использованием системы уравнений (2) для сценарной оценки вероятностных распределений многолетнего годового стока Ирана, необходимо проверить выполнения допустимых условий ее применимости и обосновать справедливость расчетов будущих состояний исследуемого процесса по рассматриваемой методике. Эти анализы можно сделать на основе имеющихся ретроспективных рядах наблюдений.

Алгоритм ретроспективных прогнозов характеристик стока содержит следующие этапы.

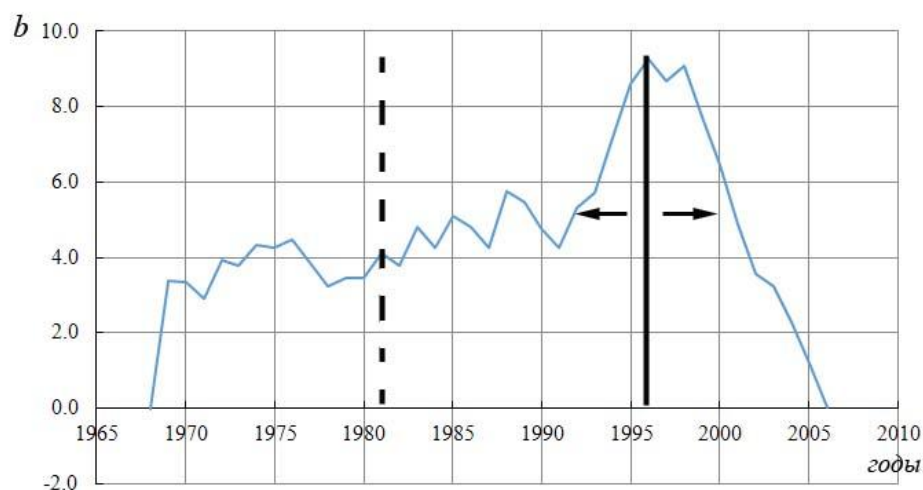
1) Разделение ряда расходов воды на части максимально неоднородные друг к другу. Для этого были построены разностно-интегральные кривые, которые показали, что все ряды имеют маловодный и многоводный периоды. На рис. 2 представлен алгоритм выбора года максимального расхождения однородности по среднему. Необходимо было найти год, делящий ряд наблюдений на два периода, разница по среднему между которыми максимальная. По описанному алгоритму были определены года максимального расхождения однородности по среднему для 5 % у. з.

2) Параметризация и прогноз. По данным о средних значениях стока и осадков одной части рассчитываются начальные моменты m_1 , m_2 и коэффициенты вариации и стока. Зная коэффициент стока, определяется параметр \bar{C} . Далее обратным решением системы (2) находится величина интенсивности климатического шума $G_{\tilde{N}}$. На этом заканчивается этап параметризации модели.

Далее, зная $G_{\tilde{N}}$, параметр \bar{C} и норму осадков за вторую часть ряда, определяются прогнозные значения моментов m_i путем решения системы (2). От моментов переходим к прогнозным значениям статистических характеристик (норма, C_v и C_s). Коэффициент асимметрии определяется по соотношению C_s/C_v , коэффициент вариации по формуле $C_v = \sqrt{m_2 - m_1^2} / m_1$.



*Проверка на
однородность ряда,
поделенного на части
с учетом водности*

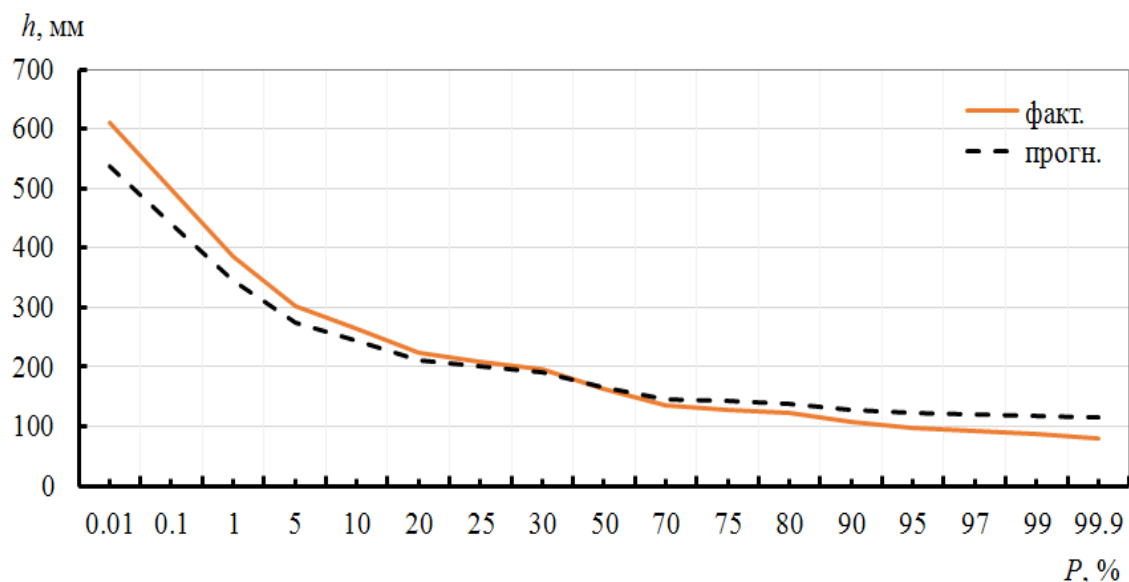


*Поиск максимально
неоднородных частей
путем сдвига
разделяющего года*

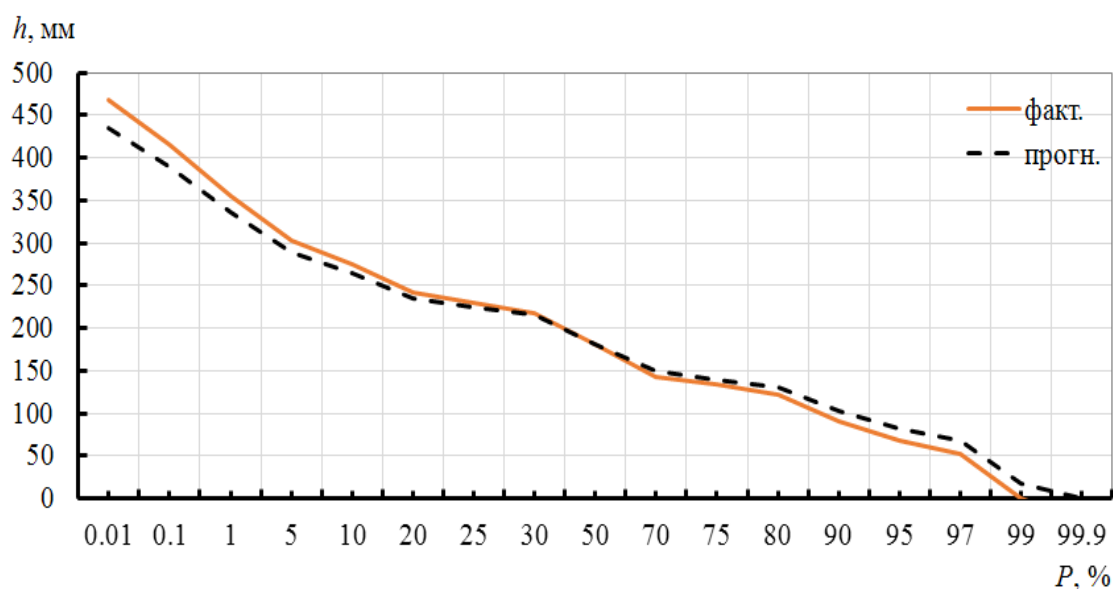
Рис. 2 – Алгоритм разделения рядов стока на две части ($b = \sum(K_i - 1)/C_v$, где K_i – модульный коэффициент)

Осуществлялись прямые (параметризация производилась по первой части ряда, а прогноз давался на вторую часть) и обратные (параметризация производилась по второй части ряда, и прогноз давался на первую часть) прогнозы. При прогнозах коэффициент стока оставлялся постоянным, т. е. рассчитанным по параметризуемой части ряда.

Результаты, полученные по ретроспективным прогнозам (норма, коэффициенты вариации и асимметрии стока), позволяют построить прогнозные кривые обеспеченностей, которые сравнивались с фактическими. Пример таких кривых показан на рис. 3. Большинство прогнозных кривых имеют значимые отклонения от фактических в зоне малых и больших обеспеченностей.



а)



б)

Рис. 3 – Пример фактических и прогнозных кривых обеспеченностей: а – прямой прогноз, б – обратный прогноз (пост Pole Kereh Bast бассейна р. Карун)

Оценка эффективности ретроспективных прогнозов (т. е. проверка соответствия прогнозной кривой фактической) производилась по критерию согласия Пирсона (χ^2); результаты показаны в табл. 1 для двух уровней значимости (у.з.).

Таблица 1 – Результаты поверочных прогнозов при оценке критерием χ^2

Гидрологический пост	Прямой прогноз		Обратный прогноз	
	5 % у.з.	10 % у.з.	5 % у.з.	10 % у.з.
Бассейн реки Карун				
Patave	+	+	+	+
Kata	–	–	+	+
Pole Kereh Bast	–	–	+	+
Solegan	–	–	+	+
Kohe Sokhte	–	–	+	+
Behesht Abad	–	–	+	+
Barez	+	+	+	+
Arman	+	+	+	+
Rahim Abad	+	+	–	–
Dorud (Tire)	+	+	–	–

Окончание табл. 1 – Результаты поверочных прогнозов при оценке критерием χ^2

Гидрологический пост	Прямой прогноз		Обратный прогноз	
	5 % у.з.	10 % у.з.	5 % у.з.	10 % у.з.
Sepid Dashte Sezar	+	+	+	+
Tange Panj-e Sezar	+	+	+	+
Tange Panj	+	+	+	+
Dashte Bozorg	–	–	+	+
Бассейн реки Сефидруд				
Bianlod	+	+	–	–
Salalmat Abad	+	+	–	–
Gamishgan	+	+	–	–
Gara goni	+	+	–	–
Yenki Kand	+	+	+	+
Sarcham	+	+	+	+
Pole Dokhtar	+	+	–	–
Igdomosh	–	–	+	+
Octor	+	+	+	+
Nesare Olia	+	+	–	–
Shadi Abad	+	+	–	–
Mah Neshan	+	+	–	–
Myane Sharichai	–	–	+	+
Myane Gharngcho	–	–	+	+
Gilavan	+	+	+	+

Анализ табл. 1 показал, что при прямом прогнозе оправдалось 20 прогнозов из 28 (для уровней значимости 5 и 10 %), что составляет 71 %. При обратном прогнозе оправдалось 19 прогнозов, что составляет 67 %. В общем получено, что оправдалось 39 прогнозов из 56 – это составляет 69 %. Методика, по которой получены подобные результаты, относится по эффективности прогнозов к категории удовлетворительных. Улучшение результатов прогноза можно получить при использовании локальных зависимостей, например, коэффициента стока с климатическими характеристиками или факторами подстилающей поверхности. Составление подобных зависимостей позволит прогнозировать коэффициент стока в зависимости от климатических и антропогенных сценариев.

Выводы

При прогнозировании статистических характеристик речного стока рек Ирана на ретроспективном материале получены удовлетворительные результаты, которые можно улучшить использованием региональных зависимостей параметров прогнозного уравнения от климатических характеристик.

Список литературы / References

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [Электронный ресурс] // IPCC, 2017. – Режим доступа: <http://www.ipcc.ch> (дата обращения 09.11.2016).
2. Гельфан А. Н. Динамико-стохастическое моделирование формирования стока / А. Н. Гельфан. – М.: Наука, 2007. – 279 с.
3. Георгиевский В. Ю. Гидрологический режим и водные ресурсы / В. Ю. Георгиевский, А. Л. Шалыгин // В кн. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. – М.: Росгидромет, 2012. – С. 53–86.
4. Добровольский С. Г. Глобальные изменения речного стока / С. Г. Добровольский. – М.: Геос. – 2011. – 659 с.
5. Vinogradov Y. B. An approach to the scaling problem in hydrological modelling: the deterministic modelling hydrological system / Y. B. Vinogradov, O. M. Semenova, T. A. Vinogradova // Hydrological Processes, № 25. – 2011. – P. 1055–1073.
6. Методические рекомендации по оценке обеспеченных расходов проектируемых гидротехнических сооружений при неустановившемся климате / В. В. Коваленко, Н. В. Викторова, Е. В. Гайдукова и др. – СПб.: изд. РГМУ. – 2010. – 51 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [Electronic resource] // IPCC, 2017. – URL: <http://www.ipcc.ch> (accessed: 09.11.2016).
2. Gelfan A. N. Dinamiko-stokhasticheskoye modelirovaniye formirovaniya stoka [Dynamic stochastic modeling of flow formation] / A. N. Gelfan. – M., Nauka. 2007. 279 p. [in Russian]
3. Georgiyevskiy V. YU. Gidrologicheskiy rezhim i vodnyye resursy [Hydrological regime and water resources] / V. YU. Georgiyevskiy, A. L. Shalygin // In book Metody otsenki posledstviy izmeneniya klimata dlya fizicheskikh i biologicheskikh sistem [Methods for assessing the effects of climate change on physical and biological systems]. – M., Roshydromet. 2012. – P. 53–86. [in Russian]
4. Dobrovolskiy S. G. Global'nyye izmeneniya rechnogo stoka [Global changes in river flow] / S. G. Dobrovolskiy. – M., Geos. 2011. 659 p. [in Russian]
5. Vinogradov Y. B. An approach to the scaling problem in hydrological modelling: the deterministic modelling hydrological system / Y. B. Vinogradov, O. M. Semenova, T. A. Vinogradova // Hydrological Processes, № 25. – 2011. – P. 1055–1073.

6. Metodicheskiye rekomendatsii po otsenke obespechennykh raskhodov proyektiruyemykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy pri neustanovivshemsya klimate [Methodical recommendations for the assessment of the secured costs of the projected hydraulic structures under unsteady climate] / V. V. Kovalenko, N. V. Viktorova, E. V. Gaidukova et al. – SPb., izd. RSHU, 2010. – 51 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.129>

Китов М.В.

ORCID: 0000-0001-6691-3097, аспирант

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УЧАСТКОВ ЗАЛЕЖИ В АГРОЛАНДШАФТАХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РАЙОНА

Аннотация

По космическим снимкам высокого разрешения локализовано более 2,5 тыс. участков брошенной пашни на территории Белгородской области и соседних административных районов Курской и Воронежской областей. Оценена доля локализованной залежи по 33 муниципальным районам и городским округам ЦЧР. Проведен морфометрический анализ участков локализованной залежи по основным показателям: уклон, экспозиция, высота над уровнем моря. Выявлены сочетания морфометрических условий, способствующих оставлению пашни на территории агроландшафтов лесостепи. Показано, что в целях создания репрезентативной сети опорных (ключевых) участков залежи большую долю должны получить участки, расположенные на склонах юго-западной, южной и юго-восточной экспозиции, при этом внимание должно быть уделено как участкам с уклоном свыше 3 градусов, так и относительно ровным участкам (уклон до 2 градусов).

Ключевые слова: залежи, заброшенные земли, морфометрический анализ, лесостепь, агроландшафт.

Kitov M.V.

ORCID: 0000-0001-6691-3097, postgraduate student,

Belgorod State National Research University

MORPHOMETRIC ANALYSIS FALLOW LAND IN THE AGRO-LANDSCAPES OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

Abstract

According to high resolution satellite images are localized more than 2.5 thousand abandoned arable land in the Belgorod region and neighboring municipal districts of the Kursk and Voronezh regions. The share of localized fallow land in 33 municipal districts and urban districts of the central-chernozem area is estimated. Morphometric analysis of the sites of a localized fallow lands was carried out per the main indicators: slope, exposure, height above sea level. Combinations of morphometric conditions that contribute to the abandonment of arable land in agro-landscape areas of the forest-steppe are revealed. It is shown that in order to establish a representative network of support (core) portions fallow land greater share should get the sites located on the slopes of the south-western, southern and south-eastern exposure, consideration should be given to both areas with a slope of more than 3 degrees, and Relatively flat areas (slope up to 2 degrees).

Keywords: fallow land, abandoned land, morphometric analysis, forest steppe, agricultural landscape.

Введение. Проблема образования залежей на территории пост советской России уделено достаточно большое влияние как в российских [2,8], так и в зарубежных исследованиях [6], [7].

Исследования российских авторов в основном опираются на данные ежегодно собираемой статистики, в то время как исследования зарубежных авторов основаны на применении данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) из космоса, преимущественно спутниковых снимком Landsat TM / ETM + с пространственным разрешением 30 метров. Основным преимуществом определения залежей при помощи ДДЗ из космоса является возможность перейти от общей оценки площади залежи к географически координированным участкам, однако данный способ определения залежей имеет ряд особенностей, ограничивающих его применение [4], [9].

Улучшения точности и достоверности дистанционного определения залежей достигается при помощи классификации с использованием обучаемого непараметрического классификатора – метода опорных векторов (Support Vector Machines-SVM). Основным условием данного метода является использование тренинг-эталонов, которые в данном случае должны представлять собой репрезентативную сеть опорных (ключевых) участков залежей [5].

Белгородская область входит в состав Центрально-черноземного района (ЦЧР) и расположена в контактной зоне лесостепи и степи, доля лесов здесь не превышает 10 %, доля сенокосов и пастбищ составляет менее 20 %, пашня занимает более 60 % площади области. Агроландшафты Белгородской области отличаются сильной расчлененностью овражно-балочной сетью, густота которой колеблется от 0.9 до 2.5 км/км² [1], в связи с чем одним из факторов, оказывающих непосредственное влияние на забрасывание пашни в регионе, является сложный рельеф [3], характеризующийся разнообразным сочетанием морфометрических показателей.

При проведении данного исследования нами была поставлена цель локализовать участки залежи в агроландшафтах лесостепи по космическим снимкам высокого разрешения и провести их морфометрический анализ на примере территории Белгородской области и соседних административных районов Курской и Воронежской областей.

Объекты и методы. Для оценки площади залежи в Белгородской области и соседних районах Курской и Воронежской областей использованы данные территориальных органов Федеральной службы государственной статистики. Данные об общей площади земель, площади пашни и других сельскохозяйственных и

нессельскохозяйственных угодьях в получении по запросу (форма 22-2) в территориальных управлениях федеральной службы геодезии и картографии.

Оценка площади залежи 5-ти (Sz5), 10-ти (Sz10), 15-ти (Sz15) летнего возраста в муниципальных районах и городских округах Белгородской и Курской областей произведена по формулам:

$$Sz5 = Pp90 - Pp10 - 15, \quad (1)$$

$$Sz10 = Pp90 - Pp05 - 15, \quad (2)$$

$$Sz5 = Pp90 - Pp00 - 15, \quad (3)$$

где Pp90 – посевная площадь в 1990 г., Pp10-15 – максимальное значение посевной площади в период 2010 – 2015 гг., Pp05-15 – максимальное значение посевной площади в период 2005 – 2015 гг., Pp00-15 – максимальное значение посевной площади в период 2000 – 2015 гг.

Локализация участков залежи произведена путем визуальной оцифровки (из сравнения цветового тона и оценки его неоднородности) участков брошенной пашни по космическим снимкам высокого пространственного разрешения с общедоступных сервисов (Google Maps, Bing и др.). Формирование базы данных (БД) по участкам залежных угодий проводили при помощи программы QGIS, версия 2.18.1.

Для построения цифровой модели рельефа на исследуемую территорию использовали данные радарной интерферометрической съемки SRTM (Shuttle radar topographic mission). Оценка основных морфометрических показателей залежей (уклон, экспозиция, высота над уровнем моря) проводили с использованием программных продуктов GRASS GIS 7.0.5 и Microsoft Excel 365.

Результаты и их обсуждение. Всего в ходе данной работы на территории 33 муниципальных районов 3-х областей ЦЧР нами было выделено 2560 участков предполагаемой залежи общей площадью 35267,32 га, из них 1516 участков площадью 19207,82 га – на территории Белгородской области (табл. 1).

Таблица 1 – Оценка площади залежи на исследованной территории, га

Наименование муниципального образования	Залежь, га		Наименование муниципального образования	Залежь, га	
	5 лет 2010–2014 гг.	Локали- зовано 2017 г.		5 лет 2010–2014 гг.	Локали- зовано 2017 г.
Белгородская область	130926	19207,82	Чернянский	4174	229,10
Алексеевский			Шебекинский	6455	490,51
Белгородский	10605	919,27	Яковлевский	1709	583,28
Борисовский	24296	2245,87	г. Белгород	378	222,30
Валуйский	577	31,90	Курская область	21325	2910,20
Вейделевский	10972	833,54	Беловский		
Волоконовский	5598	1225,65	Горшеченский	458	160,83
Грайворонский	3715	528,40	Мантуровский	10672	1679,86
Губкинский	1656	154,90	Обоянский	2584	172,84
Ивнянский	5381	702,49	Пристенский	4157	444,92
Корочанский	2397	218,20	Воронежская область	-*	13144,72
Красненский	5889	1225,73	Каменский		
Красногвардейск.	1672	629,91	Нижедевицк.	-	3366,15
Краснояржуский	6428	1183,73	Ольховатский	-	2040,39
Новооскольский	416	66,34	Острогожск.	-	1110,34
Прохоровский	7668	671,19	Репьёвский	-	2066,76
Ракитянский	5052	525,89	Россошанский	-	1376,76
Ровеньский	2418	86,47		--	3184,32
Ровеньский	6957	956,92			
Старооскольский	16513	5476,23			

Примечание: * – Оценка площади залежи по данным статистики не проводилась в связи с отсутствием данных по посевной площади с.-х. культур в 1990 году в территориальном отделе ФСГС по Воронежской области.

Путем оцифровки космических снимков высокого разрешения нам удалось локализовать только часть залежи по Белгородской (14,7%) и Курской (13,6%) областям. Причем доля идентифицированных участков варьирует в широких пределах от 3,6% в Ракитянском районе до 37% в Красненском.

Собранные данные о локализации участков залежи позволили оценить распространение залежных участков в агроландшафтах лесостепи ЦЧР и определить их основные морфометрические показатели (уклон, экспозиция, высота над уровнем моря) при помощи цифровой модели рельефа, построенной по данным радарной интерферометрической съемки SRTM (Shuttle radar topographic mission).

Включение в исследуемую территорию соседних районов Курской и Воронежской областей показало, что резкого увеличения площади залежи при пересечении границы Белгородской области не происходит. Наименьшая площадь залежи как в Белгородской, так и в Курской областях расположены в административных районах, отмечающихся высокой урожайностью с.-х. культур. Наибольшая площадь залежи в Белгородской области расположена в юго-восточных районах, а распространение залежи в соседних районах Воронежской области лишь подтверждает тенденцию увеличения площади брошенной пашни при продвижении на юго-восток.

В результате исследования выявлено, что на исследуемой территории основная площадь залежи сосредоточена на землях, имеющих уклон от 1 до 2 градусов и составляет 8346,46 га. При этом, наибольшее число залежных участков (619 уч.) сосредоточено на землях с уклоном от 3 до 4 градусов, но занимают такие участки суммарно меньшую площадь – 6780,25 га.

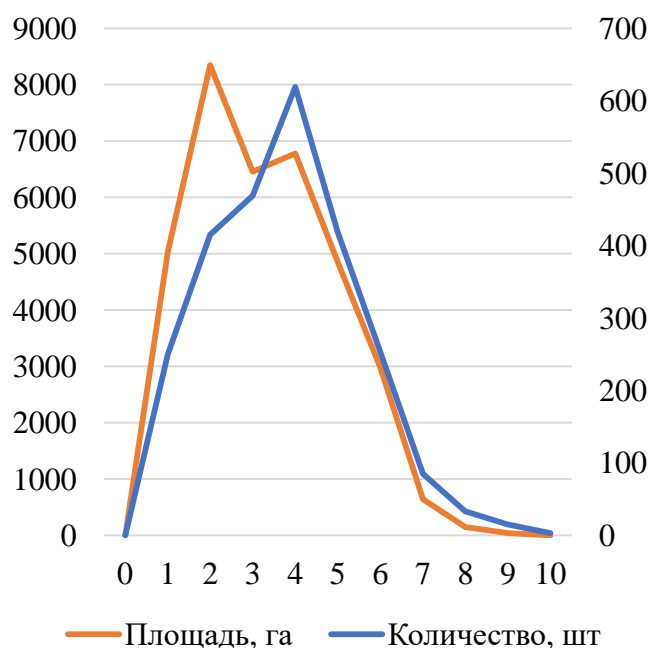


Рис. 1 – Распределение участков залежи в зависимости от уклона, градусы

Необходимо отметить, что 19835,16 га локализованной залежи (56%) расположено на землях, имеющих уклон до 3 градусов, а на склонах свыше 7 градусов расположено только 191,15 га (0,5%) локализованной залежи. Средняя площадь участка залежи на землях с уклоном от 2 до 3 градусов составляет 13,75 га, что близко к среднему значению (13,8 га), при этом в диапазоне от 1 до 10 градусов с увеличением уклона средняя площадь участка залежи стабильно уменьшается, составляя 20,4 га и 1,1 га соответственно.

На землях, имеющих высоту над уровнем моря в пределах 140 – 200 метров сосредоточено 70,8% залежных участков, занимающих площадь 24976,43 га. Если принять оценивать долю залежи с шагом 20 метров, то наибольшая доля залежи приходится на земли, расположенные на отметках 160 – 180 метров над уровнем моря (29,3%).

Проведенная нами оценка экспозиции участков залежи позволила выявить, что наибольшая площадь залежи расположена на склонах юго-западной (27,6%), южной (22,6%) и юго-восточной (15,9%) экспозиции, а наименьшая – на северной (0,6%).

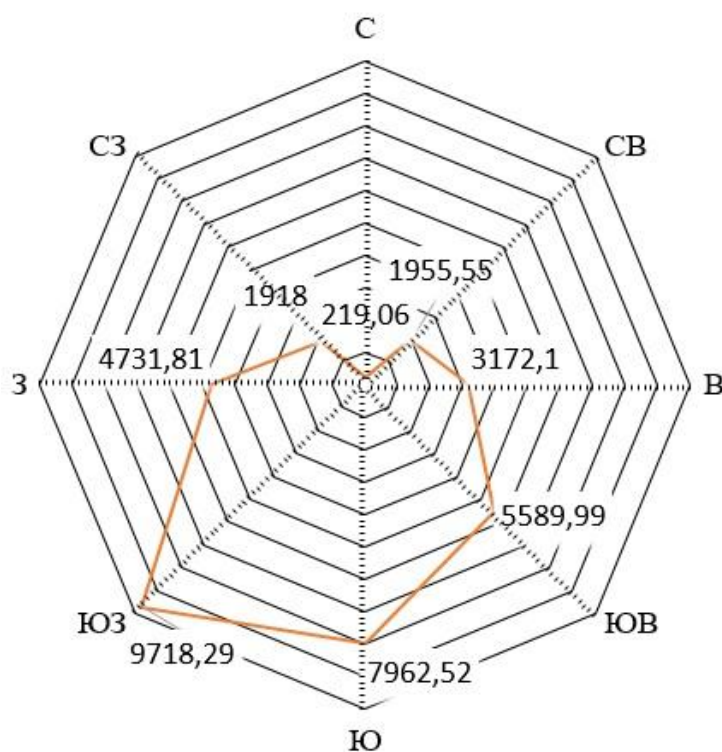


Рис. 2 – Распределение участков залежей в зависимости от экспозиции, га

Причем, при средней площади участка залежи в 13,8 га на склонах юго-западной экспозиции средняя площадь участка достигает 16,4 га, а на склонах северной экспозиции – только 3,7 га.

Закключение. С помощью визуального определения залежи на космических снимках высокого разрешения на удалось визуально локализовать 2560 участков залежи общей площадью 35267,32 га по Белгородской области и соседним районам Курской и Воронежской областей.

Морфометрический анализ участков залежи показал, что наибольшая площадь залежи преимущественно расположена на склонах юго-западной (27,6%) и южной экспозиции (22,6%), а наименьшая – на северной (0,6%). Несмотря на то, что достаточно большое количество участков залежи расположено на склонах свыше 3 градусов (1426 уч. или 55,7%), наибольшая площадь залежи приходится на относительно ровные земли, имеющие уклон до 3 градусов (19835,16 га или 56,2%).

Таким образом, при создании сети опорных (ключевых) участков залежи большую долю в ней должны получить участки, расположенные на склонах юго-западной, южной и юго-восточной экспозиции, при этом внимание должно быть уделено как участкам с уклоном свыше 3 градусов, так и относительно ровным участкам (уклон до 2 градусов).

Включение в региональную опорную сеть (ключевых) участков залежи, участков залежи без учета их морфометрических особенностей и их распространения в региональном агроландшафте может привести к снижению точности калибровки результатов при дистанционных методах исследования залежи.

Список литературы / References

1. Лисецкий Ф.Н. Природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области: атлас: учеб.-справ. картогр. пособие / Ф.Н. Лисецкий, В.А. Пересадыко, С.В. Лукин и др. – Белгород: изд-во Белгор. гос. ун-та, 2005. – 179 с.
2. Люри Д.И. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв / Д.И. Люри, С.В. Горячкин, Н.А. Караваева, Е.А. Денисенко, Т.Г. Нефедова – М.: ГЕОС, 2010. – 416 с.
3. Малышев А. В. Процессы естественного воспроизводства агрогенно нарушенных почв на территории Белгородской области в залежном режиме // Молодой ученый. – 2017. – №9. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10211> (дата обращения: 25.03.2017).
4. Маринина О.А. Особенности дистанционного выявления залежных участков и проблемы целевого использования земель сельскохозяйственного назначения / О.А. Маринина Э.А. Терехин, Ж.А. Кириленко, Д.М. Курлович, Н.В. Ковальчик // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10211> (дата обращения: 25.03.2017).
5. Meyfroidt P. Drivers, Constraints and Trade-Offs Associated with Recultivating Abandoned Cropland in Russia, Ukraine and Kazakhstan / P. Meyfroidt, F. Schierhorn, A.V. Prishchepov, D. Müller, T. Kuemmerle // Global Environmental Change. – 2016. – Vol. 37. P. 1–15. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2016.01.003
6. Pazúr R. Spatial determinants of abandonment of large-scale arable lands and managed grasslands in Slovakia during the periods of post-socialist transition and European Union accession. / R. Pazúr, J. Lieskovský, J. Feranec, J. O'ahel' // Applied Geography. – 2014. – № 10 (54). – С. 118–128. DOI: 10.1016/j.apgeog.2014.07.014
7. Prishchepov A.V. The effect of Landsat ETM/ETM + image acquisition dates on the detection of agricultural land abandonment in Eastern Europe / A.V. Prishchepov, V.C. Radeloff, M. Dubinin, C. Alcantara // Remote Sensing of Environment. – 2012. – №. 126. – P. 195–209. DOI: 10.1016/j.rse.2012.08.017
8. Смелянский И.Э. Сколько в степном регионе России залежей? // Степной бюллетень. – 2012. № 36. С. 4–7.
9. Терехин Э.А. Анализ спектральных свойств сельскохозяйственной растительности Белгородской области по спутниковым данным MODIS // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Естественные науки. – 2013. – № 10 (153). – С. 150–156.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Lisetskiy F.N. Prirodnye resursy i ekologicheskoe sostoyanie Belgorodskoy oblasti. [Natural resources and the ecological state of the Belgorod region: Atlas: training and reference mapping guide] / Lisetskiy F.N., Peresad'ko V.A., Lukin and others. Belgorod: izd-vo Belgor. gos. un-ta Belgorod, 2005. – 179 p. [in Russian]
2. Lyuri D.I. Dinamika sel'skokhozyaystvennykh zemel' Rossii v XX veke i postagrogennoe vosstanovlenie rastitel'nosti i pochv [Dynamics of agricultural lands of Russia in XX century and postagrogenic restoration of vegetation and soils] / D.I. Lyuri, S.V. Goryachkin, N.A. Karavaeva, E.A. Denisenko, T.G. Nefedova. – M.: GEOS, 2010. – 416 p. [in Russian]
3. Malyshev A. V. Protsessy estestvennogo vosproizvodstva agrogenno narushennykh pochv na territorii Belgorodskoy oblasti v zalezhnom rezhime [The processes of natural reproduction of agrogenically disturbed soils on the territory of the Belgorod region in the fallow regime] // Molodoy uchenyy [Young scientist]. – 2017. – № 9. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10211> (accessed: 25.03.2017) [in Russian]
4. Marinina O.A. Osobennosti distantsionnogo vyyavleniya zaleznykh uchastkov i problemy tselevogo ispol'zovaniya zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya [Characteristics remote detection fallow land trust and problems of agricultural land use] / O.A. Marinina, E.A. Terekhin, Zh.A. Kirilenko, Kurlovich D.M., Koval'chik N.V. // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]. – 2013. – № 5 (225). – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10211> (accessed: 25.03.2017) [in Russian]
5. Meyfroidt P. Drivers, Constraints and Trade-Offs Associated with Recultivating Abandoned Cropland in Russia, Ukraine and Kazakhstan / P. Meyfroidt, F. Schierhorn, A.V. Prishchepov, D. Müller, T. Kuemmerle // Global Environmental Change. – 2016. – Vol. 37. P. 1–15. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2016.01.003
6. Pazúr R. Spatial determinants of abandonment of large-scale arable lands and managed grasslands in Slovakia during the periods of post-socialist transition and European Union accession. / R. Pazúr, J. Lieskovský, J. Feranec, J. O'ahel' // Applied Geography. – 2014. – №. 10 (54). – С. 118–128. DOI: 10.1016/j.apgeog.2014.07.014

7. Prishchepov A.V. The effect of Landsat ETM/ETM + image acquisition dates on the detection of agricultural land abandonment in Eastern Europe / A.V. Prishchepov, V.C. Radeloff, M. Dubinin, C. Alcantara // Remote Sensing of Environment. – 2012. – №. 126. – P. 195–209. DOI: 10.1016/j.rse.2012.08.017

8. Smelyanskiy I.E. Skol'ko v stepnom regione Rossii zalezhey? [As in the steppe region of fallow land?] // Stepnoy byulleten' [Steppe Bulletin]. – 2012. – № 36. – P. 4–7. [in Russian]

9. Terekhin E.A. Analiz spektral'nykh svoystv sel'skokhozyaystvennoy rastitel'nosti Belgorodskoy oblasti po sputnikovym dannym MODIS [Analysis of spectral properties of agricultural vegetation of the Belgorod region on MODIS satellite data] // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Estestvennye nauki [Scientific bulletin Belgorod State University. Series Natural sciences]. – 2013. – № 10 (153). – P. 150–156. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.043>

Миненкова В.В.

ORCID: 0000-0003-4184-2522, Кандидат географических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»

СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ГОРНО-РЕКРЕАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ: ЛАНДШАФТНЫЙ ПОДХОД

Аннотация

Актуальным вопросом современного развития рекреационной географии является оценка туристско-рекреационного потенциала территорий. Большинство методов такой оценки основывается на интегрально-факторном подходе. Применение ландшафтного подхода в оценке туристско-рекреационного потенциала и особенностей развития туризма позволяет отказаться от трудоемкого процесса анализа отдельных факторов геосистем, а также перейти к другим принципам проведения рекреационного районирования. В особенности данный подход актуален в условиях горно-рекреационных комплексов, отличающихся контрастностью и мозаичностью ландшафтов.

Ключевые слова: горно-рекреационные комплексы, особенности эксплуатации и функционирования, туристско-рекреационный потенциал, ландшафты.

Minenkova V.V.

ORCID: 0000-0003-4184-2522, PhD in Geography, Associate Professor,

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State University"

PECULIARITIES OF MINING AND RECREATIONAL COMPLEXES DEVELOPMENT IN MODERN SOCIETY: LANDSCAPE APPROACH

Abstract

The assessment of touristic and recreational potential of the territories is a topical issue of modern recreational geography. Most of the methods of such assessment are based on the integral-factor approach. The application of landscape approach in the assessment of touristic and recreational potential and the peculiarities of tourism development enables abandoning labour-intensive process of analyzing certain geo-system factors. We can, instead, move on to other principles of recreational zoning. In particular, this approach is relevant for mountain-recreational complexes, characterized by contrast and mosaic landscapes.

Keywords: mountain-recreational complexes, operation and functioning features, touristic and recreational potential, landscapes.

Ландшафтная контрастность – фактор, повышающий туристскую привлекательность территории, поэтому туристские районы часто формируются в местах с большим природным разнообразием. Туризм и особенно активный туризм развивается в тех частях окраин, которые выделяются повышенным ландшафтным разнообразием [2, С. 29]. К таким природным системам относятся горные территории.

Основным вопросом организации и эффективного функционирования горно-рекреационных комплексов (ГРК) остается определение их оптимальной функционально-пространственно-планировочной структуры, которая должна рассматриваться преимущественно во взаимосвязи с горным ландшафтом. Для горного ландшафтогенеза выделяют по крайней мере три принципиально важные закономерности: высотная зональность, сложность их пространственной структуры и динамичность развития [1, С. 7].

Высотную зональность можно рассматривать как универсальную географическую закономерность пространственной дифференциации ландшафтов в горных регионах. С увеличением высоты над уровнем моря быстро меняются биоклиматические параметры, подавляющее большинство которых являются важнейшими при оценке туристско-рекреационного потенциала территории (солнечная радиация, атмосферная циркуляция, термический режим, режим влажности и осадков). Меняются также предпосылки для изменения почвенно-растительного покрова, значение которого в качестве рекреационного ресурса очень велико, так как с ним связано оздоровительное влияние ландшафта благодаря ионизационным и фитонцидным свойствам растений. Кроме этого рекреационные ресурсы напрямую зависят от факторов, определяющих бальнеологические и эстетические особенности ландшафтов.

Горное рекреационное природопользование тесно связано с высотной зональностью природных условий. При этом рекреационные виды деятельности могут присутствовать во всех высотных зонах. Супруненко Ю.П. отмечает, что «особую актуальность приобретают вопросы формирования дифференцированных по разным горным районам и высотным зонам оптимальных сочетаний рекреационной и других видов хозяйственной деятельности. Достаточно перспективными являются многоуровневые, т.е. протяженные по вертикали горно-рекреационные зоны». [6]

Горные ландшафты привлекают многочисленных рекреантов скальными вершинами разной степени сложности, склонами, удобными для горнолыжного катания, чистым горным воздухом, высокой эстетической ценностью, связанной с их разнообразием, контрастностью, мозаичностью распределения, обилием видовых точек с высокой открытостью горизонта и глубиной перспективы. Разные особенности горных ландшафтов могут быть положены в основу определения рекреационной специализации горных территорий.

Оценка высоты местности, климатические условия, особенности рельефа, снежного покрова, лавинной опасности определяют оптимальные условия для разных видов рекреационного освоения территории.

Прямое воздействие на организм человека (а порой и саму возможность пребывания человека в том или ином районе) оказывает изменение климата в зависимости от высоты над уровнем моря. В зависимости от состояния организма человека выделяют следующие горные пояса:

1. Зона индифферентности (до 2000 м), где заметных реакций в организме человека не происходит.
2. Зона полной компенсации (2000-4000 м), где в организме появляются сдвиги, которые могут полностью восстанавливаться.
3. Зона неполной компенсации (выше 4000 м), где появляются отчетливые признаки гипоксии и возникает ряд расстройств организма. [3, С. 13].

В зонах полной и неполной компенсации туристы, прибывшие с равнин, будут испытывать существенный дискомфорт (порой весьма опасный для состояния здоровья) и, как правило, всегда нуждаются в акклиматизации в течение 3-5 дней. Когда пребывание рекреантов связано с активным отдыхом, данный процесс в особенности важен, поскольку в противном случае туристы не смогут переносить физические нагрузки даже средней тяжести. Это предопределяет целесообразность размещения туристских центров – мест основного размещения туристов на высоте не более 2000 м. При этом зоны активной рекреации (радиальные маршруты, горнолыжные трассы) могут охватывать субальпийский, альпийский и даже нивальный пояса. Ежедневное посещение более высоких поясов будет иметь тренирующий терапевтический характер воздействия на организм человека.

В целом ГРК целесообразно классифицировать по продолжительности пребывания рекреантов, что также напрямую можно связывать с высотой расположения комплекса над уровнем моря. Безусловно, на организационную структуру ГРК будут оказывать влияние его удаленность от крупных населенных пунктов, связь с соседними туристско-рекреационными комплексами, социально-экономическая структура территории, которые в разной степени будут влиять на продолжительность пребывания рекреантов. Так, ГРК, расположенные в низкогорных местностях, будут использоваться преимущественно для кратковременного отдыха, востребованы жителями близлежащих населенных пунктов, с которыми они связаны прямым транспортным сообщением. Кроме того, эти ГРК играют важную роль в организации экскурсионного обслуживания рекреантов, отдыхающих длительное время в предгорных районах.

ГРК длительного пребывания рекреантов формируются в наиболее привлекательных в природном и климатическом отношении местностях, где аттрактивными являются природные, климатические условия местностей, но главное – уникальные ландшафты и условия для активного отдыха. Такие ГРК формируются в среднегорных и высокогорных районах, на значительном удалении от населенных пунктов и крупных городов.

При этом практика эксплуатации ГРК у нас в стране и за рубежом показывает, что не только территориальная близость городских поселений определяет возможность использования комплекса для кратковременного отдыха, равно как и удаленность его – для длительного, а также ряд психологических и экономических факторов, для выявления которых необходимо проведение специальных исследований. [3, С. 44]

С учетом особенностей природных условий и высотным положением выделяются существующие и перспективные типы рекреационного освоения горных территорий: межгорно-котловинный, горно-долинный, нагорный, вершинный, внутригорный на значительных абсолютных высотах (около 300 м), высокогорно-удаленный, вулканогенно-ледниковый, вулканический, освоения малых гор и др. При каждом типе освоения немаловажна рекреационная составляющая: в высокогорно-удаленном и вершинном – рекреация выступает главенствующей формой природопользования, в котловинном, долинном, нагорном – занимает существенное место наряду с другими формами природопользования. [5]

В прошлом ГРК классифицировались по времени функционирования (сезонности). Еще в советский период учитывалось, что в ГРК должны создаваться благоприятные условия «для обеспечения переменного режима функционирования: зимой – горные и беговые лыжи, санный спорт; летом – туризм и другие виды летнего спорта; круглогодично – климатотерапия» [3]. Сегодня сезонность функционирования ГРК также зависит от географического положения ГРК над уровнем моря, от ландшафта, в котором он расположен. При этом оценка туристско-рекреационного потенциала ГРК может иметь не одно, а возможно и не два значения, в зависимости от времени года, для которого она рассчитывается. Подавляющее число авторов проводит оценку биоклимата в целях анализа туристско-рекреационного потенциала ГРК только для зимнего периода. Например, средней оптимальной температурой для зимнего периода принимается изотерма января 5-6 °С на высоте 1500-1800 м. Отклонения от этой температуры будут соответственно снижать оценку термического характеристики ГРК. При этом очевидна необходимость и целесообразность расчета оптимальной температуры в ГРК для летних видов рекреации, которые существенно отличаются от зимних.

Подобный подход должен применяться и для других критериев комплексной оценки туристско-рекреационного потенциала ГРК. Особенности рельефа горных территорий, используемых в рекреационных целях, следует также рассматривать с точки зрения возможности организации горнолыжного спорта в зимнее время года и пешего туризма, альпинизма – в летнее. Очевидно, что оптимальные показатели глубины, густоты расчленения, крутизны склонов для разных видов рекреации должны отличаться.

В то же время природно-климатические особенности ГРК обуславливают профили его эксплуатации и специализации, которыми могут выступать лечебно-оздоровительный и спортивно-оздоровительный туризм.

Выявление доминирующего профиля является залогом успешного развития ГРК и также связано с особенностями ландшафта, в котором расположен туристский комплекс.

Особое место среди горных ландшафтов занимают нивально-гляциальные, которые используются в основном для развития горнолыжного отдыха. От их качественных характеристик, зависит вместимость, значимость и безопасность рекреационного пространства, продолжительность комфортного горнолыжного сезона, удобство технологических связей между элементами горнолыжного комплекса, возможность трассировки горнолыжных спусков тех или иных категорий. Критериями их оценки могут выступать высота залегания естественного снежного покрова толщиной 40 см, крутизна склонов, густота расчленения, другие. Важнейшие границы, определяющие многие рекреационные характеристики нивально-гляциальных ландшафтов, нестабильны и чрезвычайно зависимы от условий климата.

Развитие туризма в горно-рекреационных комплексах имеет особенности экологического воздействия. Негативное воздействие туризма особенно ярко проявляется в горных территориях. Это объясняется особой уязвимостью гор к внешнему воздействию и развитию здесь видов туризма, существенно отличающихся от равнинных видов. Основным принципом контроля над состоянием окружающей среды является поддержание пропускного потенциала туристского региона или конкретных туристских объектов. Экологическая идеология должна «закладываться в фундамент новых ГРК и учитываться при реструктуризации старых, ибо напрямую от этого будет зависеть их дальнейшее функционирование. [4]

В заключении важно отметить, что в основе прикладных географических исследований в сфере туризма должен лежать объективный научный анализ геосистем, который может опираться на результаты фундаментальных ландшафтных исследований. Роль ландшафта, его элементов и их взаимосвязь чрезвычайно важны при оценке туристско-рекреационного потенциала.

Список литературы / References

1. Авессаломова И.А. Горные ландшафты: структура и динамика: учебное пособие / И.А. Авессаломова, М.Н. Петрушина, А.В. Хорошеев. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. – 158 с.
2. Зырянов А.И. Регион: пространственные отношения природы и общества: автореф. дисс. ... д-р геогр. наук: 25.00.24: защищена 01.11.2007 / Зырянов Александр Иванович. Пермь, 2007. – 42 с.
3. Максимов О.Г. Горно-рекреационные комплексы / О.Г. Максимов, Е.А. Ополовникова. – М.: Стройиздат, 1981. – 120 с.
4. Миненкова В.В. Особенности экологического воздействия туризма в горных территориях / В.В. Миненкова // Материалы II Региональной научно-практической конференции «Курортно-рекреационный комплекс в системе регионального развития». Краснодар: КубГУ, 2005. – С. 83-91.
5. Миненкова В.В. Туризм как фактор социально-экономического развития горных регионов (на примере республик Центрального Кавказа): дисс... канд. геогр. наук: 25.00.24: защищена 20.06.2003 / Миненкова Вера Владимировна. Краснодар, 2003. – 223 с.
6. Супруненко Ю.П. Геоэкологические принципы организации горно-рекреационного природопользования. URL: <http://rgo.msk.ru/commissions/tourism/2007-03-13.html>. (дата обращения: 20.02.2017)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Avessalomova I.A. Gornye landshafty: struktura i dinamika: uchebnoe posobie [Mountain landscapes: structure and dynamics] / I.A. Avessalomova, M.N. Petrushina, A.V. Horosheev. – M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 2002. – 158 p. [in Russian]
2. Zyrjanov A.I. Region: prostranstvennye otnosheniya prirody i obshchestva [Region: spatial relations of nature and society]: dis. ... of PhD in Geography: 25.00.24 : defense of the thesis 01.11.2007 / Zyrjanov Aleksandr Ivanovich. Perm', 2007. – 42 p. [in Russian]
3. Maksimov O.G. Gorno-rekreacionnye komplekсы [Mountain-recreational complexes] / O.G. Maksimov, E.A. Opolovnikova. – M.: Strojizdat, 1981. – 120 p. [in Russian]
4. Minenkova V.V. Osobennosti jekologicheskogo vozdejstviya turizma v gornyh territorijah [Features of the ecological impact of tourism in mountainous areas] / V.V. Minenkova // Materialy II Regional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii «Kurortno-rekreacionnyj kompleks v sisteme regional'nogo razvitiya» [Proceedings of the II Regional Scientific and Practical Conference «Resort and Recreational Complex in the System of Regional Development»]. – Krasnodar: KubGU, 2005. – P. 83-91.
5. Minenkova V.V. Turizm kak faktor social'no-jekonomicheskogo razvitiya gornyh regionov (na primere respublik Central'nogo Kavkaza) [Tourism as a factor of the socio-economic development of mountain regions (on the example of the Central Caucasian republics)]: dis. ... of PhD in Geography: 25.00.24 : defense of the thesis 20.06.2003 / Minenkova Vera Vladimirovna. Krasnodar, 2003. – 223 p. [in Russian]
6. Suprunenko Ju.P. Geojekologicheskie principy organizacii gorno-rekreacionnogo prirodo-pol'zovanija [Geoecological principles of organization of mountain-recreational nature management]. URL: <http://rgo.msk.ru/commissions/tourism/2007-03-13.html>. (accessed: 20.02.2017) [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.181>Ним Ю.А.¹, Романова Л.П.², Илларионова М.Г.³¹Доктор геолого-минералогических наук, профессор, ^{2,3}студент,

ФГАОУ ВПО Северо-Восточный федеральный университет

ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИИ ДВУХПЕТЛЕВОГО ДИПОЛЬНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО И НАКЛОННОГО ТОНКОГО ЭЛЕКТРОПРОВОДНОГО ПЛАСТА МЕТОДОМ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация

Рассматриваются математические модели неустановившегося электромагнитного поля горизонтального электропроводного пласта, возбуждаемого горизонтальным магнитным диполем, на базе которых методом изображений и численным экспериментом сконструированы новые математические модели, описывающие неустановившееся электромагнитное поле крутопадающего тонкого электропроводного пласта, возбуждаемого вертикальным магнитным диполем – аналитическое описание технологии дипольного варианта методом переходных процессов, обеспеченная, в основном, физическим моделированием. Результаты математического моделирования соответствуют теоретическим основам метода, данным физических экспериментов и теории “родственных” технологий – модификаций дипольного электромагнитного профилирования.

Ключевые слова: неустановившееся электромагнитное поле, численный эксперимент, крутопадающий пласт, дипольный вариант метода переходных процессов.

Nim Y.A.¹, Romanova L.P.², Illarionova M.G.³¹PhD in Geology and Mineralogy, ^{2,3}student,

North Eastern federal university

NUMERICALLY-ANALYTICAL MODEL OF TWO-LOOP DIPOLE PROFILING TECHNOLOGIES OF VERTICAL AND STEEPLY THIN CONDUCTIVE INCLINED SEAM BY TRANSITION PROCESS

Abstract

The paper considers the mathematical models of transient electromagnetic field of the horizontal electrically conductive seam excited by a horizontal magnetic dipole, based on which with the help of images and numerical experiment method a new mathematical model was developed describing the transient electromagnetic field of steeply thin conductive inclined seam excited by a vertical magnetic dipole – the analytical description of the technology of dipole version transients, provided mainly by physical modeling. The results of the mathematical modeling correspond to the theoretical foundations of the method, the data of physical experiments and theory of “related” technology - modifications of dipole electromagnetic profiling.

Keywords: transient electromagnetic field, numerical experiment, steeply inclined seam, dipole variant of transient method.

Поиск и картирование тонких вертикальных и наклонных рудных тел, тектонических нарушений и тому подобных характерных геологических структур является одной из основных задач рудной электроразведки. В том числе и наиболее эффективного современного индуктивного метода – метода переходных процессов (МПП). Но, аналитическое обеспечение технологии электропрофилирования крутопадающих пластов из-за известных сложностей аналитического решения электродинамических задач такой структурной схемы, базируется главным образом на результатах физического моделирования [1], [4], [5], [10]. Несмотря на достаточно долгую историю развития и применения метода переходных процессов (МПП), он до сих пор используется в основном в однопетлевом (совмещенном) и рамочно-петлевом вариантах [1], [10], хотя в рудной электроразведке переменным током преобладают более естественные технологии дипольного электропрофилирования [1], [3], [5], [10]. В практике поисково-картировочных работ дипольный вариант МПП (ДВМПП) достаточно эффективно эпизотически применяется при решении таких же задач, как и классическим методом дипольного индуктивного профилирования. В этой связи представляет научный и практический интерес экспериментально-численный способ определения аналитических моделей неустановившегося электромагнитного поля вертикального и наклонного тонкого электропроводящего геологического пласта (аппроксимированного известной математической моделью-полуплоскостью S [6], [7], [8], [9], [10]), в качестве теоретического обеспечения технологии электропрофилирования МПП характеризующимся неоднородностью возбуждающего поля.

Методика разработки математической модели вертикальной полуплоскости детально изложена в работе [7]. Здесь же рассмотрим некоторые новые модели, полученные численным экспериментом над вертикальным и наклонным пластами, пространственно отличающиеся от технологий однопетлевого и рамочно-петлевого вариантов [1], [10]. Более широкое применения ДВМПП ограничивается недостаточной технико-экономической разработанностью метода и его аналитическим обеспечением. Поэтому также, как и в работе [8], применяя метод зеркальных изображений, по схеме, показанной в работе [7] получаем математические модели, аналитически описывающие технологическое обеспечение дипольного варианта МПП [1], [4], [9].

$$\dot{B}_{1r}^x(t) = \frac{3M_x}{2\pi S} \cos \varphi \alpha \frac{a^2 - 4r^2}{(a^2 + r^2)^{7/2}}, \quad \text{где} \quad a = \frac{2t}{\mu S} - 2h + z \quad (1)$$

$$\dot{B}_{2r}^x(t) = \frac{3M_x}{2\pi S} \cos \varphi \alpha_1 \frac{a_1^2 - 4r^2}{(a_1^2 + r^2)^{7/2}}, \quad \text{где} \quad a_1 = \frac{2t}{\mu S} - z \quad (2)$$

где $\dot{B}_{1r}^x(t)$, $\dot{B}_{2r}^x(t)$ - горизонтальные компоненты магнитной индукции над и под

плоскость S; S - продольная

проводимость плоскости; r, φ, z - цилиндрические координаты; M_x - момент горизонтального магнитного диполя; t - время наблюдения; μ - магнитная проницаемость; N - точки наблюдения.

При этом неустановившееся электромагнитное поле над вертикальной полуплоскостью, описанное полем горизонтального магнитного диполя (\dot{B}_r) [8], получено математической моделью, описывающей электромагнитное поле горизонтальной плоскости [6,7], но используя метод зеркальных изображений, учитывающий условную границу земля-воздух, получим электромагнитное поле вертикального диполя над полуплоскостью S. Применяя к этой полуплоскости формулу (3) с разными расстояниями между возбуждающим и приемным диполем, находим электромагнитное поле разнесенных диполей (ДВМПД).

На рис.1 приведены графики электропрофилирования методом переходных процессов в дипольном варианте над вертикальной полуплоскостью, рассчитанные по формулам (1,2) [8], [9]. Применением метода зеркальных изображений получим переориентированные в пространстве формулы, по результатам численного эксперимента которых по схеме работы [4] построены графики профилирования соответствующие графикам вертикального

магнитного диполя $\dot{B}_{r(z)}$ над вертикальной полуплоскостью.

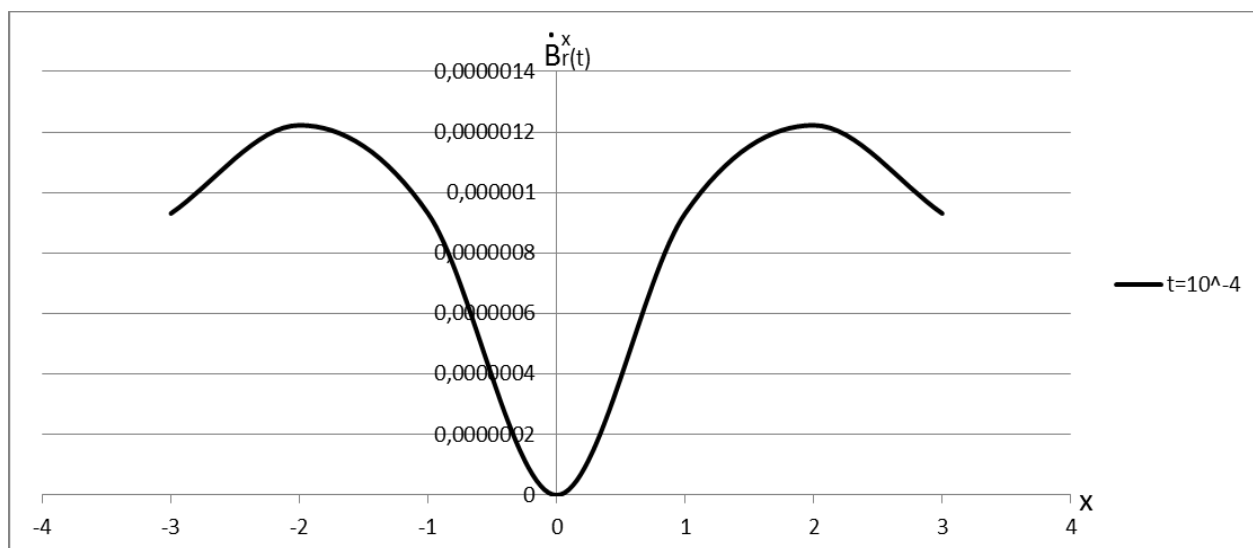


Рис. 1 – Расчетные графики электропрофилирования электропроводного тонкого вертикального пласта в дипольном варианте МПП.

Таблица 1 – Расчетные значения скорости радиальной компоненты магнитной индукции \dot{B}_r ,

переориентированные методом зеркальных изображений в вертикальную компоненту \dot{B}_z над вертикальным пластом.

x	t	a	Br
3	0,0001	14,92357	9,31E-07
2	0,0001	13,92357	1,22E-06
1	0,0001	14,92357	9,31E-07
0	0,0001	0	0
-1	0,0001	14,92357	9,31E-07
-2	0,0001	13,92357	1,22E-06
-3	0,0001	14,92357	9,31E-07

Для аналитического обеспечения технологии электропрофилирования наклонных пластов рассмотрим качественную модель электромагнитного профилирования наклонных пластов [6]. Применяя к этой модели метод зеркальных изображений, рассчитав поле и построив графики профилирования замечаем их сходство с данными физического моделирования (ДВМПД) [1], расчётным и экспериментальным значением ДИП, данными физического моделирования горизонтальных полей над полуплоскостью S [5], [6], [7], [8], [10]. На рис.2 приводятся аналогичные графики, рассчитанные по формуле (3), полученные суперпозицией неустановившихся электромагнитных полей вертикального и горизонтального магнитных диполей, расположенных под разными углами к горизонту [6], но здесь применяется классический метод зеркальных изображений, относительно плоской границе раздела для учета влияния поверхности земля-воздух [2], [8], [10].

$$\dot{B}_z^z(t) = \frac{3M_z}{\pi S r^4 \cos^4 \alpha} \frac{3 - \bar{a}^2 (1 + \cos^2 \alpha) + \sin^2 \alpha}{(1 + \bar{a}^2)^{7/2}}, \quad (3)$$

$$\bar{a} = \frac{1}{\cos \alpha} \left(-\sin \alpha + 2\bar{H} \cos \alpha + \frac{2t}{\mu S r} \right),$$

где α – угол наклона полуплоскости S к условной поверхности земля-воздух,

$\bar{H} = \frac{H}{r}$, H – кратчайшие расстояния от точки наблюдения до пласта, M_z – момент вертикального магнитного диполя.

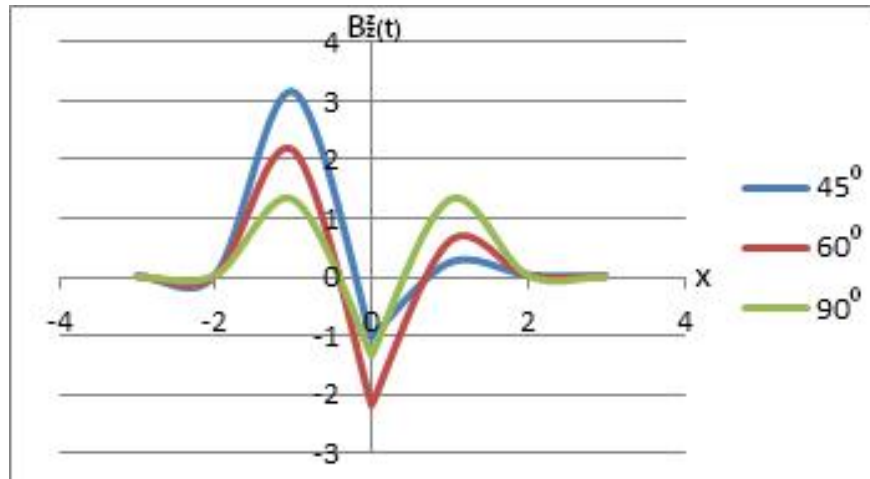


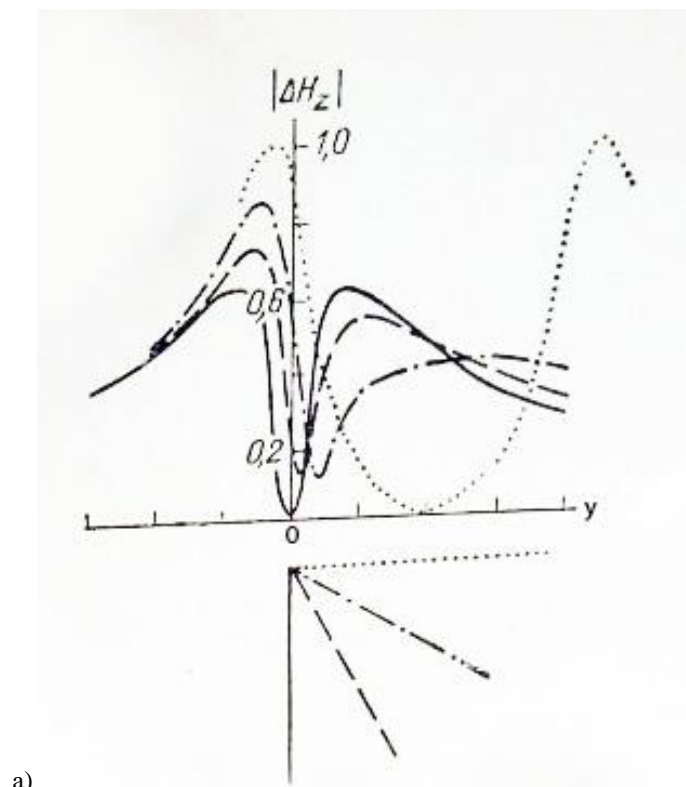
Рис. 2 – Расчетные графики электропрофилирования дипольным вариантом МПП тонкого электропроводного наклонного пласта

Таблица 2 – Расчетное значение скорости радиальной компоненты магнитной индукции \dot{B}_r переориентированной методом зеркальных изображений в вертикальную компоненту \dot{B}_z над наклонным пластом

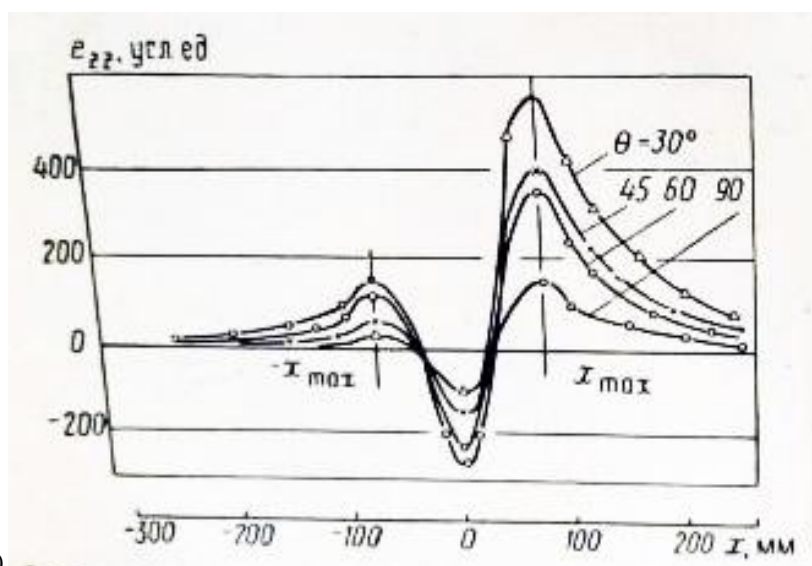
t	α	m	Bz(t)	x	t	α	m	Bz(t)	x
0,001	60	5,512768	0,002963	-3	0,001	90	7,639822	0,009502	-3
0,001	60	3,512768	0,024085	-2	0,001	90	5,639822	0,041485	-2
0,001	60	-0,48723	2,15707	-1	0,001	90	2,639822	1,338758	-1
0,001	60	0,512768	-2,19863	0	0,001	90	2,639822	-1,33876	0
0,001	60	0,512768	-2,19863	0	0,001	90	2,639822	-1,33876	0
0,001	60	1,512768	0,607309	1	0,001	90	2,639822	1,338758	1
0,001	60	3,512768	0,024085	2	0,001	90	5,639822	0,041485	2
0,001	60	5,512768	0,002963	3	0,001	90	7,639822	0,009502	3
t	α	m	Bz(t)	x	t	α	m	Bz(t)	x
0,001	45	7,411426	0,006028	-3					
0,001	45	5,411426	0,027651	-2					
0,001	45	1,811426	3,164834	-1					
0,001	45	2,411426	-1,05969	0					
0,001	45	2,411426	-1,05969	0					
0,001	45	3,411426	0,237878	1					
0,001	45	5,411426	0,027651	2					
0,001	45	7,411426	0,006028	3					

Результаты численно-экспериментального моделирования переходных процессов по формуле (3) над наклонной полуплоскостью под разными углами с разнесенными диполями соответствуют аналогичным графикам, построенным по данным физического моделирования (рис.3,4) экспериментальным и теоретическим расчетом гармонического поля для технологий родственных методов ДИП, ДЭМП [1], [3], [4], [10].

Таким образом, численным экспериментом известных математических моделей, преобразованных методом зеркальных изображений, получена аналитическая форма описания неустановившегося электромагнитного поля крутопадающих и наклонно залегающих пластов применительно к технологии МПП, в частности, дипольного варианта МПП.



а)



б)

Рис. 3 – Графики дипольного индуктивного профилирования над тонким электропроводным а – вертикальным и б – наклонным пластами

Список литературы / References

1. Аузин А.К. Электроразведка. Спецкурс по индуктивным и радиоволновым методом рудной электроразведки. М.:Недра, 1977. – 133 с.
2. Бинс К., Лафренсен П. Анализ и расчет электрических полей.- М.: Энергия, 1970. – 376 с.
3. Дмитриев В.И., Барышникова И.А., Захаров Е.В. Аномальные электромагнитные поля пластовых тел Монография. Ленинград, "Недра", 1977. – 168 с.
4. Ефимов А.Д. Дипольный вариант МПП и некоторые результаты его применения при поисках месторождений медно-никелевых руд / Методы разведочной геофизики, вып. 26. Электроразведка. Л., НПО «Геофизика», 1976. – 168 с.
5. Захаров В.Х. Электроразведка методом дипольного индуктивного профилирования. - Л.: Недра. 1975. – 224 с.
6. Исаев Г.А., Ним Ю.А., Рабинович Б.И. Тонкий низкоомный пологозалегающий пласт в поле вертикального магнитного диполя // Тр. СНИИГиМС. - 1973. - Вып. 172. – 190 с.
7. Кауфман А.А., Алексеев Д.А., Ористальо М.О. Принципы электромагнитных методов наземной геофизики. Пер. с англ. Тверь: Международная Ассоциация "АИС", 2016. – 558 с.
8. Ним Ю.А., Романова Л.П., Илларионова М.Г. Экспериментально-численное исследование импульсного электромагнитного поля пластовой горизонтально-неоднородной структуры при ее возбуждении горизонтальным магнитным диполем // Разведка и охрана недр. 2015. - №11. – 60 с.

9. Ним Ю.А., Омеляненко А.В., Стогний В.В. Импульсная электроразведка криолитозоны. Новосибирск: Изд. ОИГГМ СО РАН. 1994. – 188 с.

10. Руководство по применению метода переходных процессов в рудной геофизике / Под ред. Ф.М. Каменецкого. - Л.: Недра, 1979. – 345 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Auzin A.K. Electrorazvedka. Speckurs po induktivnim i radiovolnovim metodom rudnoi electrorazvedki [Goelectrics. Special course on radio wave and inductive method of electrical ore]. M.: Nedra, 1977. – 133 p. [in Russian]

2. Beans K., Lafrensen P. Analis i raschet electriceskikh fields [Analysis and calculation of electric poley]. - M.: Energy, 1970. – 376 p. [in Russian]

3. Dmitriev V.I., Baryshnikov I.A., Zakharov E.V. Anomalnie electromagnitnie polya plastovih tel. Monografiya [Abnormal electromagnetic fields reservoir bodies. Monograph]. Leningrad, "Nedra", 1977. – 168 p. [in Russian]

4. Efimov A.D. Dipolnii variant MPP i nekotore rezultati ego primeneniya pri poiskah mestorozhdeniy medno-nikelevih rud / Metodi razvedochnoi geofiziki, vip. 26. Elektrorazvedka [The dipole version of the WFP, and some results of its application in the search for deposits of copper-nickel ores / Methods of Exploration Geophysics, vol. 26. Goelectrics]. - L.: NGO "Geophysics", 1976. – 168 p. [in Russian]

5. Zakharov W.H. Elektrorazvedka metodom dipolnogo induktivnogo profilirovaniya [Goelectrics dipole inductive method of profiling]. - L.: Nedra. 1975. – 224 p. [in Russian]

6. Isaev G.A., Nim Y.A., Rabinovich B.I. Tonkiy nizkoomniy pologo-zalegauchiy plast v pole vertikalnogo magnitnogo dipolya [Thin low-impedance flat-lying layer in the vertical magnetic dipole] // Tr. SNIIGiMS. - 1973.- Vol. 172.- 190 p. [in Russian]

7. Kaufman A.A., Alekseev D.A., Oristalo M.O. Principi electromagnitnih metodov nazemnoi geofiziki [Principles ground electromagnetic geophysical methods]. Trans. from English. Tver: International Association "AIS", 2016. – 558 p. [in Russian]

8. Nim Y.A., Romanova L.P., Illarionova M.G. Eksperimentalno-chislennoe issledovanie impulsnogo electromagnitnogo polya plastovoy gorizontально-neodnorodnoi strukturi pri ee vzbujdenii gorizontальnim magnitnim dipolem [Experimental and numerical study of pulsed electromagnetic field formation horizontally inhomogeneous structure when excited by a horizontal magnetic dipole] // Exploration and conservation of mineral resources. - 2015. - №11. – 60 p. [in Russian]

9. Nim Y.A., Omeljanenko A.V., Stogniy V.V. Impulsnaya electrorazvedka kriolitozoni [Impulse electrical permafrost zone]. Novosibirsk.: Branch of the RAS. 1994. – 188 p. [in Russian]

10. Rukovodstvo po primeneniu metoda perehodnih processov v rudnoi geofizike [Guidance on the application of the method of transient processes in ore geophysics] / edited. FM Kamenetskogo. - L.: Nedra, 1979. – 345 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.042>Беркович В.Н.¹, Бабкин А.В.²¹ORCID: 0000-0003-0915-7170, Доктор физико-математических наук, ²соискатель,

Донской казачий государственный институт пищевых технологий и бизнеса

(филиал) «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)» в г. Ростове-на-Дону

**КОЛЕБАНИЯ УПРУГОГО ПОЛУПРОСТРАНСТВА С ДВУМЯ ИЗЛУЧАЮЩИМИ ДЕФЕКТАМИ
КОНЕЧНОЙ ДЛИНЫ****Аннотация**

Работа посвящена рассмотрению задачи динамической теории упругости об установившихся колебаниях, возникающих в массивном упругом теле на начальной стадии предразрушения материала в условиях антиплоской деформации. Колебания генерируются в теле двумя излучающими дефектами. Математическая постановка вышеуказанной проблемы сводится к смешанным задачам для уравнения Гельмгольца. Метод решения основан на их сведении к эквивалентной системе граничных интегральных уравнений. Изучены вопросы разрешимости этих уравнений и установлена структура их решений. Рассматриваемая задача связана с математическим описанием волновых полей, возникающих при реализации методов неразрушающего контроля на основе явления акустической эмиссии.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, математическая модель, смешанная краевая задача, интегральное преобразование, граничное интегральное уравнение.

Berkovich V.N.¹, Babkin F.V.²¹ORCID: 0000-0003-0915-7170, PhD in Physics and Mathematics, ²postgraduate student,

Don Cossacks' State Institute of Food Industry and Business (branch)

"MGUTU named after K.G.Razumovsky (FCU)" in Rostov-on-Don

**VIBRATIONS OF ELASTIC HALF-SPACE CONTAINING TWO RADIATING DEFECTS
OF FINITE LENGTH****Abstract**

The paper is devoted to the study of the dynamic problem of steady vibrations arising in the massive elastic body in the initial pre-destructive stage of its material under antiplane deformation. Vibrations are generated by two radiating defects in the body. Mathematical statement of problem mentioned above is reduced to mixed boundary value problems for Helmholtz equation. The method to find its solution is based on reducing ones to the equivalent system of boundary integral equations. Solvability problem of equations is studied and the structure of its solution is established. The problem in question is connected with mathematical description of wave field when realizing non-destructive testing based on acoustic emission phenomena.

Keywords: non-destructive testing, mathematical model, mixed boundary value problem, integral transform, boundary integral equation.

В последние годы становится актуальным развитие и применение методов неразрушающего контроля надежности эксплуатации технологического оборудования предприятий и объектов ответственного назначения в различных отраслях промышленности. Все более актуальными становятся задачи оценки и прогнозирования остаточного ресурса объектов, находящихся в эксплуатации.

Одним из путей решения сформулированной проблемы является мониторинг прочности материала различных элементов оборудования на ранних стадиях его разрушения в процессе эксплуатации с помощью диагностики неразрушающего контроля, основанной на явлении акустической эмиссии [1], [2]. Суть метода акустической эмиссии состоит в анализе параметров чрезвычайно слабого ультразвукового излучения, сопровождающего любое изменение либо повреждение (дефект) структуры металлов, их сплавов, композиционных материалов. Существующая аппаратура акусто-эмиссионной диагностики позволяет регистрировать на свободной поверхности сигналы эмиссии. Установление взаимосвязи между характеристиками сигналов и параметрами диагностируемых дефектов осуществляется на основе построения физико-математических моделей возникающих волновых процессов.

Указанные выше обстоятельства послужили причиной построения и анализа следующей ниже математической модели.

Будем рассматривать смешанную задачу динамической теории упругости об установившихся колебаниях упругого полупространства Ω с двумя излучающими линейными дефектами, моделируемыми с помощью разрезов J_1, J_2 конечной длины l_1, l_2 и выходящими на свободную границу Γ полупространства под углами α_1, α_2 . На берегах разрезов $J_{1,2}^\pm$ находятся источники гармонических колебаний $W(x, y, t)$ пространственного сдвига $f_{1,2} \exp(-i\omega_{1,2} t)$ с разными частотами ω_1, ω_2 соответственно. В условиях установившихся колебаний требуется восстановить волновое поле во всех точках полупространства Ω .

Математическое моделирование указанного процесса сводится к решению системы дифференциальных уравнений динамической теории упругости (например, [3] и др.), для которых осуществляется постановка смешанной краевой задачи о колебаниях упругого полупространства Ω со свободной границей Γ и двумя излучающими разрезами $J_{1,2}$ конечной длины. Представление результирующего колебания в виде

$$W(x, y, t) = U_1(x, y) \exp(-i\omega_1 t) + U_2(x, y) \exp(-i\omega_2 t) \quad (1)$$

позволяет свести поставленную задачу к двум однотипным краевым задачам для уравнения Гельмгольца в Ω с разрезами и однотипными граничными

условиями относительно комплексных амплитуд смещений $U_{1,2}(x, y)$:

$$I: \Delta U_1 + k_1^2 U_1 = 0 \quad (k_i^2 = \omega_i^2 / a^2, \quad i=1,2) \quad II: \Delta U_2 + k_2^2 U_2 = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial U_1}{\partial \nu} \Big|_r = 0 \\ U_1 \Big|_{J_1^+} = f_1(x, y) \\ U_1 \Big|_{J_2^+} = 0 \\ \frac{\partial U_1}{\partial \nu} - ik_1 U_1 = o\left(\frac{1}{\sqrt{r}}\right) \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial U_2}{\partial \nu} \Big|_{y=0} = 0 \\ U_2 \Big|_{J_1^+} = 0 \\ U_2 \Big|_{J_2^+} = f_2(x, y) \\ \frac{\partial U_2}{\partial \nu} - ik_2 U_2 = o\left(\frac{1}{\sqrt{r}}\right) \end{array} \right. \quad (2)$$

В соотношениях (2) условие в последней строке представляет условие излучения Зоммерфельда [3] при $r = \sqrt{x^2 + y^2} \rightarrow \infty$, a – скорость распространения волн сдвига в полупространстве Ω .

Для восстановления требуемого поля смещений необходимо определить скачки нормальной производной неизвестных функций (безразмерные скачки напряжений) $\left[\frac{\partial U_{1,2}}{\partial \nu} \right]_{J_{1,2}} = q_{1,2}(x, y)$, $(x, y) \in J_{1,2}$ на разрезах $J_{1,2}$ в задачах I и II соответственно. Решения краевых задач I , II рассматриваются в общем случае как элементы пространства Соболева $W_2^1(\Omega)$ [4].

Метод исследования краевой задач (2) основан на её сведении с помощью построения функций Грина $G_{1,2}(x, y / \xi, \eta)$ для уравнений Гельмгольца (2). При этом функции Грина удовлетворяют первому граничному условию задач. Использование представления регулярного решения уравнения Гельмгольца приводит к следующим выражениям комплексных амплитуд смещений $U_{1,2}(x, y)$ полупространства Ω в форме криволинейных интегралов по правым берегам разрезов $J_{1,2}^+$:

$$\begin{aligned} U_1(x, y) &= \int_{J_1^+} G_1(x, y / \xi, \eta) q_1(\xi, \eta) dl + \int_{J_2^+} G_1(x, y / \xi, \eta) q_2(\xi, \eta) dl, \quad (x, y) \in \Omega \\ U_2(x, y) &= \int_{J_1^+} G_2(x, y / \xi, \eta) q_1(\xi, \eta) dl + \int_{J_2^+} G_2(x, y / \xi, \eta) q_2(\xi, \eta) dl, \quad (x, y) \in \Omega \end{aligned} \quad (3)$$

Устремляя в указанных выше равенствах точку «наблюдения» (x, y) на берега разрезов $J_{1,2}^+$ и переходя к локальным координатам r, ρ вдоль берегов разрезов приходим к следующей системе граничных интегральных уравнений, которые для задач I, II в матрично – векторной форме имеет вид:

$$\mathbf{K} \mathbf{q} = \int_0^l \mathbf{k}(r, \rho) \mathbf{q}(\rho) d\rho = \mathbf{f}(r), \quad 0 < r < l \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{k}(r, \rho) &= \mathbf{h}(r, \rho) + \mathbf{h}_l(r, \rho) = \begin{pmatrix} h_{11}(r, \rho) & h_{12}(r, \rho) \\ h_{21}(r, \rho) & h_{22}(r, \rho) \end{pmatrix}, \quad \kappa = -ik, \quad l = \max\{l_1, l_2\} \\ \mathbf{f}(r) &= \begin{cases} f_1(r), & r \in (0, l_1) \\ 0, & r \in (0, l_2) \end{cases} \quad \text{либо} \quad \mathbf{f}(r) = \begin{cases} 0, & r \in (0, l_1) \\ f_2(r), & r \in (0, l_2) \end{cases} \quad \mathbf{q}(\rho) = \begin{cases} q_1(\rho), & \rho \in (0, l_1) \\ q_2(\rho), & \rho \in (0, l_2) \end{cases} \\ \mathbf{h}(r, \rho) &= \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} K_{-iu}(\kappa r) K_{-iu}(\kappa \rho) \mathbf{H}(u) du, \\ \mathbf{h}_l(r, \rho) &= \frac{1}{\pi^2} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} K_{-i\eta}(\kappa r) K_{-i\eta'}(\kappa \rho) K_{-i(\eta-\eta')}(\kappa M) \mathbf{H}_1(u) d\eta d\eta' \end{aligned} \quad (5)$$

$$\mathbf{H}(u) = \mathbf{H}(u | \alpha_1, \alpha_2), \quad \mathbf{H}_1(u) = \mathbf{H}_1(u | l_1, l_2, \alpha_1, \alpha_2), \quad M = M(l_1, l_2, \alpha_1, \alpha_2), \quad \kappa = -ik_1$$

В процессе получения системы были использованы формулы сложения для бесселевых функций, а также методы интегральных преобразований, связанных с преобразованием Конторовича-Лебедева [4]. Элементы матриц-функций $\mathbf{H}(u)$, $\mathbf{H}_1(u)$, а также параметра M , в данной работе не приводятся ввиду их громоздкости. В соотношениях (4),

(5) функция $K_{-\eta}(\kappa r)$ - модифицированная функция Бесселя. Для исследования вопросов разрешимости система (4) рассматривается предварительно в случае $\kappa > 0$. На основе детального анализа элементов подынтегральной матрицы-функции $\mathbf{H}(u)$ устанавливается, что последняя в указанном случае оказывается положительно определенной на действительной оси R^1 . Оператор \mathbf{K} левой части уравнения (2) представляется в виде суммы $\mathbf{K} = \mathbf{H} + \mathbf{H}_1$, где операторы, действуют в пространствах Соболева-Слободецкого $W_2^{\pm 1/2}(J_{1,2}^+)$ дробной гладкости. При этом оператор \mathbf{H} - однозначно обратим, а оператор \mathbf{H}_1 - компактен, как операторы, действующие в этих пространствах, что позволяет, согласно теореме Никольского [5], сделать известные заключения о разрешимости интегрального уравнения (4) в случае $\kappa > 0$. Поскольку операторные функции \mathbf{h}, \mathbf{h}_1 , рассматриваемые как функции κ в комплексной плоскости $\text{Im } \kappa > 0$, являются аналитическими, то последний результат можно распространить и на случай $\kappa = -ik$.

В настоящей работе изучена структура решения полученной системы интегральных уравнений (4). Полученные результаты формулируются в виде следующей теоремы.

Теорема. Решение системы (3) представимо в виде:

$$\rho \mathbf{q}(\rho) = \frac{1}{\pi i} \int_{\Gamma_1} \mathbf{H}^{-1}(z) \cdot \mathbf{F}(z) I_{-iz}(\kappa \rho) z dz + \frac{1}{\pi i} \int_{\Gamma_2} \mathbf{H}^{-1}(z) \cdot \mathbf{X}(z) I_{-iz}(\kappa \rho) z dz$$

$$\mathbf{H}(z) = \mathbf{H}_-(z) \cdot \mathbf{H}_+(z), \quad \mathbf{F}^T(z) = \left\{ \int_0^{l_1} f_1(r) K_{-iz}(\kappa r) r^{-1} dr, \int_0^{l_2} f_2(r) K_{-iz}(\kappa r) r^{-1} dr \right\} \quad (6)$$

$$\mathbf{X}(z) \in S_\sigma(\Gamma_2), \sigma > 1 + \gamma, \quad \mathbf{X}^T = \{X_1 \cdot K_{-iz}(\kappa l_1), X_2 \cdot K_{-iz}(\kappa l_2)\} \quad (0 < \gamma < 1)$$

Контур Γ_2 лежит выше Γ_1 ($\Gamma_2 \succ \Gamma_1$, $\Gamma_{1,2} \subset \Pi$), $S(\sigma)$ – пространство произвольных вектор - функций $\mathbf{X}_{1,2}(z)$, сходящихся к 0 с весом z^σ в некоторой полосе регулярности, содержащей R^1 , $\mathbf{H}_\pm(z)$ – результат факторизации матрицы-функции $\mathbf{H}(z)$ относительно R^1 . Представление (5) единственно.

Доказательство теоремы основано на результатах [6]. Последующая подстановка решения (6) в уравнение (4) приводит к тому, что неизвестные векторы $\mathbf{X}_{1,2}(z)$ отыскиваются из некоторой вспомогательной системы интегральных уравнений второго рода с вполне непрерывным оператором в пространстве функций S_σ , $\sigma > 3/2$. При этом оказывается, что построенное таким образом решение $\mathbf{q}(\rho)$ в форме (5) принадлежит пространству дробной гладкости $W_2^{-1/2}$, что вполне согласуется с известными свойствами граничных значений нормальных производных функций рассматриваемых как элементы пространства Соболева $W_2^1(\Omega)$. Полная непрерывность оператора системы позволяет представить его в виде суммы конечномерного и малого, что позволяет применять различные численные методы для решения системы интегральных уравнений, а, следовательно, и для решения исходной краевой задачи.

Восстановление волнового поля во всем полупространстве с дефектами осуществляется на основе формулы (1) с помощью интегральных представлений регулярного решения уравнения Гельмгольца (3) и решения (6) граничных интегральных уравнений (4). Для восстановления волнового поля свободной поверхности необходимо в формулах (3) точку (x, y) устремить на свободную поверхность Γ полупространства.

Предлагаемый подход может быть использован также и в случае наличия произвольной системы излучающих дефектов, не выходящих на свободную границу, а расположенных внутри массивного тела, моделируемого упругим полупространством.

Список литературы / References

1. Буйло С.И. Диагностика предразрушающего состояния материалов по параметрам амплитудного распределения сигналов сопутствующего акустического излучения. – Дефектоскопия. – 2012. – № 11. – С. 32-45.
2. Builo S.I. Physical, mechanical and statistical aspects of acoustic emission diagnostics / S. I. Builo // Physics and mechanics of new materials and their applications. – Chapter 15. – New York: Nova Science Publishers, 2013 – 444 p.
3. Рекач В.Г. Руководство к решению задач по теории упругости. – М. Высшая школа, 1977. – 275 с.
4. Лебедев Н.Н. Специальные функции и их приложения. – М.–Л. Наука, 1968. – 358 с.
5. Бесов О.В., Ильин В.П., Никольский С.М. Интегральные представления функций и теоремы вложения. – М. Наука. 1975. – 478 с.
6. Беркович В.Н. О точном решении одного класса интегральных уравнений смешанных задач упругости и математической физики // Докл. АН СССР. –1982. – Т. 267. – № 2. – С. 327–330.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Builo S.I. Diagnostika predrazrushayushchego sostoyaniya materialov po parametram amplitudnogo raspredeleniya signalov soputstvuyushchego akusticheskogo izlucheniya [Pre-destructive testing of state of materials based on parameters of

amplitude signal distribution of the attendant acoustic emission]. – Defectoscopia [Non-destructive testing]. – 2012. – № 11. – P. 32–45. [in Russian]

2. Builo S.I. Physical, mechanical and statistical aspects of acoustic emission diagnostics / S. I. Builo // Physics and mechanics of new materials and their applications. – Chapter 15. – New York: Nova Science Publishers, 2013 – 444 p.

3. Rekach V.G. Rukovodstvo k resheniyu zadach po teorii uprugosti [The guide to solve elasticity problems] / V.G. Rekach – M.: Visshaya shkola ["Higher School" Press], 1977. – 275 p. [in Russian]

4. Lebedev N.N. Spetsialniye funktsii i ih prilozheniya [Special functions and its applications] – M. – L. : Nauka. ["Science" Press] – 1968. – 358 p. [in Russian]

5. Besov O.V., Ilyin V.P., Nikolskiy S.M. Integralniye predstavleniya funktsiy i teoremy vlozheniya [Integral representation of functions and embedding theorems]. – M. : Nauka ["Science" Press], 1975. – 478 p. [in Russian]

6. Berkovich V.N. O tochnom reshenii odnogo klassa integralnykh uravneniy smeshannykh zadach uprugosti i matematicheskoy fiziki [On the exact solution of some class of integral equations for mixed problems of elasticity and mathematical physics] / V.N. Berkovich // Doklady Akademii Nauk SSSR [Reports of Academy of Sciences]. – 1982. – V. 267. – № 2. – P. 327–330. [in Russian]

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.105>

Вдовин С.И.¹, Лобаев А.Н.², Харитонова И.Ю.³

¹Кандидат технических наук, доцент, ²кандидат физико-математических наук, доцент,

³кандидат технических наук, доцент, Дзержинский политехнический институт (филиал) НГТУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОВЕРХНОСТИ ТЕПЛОДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА ТЕПЛООБМЕНА

Аннотация

В статье исследуется явление формирования и распространения пленочного режима кипения применительно к реальным топливным элементам. Изучается изменение температурного режима и влияние некоторых конструктивных и режимных параметров на скорость рассматриваемых процессов. Показано, что при достаточном возмущении температуры оболочки образуется волна пленочного режима кипения. Используется численный алгоритм реализации математической модели процесса, разработанный ранее. Эти вопросы представляют интерес при изучении начальных этапов развития аварий, связанных с перегревом твэлов.

Ключевые слова: численный алгоритм, температурный режим, пленочный режим кипения, кризис теплообмена.

Vdovin S.I.¹, Lobayev A.N.², Kharitonova I.Yu.³

¹PhD in Engineering, Associate professor, ²PhD in Physics and Mathematics, Associate professor,

³PhD in Engineering, Associate professor,

Dzerzhinsk Polytechnical Institute (branch) NSTU

RESEARCH OF TEMPERATURE CONDITIONS ON THE SURFACE OF FUEL ELEMENTS UNDER DEPARTURE NUCLEATE BOILING

Abstract

The paper presents the research of the phenomenon of formation and propagation of the film boiling with regard to the real fuel elements. The change in the temperature conditions and the influence of some constructive and operating parameters on the studied processes speed are considered. It is shown that with a sufficient perturbation of the shell temperature a wave of film boiling is formed. A numerical algorithm is used to implement the mathematical model of the process, developed earlier. These issues are of interest in the study of the initial stages of the development of accidents associated with overheating of fuel elements.

Keywords: numerical algorithm, temperature conditions, film boiling, departure nucleate boiling.

Увеличение единичной мощности энергетической установки (ЭУ) лимитируется требованиями надежного отвода тепла из активной зоны (АЗ). Применительно к водо-водяным кипящим реакторам эта проблема тесно связана с ограничениями по кризису теплообмена и с обеспечением устойчивости стационарного режима.

Формирование и распространение волны пленочного режима кипения

Для проведения расчетов использовалась математическая модель, предложенная в работе [1], включающая уравнения теплового баланса для горячего и оболочки твэла в одноточечном приближении и учитывающая перенос тепла вдоль оболочки топливного элемента. Сложность расчета обусловлена сильным разнесением характерных пространственных (температурный фронт $\sim 10^{-3}$ м, высота АЗ ~ 1 м) и временных (постоянная прогрева горячего ~ 10 с, элемента оболочки твэла $\sim 10^{-2}$ с) масштабов. Предположенная методика предусматривает в области резкого (слабого) изменения температуры теплоотдающей поверхности дробление (объединение) шага сетки по пространственной координате. Шаг по времени выбирается с учетом характерной постоянной времени исследуемого переходного процесса, т.е. имеет различные значения для горячего, оболочки твэла и теплоносителя.

В качестве иницирующего воздействия будем рассматривать локальное возмущение температуры оболочки твэла. Такое отклонение температуры может возникнуть, например, в результате смещения топливных таблеток. Конструктивные и теплофизические параметры твэла приведены в таблице 1. При расчетах температура горячего принималась постоянной и соответствовала рассматриваемому тепловому потоку. Это допущение при исследовании распространения волны пленочного режима кипения оправдано тем, что постоянная прогрева горячего существенно больше времени прогрева оболочки, а отклонение температуры, необходимое для формирования температурного

фронта, существенно меньше стационарного температурного перепада между оболочкой и горючим. Длина зоны возмущений равнялась высоте топливной таблетки, температура теплоносителя полагалась равной $T' = 285.8^\circ\text{C}$.

Таблица 1 – Конструктивные и теплофизические параметры ТВЭЛ

Диаметр ТВЭЛ	$1.36 \cdot 10^{-2}\text{ м}$
Толщина оболочки	$0.9 \cdot 10^{-3}\text{ м}$
Толщина газового зазора	$0.15 \cdot 10^{-3}\text{ м}$
Высота таблетки	$2 \cdot 10^{-2}\text{ м}$
$(\rho c)_{\text{г}}^{UO_2}$	$2.93 \cdot 10^3 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$
$(\rho c)_{\text{ст}}^{Zr}$	$1.93 \cdot 10^3 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$
Теплопроводность циркония $(\lambda_{\text{ст}}^{Zr})$	$0.025 \text{ кВт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$
Коэффициент теплопередачи от горючего к наружной поверхности оболочки (K)	$0.7 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

При достаточном возмущении температуры оболочки образуется волна пленочного режима кипения. Минимальное значение температуры на участке возмущения, необходимое для смены режима, представлено на рис.1.

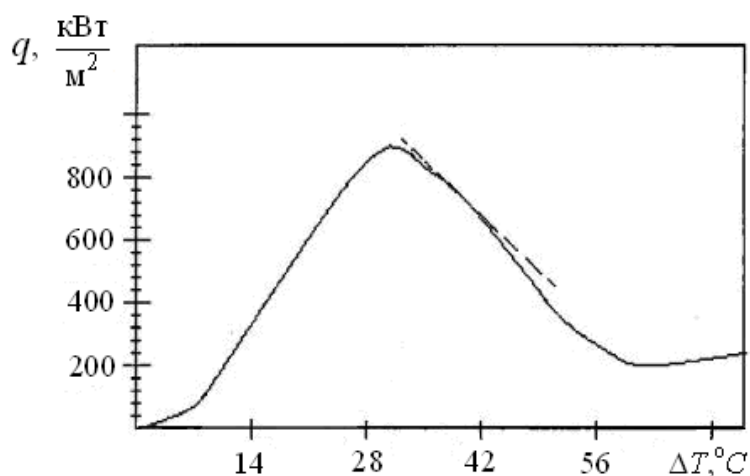


Рис. 1 – Минимальное значение температурного напора на участке возмущения (ΔT_{\min}), необходимое для смены режима кипения: сплошная линия – $q(\Delta T)$; пунктирная линия – ΔT_{\min} .

Если при заданном тепловом потоке температурный напор на выделенном участке поверхности превышает указанное на графике, то формируется температурный фронт, движущийся с определенной скоростью (рис.2).

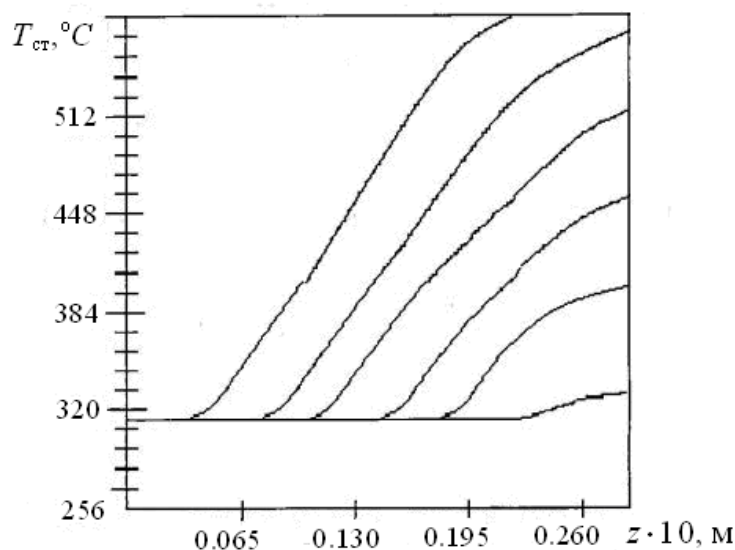


Рис. 2 – Распространение температурного фронта при возмущении превышающем ΔT_{\min} : распределение температуры приводится через 0,25 с

Участок топливного элемента, работающий в условиях кризиса теплообмена, увеличивается. Случай, когда возмущение температуры оболочки ТВЭЛ недостаточно для инициирования перехода к пленочному кипению показан на рис.3. Кривые 1-5 показывают распределение температуры через 0,5 с.

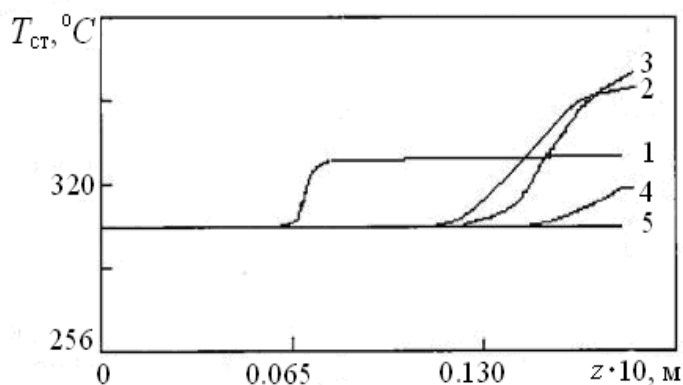


Рис. 3 – Изменение температуры оболочки твэла при возмущении, недостаточном для образования волны пленочного кипения

На рис. 4 построена зависимость скорости движения температурного фронта от стационарного теплового потока (температурн. напора на стенке).

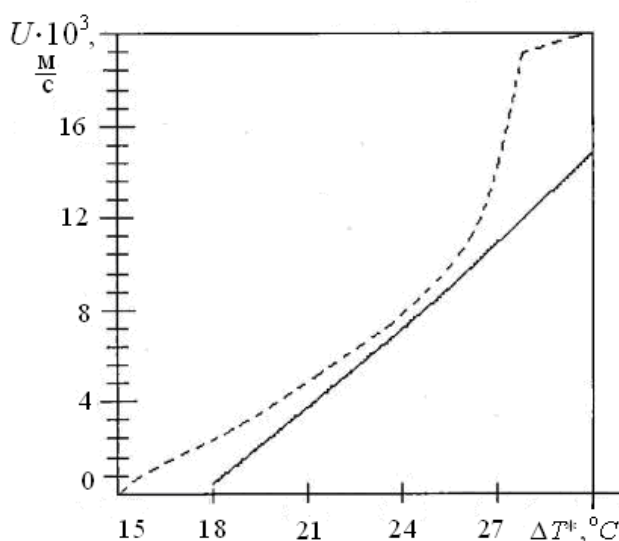


Рис. 4 – Зависимость скорости движения температурного фронта (u) от температурного напора в стационарном режиме (ΔT^*): сплошная линия - расчетная зависимость, пунктирная линия - зависимость, определяемая соотношением (1)

Величина температурного скачка на участке возмущения выбиралась близкой к минимально необходимой для смены режима кипения (рис.1). Приведенная зависимость близка к линейной и скорость распространения волны обращается в нуль при температурном напоре на стенке около 17.7°C . Отсюда следует, что при плотности теплового потока выше $46\% q_{\text{кр1}}$ локальное возмущение температуры оболочки твэла может привести к формированию волны пленочного режима кипения, т.е. возмущение достаточной интенсивности может привести к образованию значительных участков топливных элементов, работающих в условиях кризиса теплообмена.

При малых отклонениях температуры оболочки твэла, тепловой поток от горячего к оболочке сохраняется приблизительно постоянным. В силу этого участок теплоотдающей поверхности вблизи температурного фронта находятся в тех же условиях, в которых исследовалось рассматриваемое явление применительно к нити накаливания в работах [2, 3]. Для кусочно- линейной зависимости $q(\Delta T)$ было получено аналитическое решение для бегущей с постоянной скоростью тепловой волны, переводящей нагревательный элемент из одного режима кипения в другой. В работе [2] приводится выражение для скорости, которое применительно к оболочке твэла запишем в виде:

$$u = \left(\frac{1}{\rho c} \sqrt{\frac{\lambda S}{2V}} \right)_{\text{ст}} \cdot \frac{\alpha_2(1 - \theta^2) - \alpha_1\theta^2}{\sqrt{\alpha_2\theta(1 - \theta)^2 + \alpha_1\theta^2(1 - \theta)}} \quad (1)$$

Здесь α_1 , α_2 - коэффициенты теплоотдачи соответственно в пузырьковом и пленочном режимах кипения; $\theta = (T^* - T_1)/(T_2 - T_1)$ - безразмерный параметр, определяющий направление движения фронта; T_1 , T^* , T_2 - соответственно температуры оболочки для пузырькового, неустойчивого (температура на падающем участке зависимости $q(\Delta T)$, соответствующая рассматриваемому тепловому потоку) и пленочного режимов.

На рис.4, наряду с рассчитанной по описанной процедуре, построена зависимость скорости от теплового потока, соответствующая формуле (1) и зависимости $q(\Delta T)$, рассмотренной в работе [1]. Соотношение (1) в широком диапазоне хорошо аппроксимирует скорость распространения температурного фронта. Расхождение кривых при увеличении теплового потока объясняется тем, что выражение (1) соответствует вполне определенному автомодельному решению, которое отличается от расчетного. Это отличие, нарастающее с ростом теплового потока

(для автомодельного решения, полученного в работе [2], $\frac{\partial}{\partial z} T_{\text{ст}} \rightarrow 0$ при $\theta \rightarrow 0$ или $\theta \rightarrow 1$), и приводит к указанному расхождению. В работе [2] отмечено, что обращение скорости в бесконечность при $\theta = 0$ и $\theta = 1$ является следствием ограниченности используемого приближения.

Для иллюстрации зависимости рассматриваемого явления от теплофизических параметров твэла и теплоносителя проведены расчеты распространения температурного фронта для случаев, когда изменены материал оболочки и кривая теплообмена. Показано, что замена Zr на сталь марки ХН35ВТ [4] ($\lambda = 0.0136 \frac{\text{кВт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$; $c = 0.495 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$; $\rho = 8.2 \cdot 10^3 \text{кг/м}^3$) уменьшает скорость движения тепловой волны при $\Delta T^* = 30.3^\circ\text{C}$ с $15.1 \cdot 10^{-3} \text{м/с}$ до $6.8 \cdot 10^{-3} \text{м/с}$. Из соотношения (1) имеем следующее выражение для отношения скоростей $(\rho c / \sqrt{\lambda}) / (\rho c / \sqrt{\lambda})^{Zr} = 2.85$, которое превышает расчетное значение на 28%.

В работах [5, 6] отмечено, что структура пароводяной смеси может существенно влиять на тепловой поток. В работе [1], наряду с опытными данными [7], показана измененная в диапазоне пленочного кипения зависимость $q(\Delta T)$. Скорость движения температурного фронта для трансформированной кривой при $\Delta T^* = 27^\circ\text{C}$ составила $3.4 \cdot 10^{-3} \text{м/с}$, что примерно в 3 раза меньше ранее полученного значения. Таким образом, изменение области с пленочным режимом кипения существенно зависит от теплофизических параметров твэла и структуры потока пароводяной смеси.

Температурный режим тепловыделяющих элементов

Значительное повышение температуры оболочки твэла в условиях пленочного режима кипения вызывает рост температуры горючего и, следовательно, инерционности ее изменения. Пренебрегая временем прогрева стенки и тепловым потоком вдоль оболочки, уравнение для температуры горючего в обозначениях работы [1] запишем в виде:

$$(\rho c V)_r \frac{\partial}{\partial t} T_r = \psi \cdot n - \frac{S_r K S_{\text{ст}} \alpha}{S_r K + S_{\text{ст}} \alpha} (T_r - T) \quad (2)$$

где α - коэффициент теплоотдачи к теплоносителю. В предположении малости изменения температуры теплоносителя (по сравнению с топливом), из соотношения (2) получим следующее выражение для постоянной прогрева горючего:

$$\tau_r = (\rho c V)_r \frac{S_r K + S_{\text{ст}} \alpha}{S_r K S_{\text{ст}} \alpha} \quad (3)$$

Подставляя в соотношение (3) характерные значения коэффициента теплоотдачи для пузырькового ($\alpha = 43.8 \text{ кВт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$) и пленочного ($\alpha = 1.1 \text{ кВт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$) режимов кипения, находим, что в условиях кризиса теплообмена инерционность горючего увеличена в 1,5 раза.

Для подтверждения приведенной оценки рассмотрен пример, когда время прогрева горючего много больше времени прохода теплоносителем АЗ реактора. В этих условиях изменение энтальпии на выходе из АЗ пропорционально изменению температуры горючего и, следовательно, постоянная прогрева может быть определена из соотношения

$$\tau = \frac{1}{J(\infty, l) - J(0, l)} \cdot \int_0^\infty [J(\infty, l) - J(t, l)] dt \quad (4)$$

Здесь $J(t, l)$ - функция переходной проводимости от нейтронного потока к энтальпии теплоносителя на выходе из АЗ.

На рис. 5 представлены результаты расчета функций переходной проводимости $J(t, l)$ для различных режимов кипения. Распределение температуры оболочки твэла в исходном стационарном состоянии показано на рис. 6. Соответствующие этому режиму параметры теплоносителя и топливного канала приведены в таблице 2.

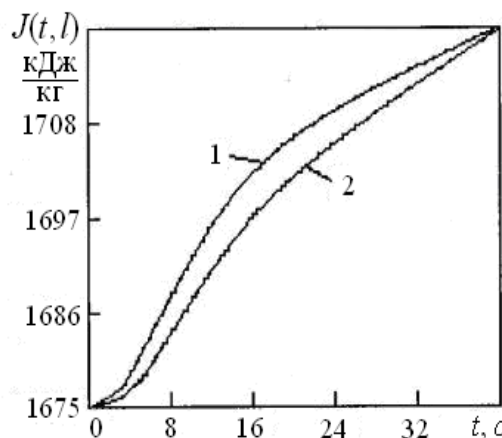


Рис. 5 – Функция переходной проводимости от нейтронного потока к энтальпии теплоносителя на выходе из АЗ ($J(t, l)$) для пузырькового (1) и пленочного (2) режимов кипения

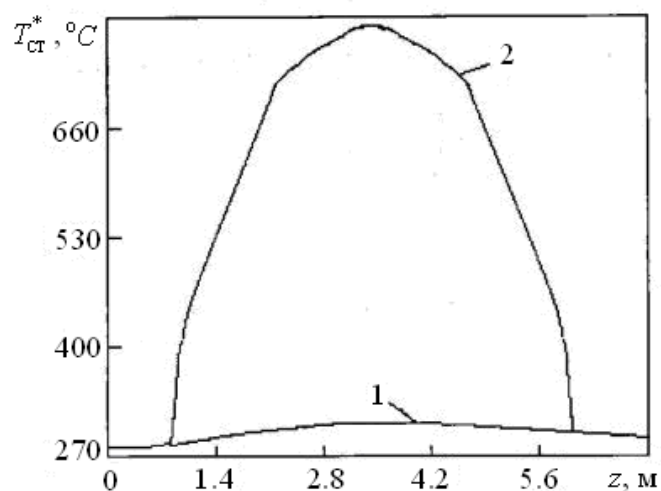


Рис. 6 – Стационарное распределение температуры оболочки твэла ($T_{ст}^*$) для пузырькового (1) и пленочного (2) режимов кипения

Таблица 2 – Параметры теплоносителя и топливного канала

Высота АЗ (l)	7 м
Давление	7 МПа
Энтальпия теплоносителя на входе в АЗ ($J(0)$)	1187.7 кДж/кг
Энтальпия теплоносителя на выходе из АЗ ($J(l)$)	1675 кДж/кг
Отношение площади обогреваемой поверхности к сечению прохода теплоносителя	2361
Пространственная форма тепловыделения ($\Psi(z)$)	$\sin(\pi z/l)$

Если топливный элемент имеет область с кризисом теплообмена, то основная доля тепловыделения для принятой формы $\Psi(z)$ приходится на участок с пленочным режимом кипения (рис.6, кривая 2). Вычисляя выражение (4) для кривых, представленных на рис.5, получим приближенные значения постоянной прогрева горючего для случая пузырькового $\tau_1=10.9$ с и пленочного $\tau_2=17.3$ с режимов кипения.

Полученные результаты показывают, что повышение температуры оболочки твэла в условиях кризиса теплообмена сопровождается значительным увеличением инерционности горючего. Последняя, как известно, играет важную роль в динамике ЭУ.

На рис.6 (кривая 2) представлен температурный режим для случая, когда теплосъем с основной части поверхности осуществляется в условиях кризиса теплообмена. Приведенное распределение формируется в результате распространения тепловой волны, заполняющей большую часть поверхности твэла пленочным режимом кипения. Такое развитие предполагает однородность топливного элемента. Если рабочий канал набран из последовательно соединенных твэлов, то имеются участки (вблизи стыков) с малым теплоподводом, которые могут препятствовать распространению тепловой волны.

На рис. 7 показано распределение температуры оболочки твэла для случая, когда соединение топливных элементов имеет координату $z = z_0 = 5.6$ м и температурное возмущение инициируется при $z > z_0$. Рассматриваемый вариант моделировался с помощью обращения в нуль на участке длиной $\Delta l = 2 \cdot 10^{-2}$ м функции $\Psi(z)$, задающей пространственную форму тепловыделения.

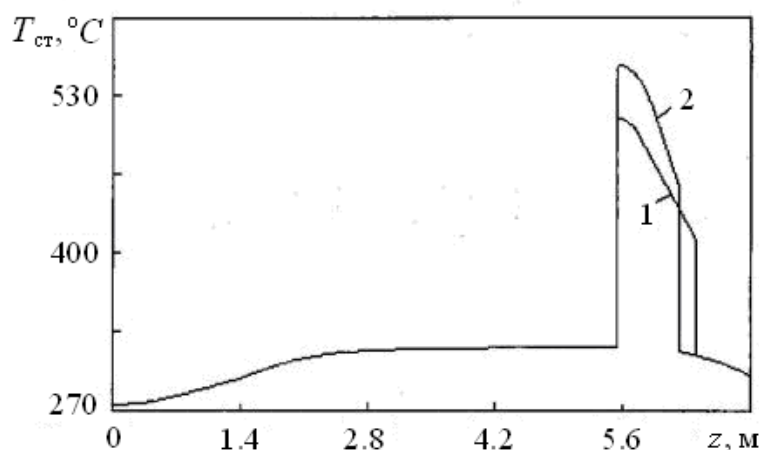


Рис. 7 – Распределение температуры оболочки для составного топливного элемента через 5с (1) и 40с (2) после возмущения

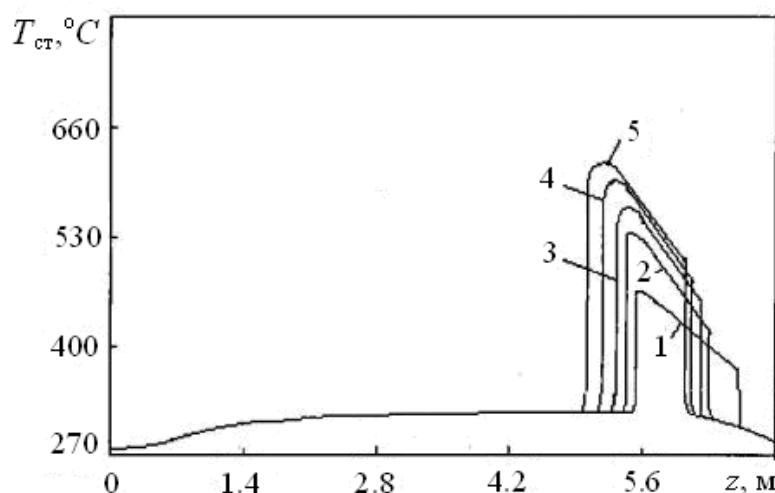


Рис. 8 – Изменение температуры оболочки однородного топливного элемента: кривые 1-5 показывают распределение температуры через 20 с.

Из проведенных расчетов следует, что наличие необогреваемых участков при последовательном соединении твэлов ограничивает распространение волны пленочного режима кипения. Движение температурного фронта для однородного топливного элемента представлено на рис. 8. Стационарное распределение температуры оболочки твэла, формирующееся в этом процессе, приведено на рис.6 (кривая 2).

Для смены режима кипения на участках с кризисом теплообмена необходимо снизить мощность тепловыделения до таких значений, при которых происходит распад пленки пара на поверхности теплоотдачи. Из приведенных расчетов (рис. 4) следует, что плотность теплового потока с поверхности твэла при этом должна быть ниже 46% $q_{кр1}$.

Список литературы / References

1. Вдовин С.И. Математическая модель распространения пленочного режима кипения. / С.И. Вдовин, И.Ю. Харитоновна // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. №10(29). С. 27-29.
2. Жуков С.А. К теории волновых процессов на тепловыделяющих поверхностях при кипении жидкостей / С.А. Жуков, В.В. Барелко, А.Г. Мержанов // Докл. АН СССР. 1978. Т.242, № 5, с.1064-1067.
3. Жуков С.А. Динамика перехода между пузырьковым и пленочным кипением в режиме бегущей волны / С.А. Жуков, В.В. Барелко, А.Г. Мержанов // Докл. АН СССР. 1979, Т.245, № 1, с.94-97.
4. Дементьев Б.А. Ядерные энергетические реакторы: Учебник для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
5. Кутепов А.М. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании: Учеб. пособие для вузов, 3-е изд., испр./ А.М. Кутепов, Л.С. Стерман, Н.Г. Стюшин – М.: Высш. шк., 1986.
6. Смолин В.Н. О кризисе теплоотдачи в парогенерирующей трубе / В.Н. Смолин, В.К. Поляков, В.В. Есиков // Атомная энергия. 1962, Т.13, вып. 4, с.360-364.
7. Кутателадзе С.С. Тепломассообмен и волны в газожидкостных системах/ С.С. Кутателадзе, В.Е. Накоряков – Новосибирск: Наука, 1984.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vdovin S. I. Matematicheskaja model' rasprostraneniya plenocnogo rezhima kipenija. [Mathematical model of distribution of the film mode of boiling]. / S. I. Vdovin, I. Yu. Kharitonova // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. 2014. No. 10(29). P. 27-29. [in Russian]
2. Zhukov S. A. K teorii volnovykh processov na teplovydeljajushhijh poverhnostjah pri kipenii zhidkostej. [To the theory of wave processes on the heatallocating surfaces when boiling liquids] / S.A. Zhukov, V.V. Barelko, A.G. Merzhanov // Dokl. AN SSSR [Report of the Academy of Sciences of the USSR]. 1978. T.242, No. 5, p. 1064-1067. [in Russian]
3. Zhukov S. A. Dinamika perehoda mezhdpu puzyr'kovym i plenocnym kipenie v rezhime begushhej volny. [Dinamik's bugs of transition between vesiculate and film boiling in the mode of the running wave] / S.A. Zhukov, V.V. Barelko, A.G. Merzhanov // Dokl. AN SSSR [Report of the Academy of Sciences of the USSR]. 1979, T.245, No. 1, page 94-97. [in Russian]
4. Dementiev B. A. Jadernye jenergeticheskie reaktory: uchebnik dlja vuzov [Nuclear power reactor: The textbook for higher education institutions] / B.A. Dementiev - M.: Energoatomizdat, 1984. [in Russian]
5. Kutepov A. M. Gidrodinamika i teploobmen pri paroobrazovanii: ucheb. posobie dlja vuzov. [Gidrodinamika and heat exchange at steam formation: Studies. a grant for higher education institutions]/ A. M. Kutepov, L. S. Sterman, N. G. Styushin – the 3rd edition., rev. – M.: Vyssh. shkola., 1986. [in Russian]
6. Smolin V.N. O krizise teplootdachi v parogenerirujushhej trube. [About crisis of a thermolysis in a steam-generating pipe] / V.N. Smolin, V.K. Polyakov, V.V. Esikov // Atomnaja jenergiya [Atomic energy]. 1962, T.13, issue 4, p. 360-364. [in Russian]
7. Kutateladze S.S. Teplomassoobmen i volny v gazozhidkostnyh sistemah. [A heatmass exchange and waves in gas-liquid systems]/ S.S. Kutateladze, V.E. Nakoryakov - Novosibirsk: Nauka, 1984. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.135>Волосатова Т.А.¹, Данекянц А. Г.²¹ORCID: 0000-0001-6416-0212, Кандидат физико-математических наук,²ORCID: 0000-0002-0409-0694, Кандидат физико-математических наук,

Донской государственный технический университет

НЕКОТОРЫЕ ДОПОЛНЕНИЯ К ВОПРОСАМ О МНОГОМЕРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ОПЕРАТОРАХ С ОСЦИЛЛИРУЮЩИМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ**Аннотация**

В статье представлены многомерные интегральные операторы с однородными ядрами и радиальными осциллирующими коэффициентами вида $|x|^{i\delta}$, действующие в пространстве $L_2(B_n)$. Для операторов такого вида определен символ, в терминологии которого получены необходимые и достаточные условия нётеровости и вычислительная формула для индекса. Так же сформулирован критерий нётеровости и формула индекса для близкого класса операторов, действующих в $L_2(B_n)$. В данной статье, приведены некоторые важные дополнения и уточнения к основным результатам, опубликованным ранее, и в качестве дополнения рассмотрен частный случай интегрального оператора.

Ключевые слова: интегральные операторы с однородными ядрами, интегральные операторы с осциллирующими коэффициентами, критерий нётеровости, многомерные интегральные уравнения.

Volosatova T.A.¹, Danekiants A. G.²¹ORCID: 0000-0001-6416-0212, PhD in Physical and Mathematical Sciences,²ORCID: 0000-0002-0409-0694, PhD in Physical and Mathematical Sciences,

Don State Technical University

SOME ADDITIONS TO THE PROBLEM OF MULTIDIMENSIONAL INTEGRAL OPERATORS WITH OSCILLATING COEFFICIENTS**Abstract**

The paper presents multidimensional integral operators with homogeneous cores and radial oscillating coefficients of $|x|^{i\delta}$, acting in space $L_2(B_n)$. A symbol is defined for operators of this type in the terminology while necessary and sufficient conditions for noethericity and the computational formula for the index are obtained. A criterion for noethericity property and the index formula for a similar class of operators acting in $L_2(B_n)$ have been established. In this paper, we give some important additions and refinements to the main results published earlier. We have also considered a special case of an integral operator as a supplement.

Keywords: integral operators with homogeneous cores, integral operators with oscillating coefficients, criterion for noethericity, multidimensional integral equations.

В современном мире уровень развития страны во многом определяется уровнем развития и эффективностью инновационной деятельности. Инновационная деятельность компаний различных секторов экономики основывается на научно-технических разработках и их реализации. На начальном этапе работы проекта необходимо построение модели процесса, ее исследование, и нахождение оптимальных путей решения поставленной задачи. При решении прикладных задач зачастую возникают сложные математические модели. Для проведения таких научных исследований, зачастую, требуются глубокие и специфические знания. Поэтому с развитием и усложнением технических задач должен разрастаться и совершенствоваться математический аппарат. Так интегральные уравнения и теория интегральных операторов, имеют широкое применение во многих областях науки: в физике, в строительстве, в теплоэнергетике, в биологии и медицине. Теория интегральных операторов с однородными ядрами в современной математике достаточно изучена. Но зачастую возникает необходимость строить и исследовать новые алгебры и для них строить символические исчисления. Данная статья посвящена многомерным интегральным оператором с однородными ядрами и специфическими коэффициентами вида $|x|^{i\delta}$, действующим в пространстве $L_2(B_n)$.

Напомним некоторые общие обозначения, принятые в работах [1, С. 149], [2, С. 124], [3, С. 360] и которые, мы будем использовать в дальнейшем: R^n – n-мерное евклидово пространство точек $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$; $x' = \frac{x}{|x|}$;

$B_n = \{x \in R^n : |x| \leq 1\}$; $S_{n-1} = \{x \in R^n : |x| = 1\}$; $|S_{n-1}| = \frac{2\pi^{\frac{n}{2}}}{\Gamma(\frac{n}{2})}$ – площадь сферы S_{n-1} ; \dot{R} – компактификация

пространства R одной бесконечно удаленной точкой; $\hat{f}(\xi) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)e^{i\xi t} dt$ – преобразование Фурье функции, $|x|^{i\delta} = e^{i\delta \ln|x|}$.

Внесем некоторые дополнения в схему рассуждений, приведенных, в [1, С. 149], [2, С. 124], [3, С. 361]. Сформулируем постановку задачи. В пространстве $L_2(B_n)$ проанализируем оператор

$$(A\varphi)(x) = \lambda\varphi(x) + a_1(x) \int_{B_n} k_1(x, y)\varphi(y)dy + |x|^{i\delta} a_2(x) \int_{B_n} k_2(x, y)\varphi(y)dy, \quad x \in B_n, \quad (1)$$

где $\delta \in R, \delta \neq 0, a_j \in C(B_n), j = 1, 2$, а функция $k_j(x, y), j = 1, 2$ удовлетворяет надлежащим условиям:

1) однородность степени $(-n)$, то есть $k_j(\alpha(x), \alpha(y)) = \alpha^{-n} k_j(x, y), \forall \alpha > 0$;

2) инвариантность относительно группы вращений $SO(n)$, то есть

$$k_j(\omega(x), \omega(y)) = k_j(x, y), \quad \forall \omega \in SO(n);$$

3) суммируемость, то есть $k_j = \int_{R^n} |k_j(e_1 \cdot y)| |y|^{-\frac{n}{2}} dy < \infty, e_1 = (1, 0, \dots)$.

В $L_2(B_n)$ представлен интегральный оператор с ядром, удовлетворяющим условию (1):

$$(K\varphi)(x) = \int_{B_n} k(x, y)\varphi(y)dy, \quad x \in B_n, \quad (2)$$

Оператору A поставим в соответствии оператор A^0

$$A^0 = \lambda I + a_1(0)K_1 + |x|^{i\delta} a_2(0)K_2, \quad (3)$$

где K_j – оператор вида (2) с ядром $k_j(x, y), j = 1, 2$. В работах [2, С. 124], [3, С. 360], было доказано, что оператор A нетёров \Leftrightarrow оператор A^0 нетёров, причем $ind A = ind A^0$.

Далее, осуществим переход к интегральному уравнению. Обратимся вновь к оператору A . В пространстве $L_2(B_n)$ подвергнем рассмотрению уравнение, порожденное оператором A :

$$\lambda\varphi(x) + a_1(0) \int_{B_n} k_1(x, y)\varphi(y)dy + |x|^{i\delta} a_2(0) \int_{B_n} k_2(x, y)\varphi(y)dy = f(x). \quad (4)$$

Существование функций $l_j(r, \rho, t)$, таких что $k_j(x, y) = l_j(|x|^2, |y|^2, x' \cdot y')$, обосновывается тем фактом, что функции $k_j(x, y)$ удовлетворяют условию (2). Используя это, и переходя в уравнении (4) к сферическим координатам $x = r\sigma, y = \rho\theta$, получаем:

$$\lambda\phi(r\sigma) + a_1(0) \int_0^1 \int_{S_{n-1}} k_1(r\sigma, \rho\theta)\phi(\rho\theta) d\rho d\theta + r^{i\delta} a_2(0) \int_0^1 \int_{S_{n-1}} k_2(r\sigma, \rho\theta)\phi(\rho\theta) \rho^{n-1} d\rho d\theta = f(r\sigma).$$

Опираясь на однородность функции $k_j(x, y)$, имеем:

$$\begin{aligned} & \lambda\phi(r\sigma) + a_1(0) \int_0^1 \int_{S_{n-1}} \frac{1}{r^n} l_1\left(1, \frac{\rho^2}{r^2}, \sigma \cdot \theta\right) \phi(\rho\theta) \rho^{n-1} d\rho d\theta + \\ & + r^{i\delta} a_2(0) \int_0^1 \int_{S_{n-1}} \frac{1}{r^n} l_2\left(1, \frac{\rho^2}{r^2}, \sigma \cdot \theta\right) \phi(\rho\theta) \rho^{n-1} d\rho d\theta = f(r\sigma). \end{aligned}$$

Умножая правую и левую часть равенства на $r^{\frac{n-1}{2}}$, получим следующее выражение:

$$\lambda \Phi(r\sigma) + a_1(0) \int_0^1 \int_{S_{n-1}} \frac{1}{r} D_1\left(\frac{\rho}{r}, \sigma \cdot \theta\right) \Phi(\rho\theta) d\rho d\theta + \\ + r^{i\delta} a_2(0) \int_0^1 \int_{S_{n-1}} \frac{1}{r} D_2\left(\frac{\rho}{r}, \sigma \cdot \theta\right) \Phi(\rho\theta) d\rho d\theta = F(r\sigma), \quad (5)$$

где

$$\Phi(r\sigma) = \phi(r\sigma) r^{\frac{n-1}{2}}; \quad F(r\sigma) = f(r\sigma) r^{\frac{n-1}{2}}; \\ D_j(\rho, t) = l_j(1, \rho^2, t) \rho^{\frac{n-1}{2}}, \quad j = 1, 2. \quad (6)$$

Отметим, что функция $D_j(\rho, t)$ удовлетворяет условию суммируемости

$$\int_0^\infty \int_{-1}^1 |D_j(\rho, t)| \rho^{-\frac{1}{2}} (1-t^2)^{\frac{n-3}{2}} d\rho dt < \infty, \quad j = 1, 2 \quad (7)$$

Действительно, применяя формулу (6), далее, применяя к интегралу по отрезку формулу Каталана, имеем:

$$\int_0^\infty \int_{-1}^1 |D_j(\rho, t)| \rho^{-\frac{1}{2}} (1-t^2)^{\frac{n-3}{2}} d\rho dt = \int_0^\infty \int_{-1}^1 |l_j(1, \rho^2, t)| \rho^{\frac{n-1}{2}} \rho^{-\frac{1}{2}} (1-t^2)^{\frac{n-3}{2}} d\rho dt = \\ = \int_0^\infty \rho^{\frac{n-1}{2}} d\rho \int_{-1}^1 |l_j(1, \rho^2, t)| (1-t^2)^{\frac{n-3}{2}} dt = \frac{1}{|S_{n-2}|} \int_0^\infty \rho^{\frac{n-1}{2}} d\rho \int_{S_{n-1}} |l_j(1, \rho^2, e_1 \cdot \theta)| d\theta = \\ = \frac{1}{|S_{n-2}|} \int_0^\infty \int_{S_{n-1}} |k_j(e_1, \rho\theta)| \rho^{-\frac{n}{2}} \rho^{n-1} d\rho d\theta = \frac{1}{|S_{n-2}|} \int_{R^n} |k_j(e_1, y)| |y|^{-\frac{n}{2}} dy = \frac{k_j}{S_{n-2}} < \infty$$

С помощью увеличения обеих частей выражения на сферические гармоники $Y_{m\mu}(\sigma)$, интегрирования по сфере единичного радиуса, и с помощью формулы Функа-Гекке, получим следующую бесконечную диагональную систему одномерных интегральных уравнений:

$$\lambda \Phi_{m\mu}(r) + a_1(0) \int_0^1 \frac{1}{r} D_{1m}\left(\frac{\rho}{r}\right) \Phi_{m\mu}(\rho) d\rho + r^{i\delta} a_2(0) \int_0^1 \frac{1}{r} D_{2m}\left(\frac{\rho}{r}\right) \Phi_{m\mu}(\rho) d\rho = F_{m\mu}(r), \quad (8)$$

где $r \in (0, +\infty)$, $m \in \mathbf{Z}_+$, $\mu = 1, 2, \dots, d_n(m)$, а $d_n(m)$ – размерность пространства сферических гармоник порядка m .

$$\Phi_{m\mu}(r) = \int_{S_{n-1}} \Phi(r\sigma) Y_{m\mu}(\sigma) d\sigma; \quad F_{m\mu}(r) = \int_{S_{n-1}} F(r\sigma) Y_{m\mu}(\sigma) d\sigma;$$

$$D_{jm} = \frac{2\pi^{\frac{n-1}{2}}}{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)} \int_{-1}^1 D_j(\rho, t) P_m(t) (1-t^2)^{\frac{n-3}{2}} dt \quad (9)$$

при этом $P_m(t)$ – многочлены Лежандра.

Покажем связь многомерного оператора с одномерным. В пространстве $L_2(0, 1)$ оператор A_m , формирует левую часть уравнения (8)

$$(A_m \psi)(r) = \lambda \psi(r) + a_1(0) \int_0^1 \frac{1}{r} D_{1m}\left(\frac{\rho}{r}\right) \psi(\rho) d\rho + r^{i\delta} a_2(0) \int_0^1 \frac{1}{r} D_{2m}\left(\frac{\rho}{r}\right) \psi(\rho) d\rho.$$

Чтобы получить критерий нётеровости оператора A_m , в работах [2, С.124]; [3, С. 361], был приведен переход к интегральным операторам с разностными ядрами. С этой целью был определен изоморфизм $W_2 : L_2(0, 1) \rightarrow L_2(R_+)$ формулой

$$(W_2\varphi)(t) = e^{-\frac{1}{2}t} \varphi(e^{-t}).$$

В $L_2(R_+)$ оператор $B_m = W_2 A_m W_2^{-1}$, определялся формулой

$$(B_m \psi)(t) = \lambda \psi(t) + a_1(0) \int_0^\infty h_{1m}(t-s) \psi(s) ds + e^{i\delta t} a_2(0) \int_0^\infty h_{2m}(t-s) \psi(s) ds,$$

где $h_{jm} = D_{jm}(e^t) e^{\frac{t}{2}} \in L_I(R)$.

Символом оператора B_m назвали функцию $\sigma_m(\xi) = \lambda + a_1(0) \hat{h}_{1m}(\xi)$, $\xi \in R$.

Подвергнем функцию $\sigma_m(\xi)$ преобразованию, а именно:

$$\begin{aligned} \sigma_m(\xi) &= \lambda + a_1(0) \int_{-\infty}^\infty h_{1m}(t) e^{i\xi t} dt = \lambda + a_1(0) \int_{-\infty}^\infty D_{1m}(e^t) e^{\left(i\xi + \frac{1}{2}\right)t} dt = \\ &= \lambda + a_1(0) \int_0^\infty D_{1m}(p) p^{\frac{1}{2} + i\xi} dp = \\ &= \lambda + a_1(0) \left| S_{n-2} \right| \int_0^\infty p^{\frac{1}{2} + i\xi} dp \int_{-1}^1 D_1(p, t) P_m(t) (1-t^2)^{\frac{n-3}{2}} dt. \end{aligned}$$

Применяя к интегралу по отрезку формулу Каталана, получили:

$$\begin{aligned} \sigma_m(\xi) &= \lambda + a_1(0) \int_0^\infty \int_{S_{n-1}} D_1(p, e_1 \cdot \sigma) P_m(e_1 \cdot \sigma) p^{\frac{1}{2} + i\xi} dp d\sigma = \\ &= \lambda + a_1(0) \int_0^\infty \int_{S_{n-1}} l_1(1, p^2, e_1 \cdot \sigma) P_m(e_1 \cdot \sigma) p^{\frac{n}{2} - 1 + i\xi} dp d\sigma = \\ &= \lambda + a_1(0) \int_0^\infty \int_{S_{n-1}} k_1(e_1 \cdot p\sigma) P_m(e_1 \cdot \sigma) p^{\frac{n}{2} - 1 + i\xi} dp d\sigma. \end{aligned}$$

Окончательно, имеем:

$$\sigma_m(\xi) = \lambda + a_1(0) \int_{R^n} k_1(e_1 \cdot y) P_m(e_1 \cdot y') |y|^{\frac{n}{2} + i\xi}, \quad \xi \in R \quad (9)$$

В [3, С. 360] доказано, что оператор B_m нётеров $\Leftrightarrow \sigma_m(\xi) \neq 0$, $\forall \xi \in R$, при этом $ind B_m = ind \sigma_m(\xi)$.

Рассмотрим частный случай оператора A , а именно, введем оператор

$$C = \lambda I + |x|^{i\delta} K, \text{ где } K \text{ определяется формулой (2).}$$

Следствие. Оператор C нётеров в пространстве $L_2(B_n)$ в том и только в том случае, когда $\lambda \neq 0$. В этом случае $ind C = 0$.

Доказательство. Заметим, что в этом случае $\sigma_m(\xi) \equiv 0$, $\forall m \in Z_+$. Применяя теорему, получаем, что нётеровость оператора C равносильна условию $\lambda \neq 0$. Далее, так как $ind \lambda = 0$, то $ind C = 0$.

Таким образом, дополнительные исследования, представленные в данной статье, позволили вывести критерий нётеровости и получить развернутые формулы для индекса в случае частного вида интегрального оператора. Такая развитая теория позволяет применять полученные результаты при решении прикладных задач, которые могут возникать в различных областях экономики, физики, биологии, химии. Следует отметить, что операторы с однородными ядрами и радикальными (по меньшей мере, в окрестности точки $x=0$) коэффициентами используются одним из авторов при решении некоторых практических задач теплоэнергетики, которые приводят к задачам математической физики [4, С. 146], [5, С. 134], [6, С. 68].

Список литературы / References

1. Данекянц А.Г. К вопросам построения интегральных операторов с осциллирующими коэффициентами в пространстве $L_2(BN)$ / А.Г. Данекянц // Инженерный вестник Дона. – 2013. – Т. 27. – № 4. – С. 149.
2. Данекянц А.Г. Интегральные операторы с однородными ядрами и осциллирующими коэффициентами / А.Г. Данекянц // Интернет-журнал Науковедение. – 2013. – № 5 (18). – С. 124.
3. Данекянц А.Г. Связь многомерного интегрального оператора с осциллирующими коэффициентами с одномерными операторами в $L_2(BN)$ / А.Г. Данекянц // Научное обозрение. – 2014. – № 10-2. – С. 360-362.
4. Волосатова Т.А. Некоторые вопросы энергоэффективности тепловых сетей в разрезе текущего состояния комплекса ЖКХ России / Т.А. Волосатова // Инженерный вестник Дона. – 2013. – Т. 27. – № 4. – С. 146.
5. Волосатова Т.А. Основные вопросы энергоэффективности тепловых водяных котельных и варианты их решения / Т.А. Волосатова // Инженерный вестник Дона. – 2013. – Т. 26. – № 3 (26). – С. 134.
6. Волосатова Т.А. Современные способы повышения энергетической эффективности жилых зданий / Т.А. Волосатова // Инженерный вестник Дона. – 2015. – Т. 36. – № 2-2. – С. 68.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Danekjanc A.G. K voprosam postroeniya integral'nyh operatorov s oscillirujushimi koeficientami v prostranstve $L_2(BN)$ [To problems of construction of integral operators with oscillating factors in space $L_2(BN)$] / A.G. Danekjanc // Inzhenernyj vestnik Dona. [Engineering journal of Don] – 2013. – V. 27. – № 4. – P. 149. [in Russian]
2. Danekjanc A.G. Integral'nye operatory s odnorodnymi jadrami i oscillirujushimi koeficientami [Integral operators with homogeneous kernels and oscillating factors] / A.G. Danekjanc // Internet-zhurnal Naukovedenie. [Scientific open access journal «Naukovedenie»] – 2013. – № 5 (18). – P. 124. [in Russian]
3. Danekjanc A.G. Svjaz' mnogomernogo integral'nogo operatora s oscillirujushimi koeficientami s odnomernymi operatorami v $L_2(BN)$ [Connection of a many-dimensional integral operator with oscillating factors with one-dimensional operators in $L_2(BN)$] / A.G. Danekjanc // Nauchnoe obozrenie. [Science-review]. – 2014. – № 10-2. – P. 360-362. [in Russian]
4. Volosatova T.A. Nekotorye voprosy jenergojeffektivnosti teplovyh setej v razreze tekushhego sostojanija kompleksa ZhKH Rossii [Some problems of power efficiency of thermal webs in a slit of a current condition of a complex of housing and communal services of Russia] / T.A. Volosatova // Inzhenernyj vestnik Dona. [Engineering journal of Don]. – 2013. – V. 27. – № 4. – P. 146. [in Russian]
5. Volosatova T.A. Osnovnye voprosy jenergojeffektivnosti teplovyh vodjanyh kotel'nyh i varianty ih reshenija [The basic problems of power efficiency of thermal water boiler-houses and variants of their solution] / T.A. Volosatova // Inzhenernyj vestnik Dona. [Engineering journal of Don]. – 2013. – V. 26. – № 3 (26). – P. 134. [in Russian]
6. Volosatova T.A. Sovremennye sposoby povyshenija jenergeticheskoj jeffektivnosti zhilyh zdaniy [Modern modes of a raise of power efficiency of residential buildings] / T.A. Volosatova // Inzhenernyj vestnik Dona. [Engineering journal of Don]. – 2015. – V. 36. – № 2-2. – P. 68. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.166>

Кораблев Г.А.

Доктор химических наук, профессор,

Ижевская государственная сельскохозяйственная академия

УРАВНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ДВУХ ДВИЖЕНИЙ ПЛАНЕТ**Аннотация**

Модифицируя уравнение Кеплера по орбитальным движениям планет даны уравнения зависимости вращательного и орбитального движений планет, рассчитаны углы их вращения. Установлены волновые принципы прямого и обратного вращения планет. Установленные зависимости проявляются на различных масштабных уровнях структурных взаимодействий, в том числе в биосистемах. Равенство углов вращения Солнца и Земли через резонанс корпускулярно-волнового механизма определяет возможность земного фотосинтеза. Точность расчетов соответствует точности экспериментальных данных.

Ключевые слова: Орбитальное и вращательное движения планет, прямое и обратное вращение планет, углы вращения, фотосинтез.

Korablev G.A.

PhD in Chemistry, Professor,

Izhevsk State Agricultural Academy,

EQUATIONS OF FUNCTIONAL DEPENDENCIES FOR ROTATIONS OF TWO PLANETS**Abstract**

In the article we have provided equations for dependences by modifying the Kepler equation with respect to the orbital motions of the planets and calculated the rotational and orbital motions of the planets with the angles of their rotation. We have established the wave principles of forward and reverse rotation of planets. The established dependencies are manifested at various scale levels of structural interactions, including bio-systems. The equality of angles of the Sun and the Earth rotation through the resonance of the particle-wave mechanism determines the possibility of terrestrial photosynthesis is presented in the paper. The accuracy of the calculations corresponds to the accuracy of experimental data.

Keywords: Orbital and rotational motions of planets, direct and reverse rotation of planets, angles of rotation, photosynthesis.

Введение

Окружающий нас материальный мир находится в непрерывном движении. Основные виды механического движения функционально связаны между собой (поступательное, вращательное и колебательное) определяют динамическую стабильность систем. К настоящему времени накоплен значительный теоретический и экспериментальный материал по физико-химическим свойствам простых и сложных соединений и по принципам их самоорганизации на различных масштабных уровнях такой конформации.

Но является актуальной проблема установления наиболее общих закономерностей этих процессов. «Однако наука пока ещё слишком далека от того, чтобы осуществить это в общем виде» [1]. Так небесная механика, используя весь арсенал аналитических и качественных методов, даёт решение многих задач о движении твердых тел, например [2,3]. Но нуждаются в дальнейшем обсуждении некоторые другие вопросы небесной механики, например функциональная зависимость вращательного и орбитального движения планет, а также исходные принципы формирования прямого и обратного движения планет. Поэтому в данной работе делается попытка исследования таких проблемных вопросов с использованием ранее предложенной [4] концепции корпускулярно-волнового дуализма.

1. Исходные критерии

(Получены на основе работы [4])

1. В системах, в которых взаимодействие идет по градиенту потенциала (положительная работа), результирующая потенциальная энергия находится по принципу сложения обратных значений соответствующих энергий подсистем. Аналогично рассчитывается приведенная масса для относительного движения изолированной системы двух частиц.

2. В системах, в которых взаимодействие идет против градиента потенциала (отрицательная работа) выполняется алгебраическое сложение их масс и также – соответствующих энергий подсистем (аналогично гамильтониану).

3. Два принципа сложения энергетических характеристик структурных взаимодействий можно трансформировать на процессы корпускулярно-волнового дуализма.

Во всех взаимодействиях по градиенту потенциала, идут корпускулярные процессы, а волновой дуализм соответствует взаимодействиям против градиента потенциала.

4. Акт квантового действия, выраженный через постоянную Планка, сводится к равновесно-обменному перераспределению энергии между корпускулярными и волновыми процессами.

5. Разность фаз электрических и магнитных колебаний в электромагнитной волне составляет $\frac{\pi}{2}$. Используя как коэффициент пропорциональности величину $\left(\frac{2}{\pi}\right)^2$, получаем уравнение для постоянной Планка с точностью, близкой к точности самих исходных данных:

$$h = \left(\frac{4}{\pi^2} + a_0\right) P_e \frac{\varepsilon}{\mu},$$

где $a_0 = 0,0023293$ – экспериментальная квантовая поправка к спиновому g_s – фактору электрона, ε – электрическая постоянная, μ – магнитная постоянная. Здесь $P_e = wr$, где w – энергия свободного электрона, r – его классический радиус.

6. Предполагается, что при вращательно-поступательном движении электрона происходит перераспределение энергий в системе частица-волна, что проявляется через угловой вектор такого движения (угол намотки) – Θ .

Этот угловой вектор движения электрона квантуется целым числом через квадрат тангенса угла: $tg^2\varphi_e = 2$; $tg^260^\circ = 3$; $tg^245^\circ = 1$, где $\varphi_e = 54,73^\circ$ – есть так называемый геодезический угол, который широко проявляется в природе и используется в технике, например при изготовлении космических аппаратов.

Квантовые функции квадрата тангенса $k = 1, 2, 3$ численно определяют соотношения двух катетов треугольника, значения которых через осевые и окружные напряжения характеризуют энергетические соотношения в системе с корпускулярными и волновыми процессами.

7. В квантовой механике отношение магнитного момента частицы к ее механическому моменту называется магнетомеханическим отношением – g . При этом $g_s = 2$, если магнитный момент электрона обусловлен только спиновой составляющей и $g = 1$, если он создаётся орбитальным движением электронов. Их соотношение $g_s / g = 2$, что как и $tg^2\varphi_e = 2$ характеризует в данном подходе соответствующие корпускулярно-волновые зависимости.

2. Уравнение зависимости вращательного и орбитального движения планет

Выше приведенные принципы корпускулярно-волнового механизма позволяют с единых позиций рассматривать разнородные по природе и по масштабам многие структурно-динамические процессы. Например, характеристика спин-орбитального взаимодействия – постоянная тонкой структуры $\alpha = \frac{r}{\lambda}$, где r – классический радиус электрона, λ – его комптоновская длина волны.

Формально, но аналогично: сила взаимодействия двух длинных проводников с током пропорционально отношению $\frac{l}{2\pi r}$, где l – длина проводников, r – расстояние между ними.

И само число 2π , широко используемое в физических закономерностях, равно отношению длины окружности к её радиусу: $2\pi = l/R$.

В этих примерах, как и во многих других, данный подход позволяет оценивать структурные взаимодействия, исходя из соотношений корпускулярных и волновых пространственно-энергетических параметров в каждом акте действия. Очевидно, проявляются такие принципы и в третьем законе Кеплера, который может быть записан в виде [3]:

$$Gm = 4\pi^2 \frac{a^3}{T^2} \quad (1)$$

где: G – гравитационная постоянная, m – масса планеты, здесь a – расстояние до барицентра (центра масс системы), T – период обращения планеты. Введя относительную массу $m_0 = \frac{m}{m_s}$ (где m_s – масса Земли), можно получить:

$$\frac{Gm_s}{4\pi^2} = \frac{a^3}{T^2 m_0}, \text{ поэтому } \frac{a^3}{T^2 m_0} = \text{const}$$

Или:

$$\frac{a}{(T^2)^{\frac{1}{3}} m_0^{\frac{1}{3}}} = \text{const} \quad (2)$$

Так как массы планет достаточно малы по сравнению с расстоянием их до Солнца, то в первом приближении их можно считать математическими точками применить для них уравнение периода математического маятника:

$T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g}$, где g – ускорение свободного падения. За длину маятника l можно принять средний радиус орбитального движения планеты – R . Тогда в числитель формулы (2) по аналогии с ранее приведенными зависимостями можно ввести радиус планеты r и получим:

$$\frac{r}{\left(\frac{4\pi^2}{g} R m_0\right)^{\frac{1}{3}}} = \gamma \quad (3)$$

Это выражение в единицах $\frac{M}{c^{\frac{2}{3}}}$ для космических макроструктур удовлетворяет исходному принципу корпускулярно-волнового механизма. Но в третьем законе Кеплера рассматривалось только орбитальное движение, а в данном случае два движения, каждый из которых имеет свою волновую часть. Поэтому имеет место интерференция когерентных волн.

Сама когерентность аналогично выше приведенным примерам может рассматриваться как отношение разности хода волн к длине когерентной волны $\left(\frac{\Delta}{\lambda}\right)$. Наиболее просто принцип интерференции выполняется для жидкогазовых планет (планеты системы Юпитера), что показано в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики вращательного и орбитального движения планет

Планета	$r \cdot 10^6$, м	$R \cdot 10^9$, м	$\gamma, \frac{M}{c^{\frac{2}{3}}}$	Направление вращения	Расчетная формула для β
Меркурий	2,4397	57,9	1039,7	+	$n^{\frac{1}{2}} \frac{\gamma}{2}$
Венера	6,0515	108,2	855,17	-	$(2n+1)^{\frac{1}{2}} \frac{\gamma}{2}$
Земля	6,3780	149,6	755,2	+	$2n^{\frac{1}{2}} \frac{\gamma}{2}$
Марс	3,3970	227,9	734,7	+	$2n^{\frac{1}{2}} \frac{\gamma}{2}$

Продолжение табл. 1 – Характеристики вращательного и орбитального движения планет

Планета	$r \cdot 10^6$, м	$R \cdot 10^9$, м	$\gamma, \frac{m}{c^{2/3}}$	Направление вращения	Расчетная формула для β
Юпитер	71,492	778,6	715,8	+	$2n \frac{\gamma}{2}$
Сатурн	60,268	1433,7	735,9	+	$2n \frac{\gamma}{2}$
Уран	25,596	2870,4	463,6	-	$(2n + 1) \frac{\gamma}{2}$
Нептун	24,764	4491,1	365,49	+	$2n \frac{\gamma}{2}$
Плутон	1,1510	5868,9	295,55	-	$(2n + 1) \frac{\gamma}{2}$

Таблица 1 – Характеристики вращательного и орбитального движения планет (продолжение)

Планета	n	$\beta, \frac{m}{c^{2/3}}$	$\delta = \frac{\beta}{\beta_0}$	Θ_1°	Θ_2°	Θ° [3, 5, 6]
Меркурий	2	735,2	0,9735		86,6	87,0
Венера	1	740,6	0,9810		87,2	87,0
Земля	1	755,2	1	66,56		66,556
Марс	1	734,7	0,9728	64,75		64,8
Юпитер	1	715,8	0,9478 ^{1/2}		86,6	86,9
Сатурн	1	735,9	0,9744	64,85		64,3
Уран	1	696,8	0,9227		82,07	82,0
Нептун	2	730,98	0,96793 ²	62,5		61,68
Плутон	2	738,75	0,9782			
		$\langle \beta \rangle = 732,5$				

Усиление колебаний соответствует прямому вращению планет.

$$\beta_+ = 2n \frac{\gamma}{2} \quad (4)$$

Ослабление колебаний происходит при обратном вращении планет.

$$\beta_- = (2n + 1) \frac{\gamma}{2}, \quad (5)$$

где n – целое число.

Интенсивность распространения волны зависит от плотности среды и распределения её по объему планеты.

Величина, характеризующая нарастание плотности планеты к её центру, называется безразмерный момент инерции (I^*). Соотношение средних значений I^* для твердотельных и для жидкогазовых планет по разным данным [3,5,6] находится в пределах от 1,4 до 1,45, что приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Соотношение безразмерных моментов инерций твердотельных и жидкогазовых планет по [3, 5]

Планета	Меркурий	Венера	Земля	Марс	$\langle I_T^* \rangle$
I_T^*	0,324	0,333	0,33076	0,377	0,341
Планета	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун	$\langle I_{жг}^* \rangle$
$I_{жг}^*$	0,20	0,22	0,23	0,29	0,235

Примечание: Среднее значение $I_m^* / I_{жг}^* = 1,451$.

Такое свойство для твердотельных планет учитывается в таблице 1 в уравнениях (4, 5) введением величин $n^{1/2}$ и $(2n + 1)^{1/2}$. Такой же подход относится и к планете Меркурий, поскольку эта планета ближе всех находится к Солнцу, к его плазменной жидкогазовой структуре.

В целом применение корпускулярно-волнового механизма к космическим макросистемам дает объяснение специфики формирования у планет прямого или обратного вращения.

3. Углы вращения планет

По физическому смыслу параметр β характеризует разность хода интерферирующих волн, а величина γ – длину волны. Средняя величина $\beta = 732,5 \text{ м/с}^{2/3}$ с отклонением от неё для большинства планет менее 2 % (кроме Урана).

В работе [4] для оценки квантовых переходов в атомах использовалось уравнение $tg^2 \Theta = k$. В уравнении Кеплера и в других закономерностях космических макросистем используются квадраты и кубы исходных параметров. В данном подходе, как показали расчеты, выполняется полуэмпирическое уравнение:

$$\beta = (tg^2 \Theta)^3 \quad (6)$$

где Θ – угол вращения планет.

Для планеты Земля $\beta = 755,2$ и по уравнению (6) получается величина $\Theta_0 = 66,455^\circ$. Для более точного расчета, учитывая некоторую аналогию макро- и микропроцессов используем, как и ранее экспериментальную квантовую поправку в виде $a_0 = 1,0023293$ по уравнению:

$$\Theta_1 = a_0 \Theta_0 \quad (7)$$

Расчёт по уравнениям (6,7) даёт для Земли величину $\theta_1 = 66,560^\circ$ с отклонением от экспериментального значения на 0,007%. Это же значение угла вращения имеет и Солнце.

Применительно к остальным планетам в уравнении (7) вводится величина $\delta = \frac{\beta}{\beta_0}$, (где β_0 – значение величины β для Земли) согласно уравнений:

$$\theta_1 = a_0 \delta \theta_0 \quad \text{или} \quad \theta_1 = a_0 \frac{\beta}{\beta_0} \theta_0 \quad (8) \text{ (8a)}$$

$$\theta_2 = \frac{4}{3} a_0 \delta \theta_0 \quad \text{или} \quad \theta_2 = \frac{4}{3} a_0 \frac{\beta}{\beta_0} \theta_0 \quad (9) \text{ (9a)}$$

Формулы (8 и 8a) выполняются для тех планет, у которых угол вращения меньше земного. Для остальных планет выполняется формулы (9 и 9a). Это те планеты, с которых начинается планетная подсистема по значению безразмерного момента инерции (Меркурий и Юпитер), а также планеты с обратным ходом вращения (Венера и Уран). Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Коэффициент $\frac{4}{3}$ применялся и ранее для сравнительной оценки квантовых переходов различного вида сложности [4]. В данном исследовании среднее соотношение углов вращения планет по экспериментальным данным [3,5,6] приведенное в таблице 3, также имеет величину $1,336 \approx \frac{4}{3}$.

Таблица 3 – Соотношение углов вращения планет по [3, 5, 6]

Планета	Меркурий	Венера	Юпитер	Уран	$\langle \Theta_2 \rangle$
Θ_2	87,00	87,00	86,90	82,00	85,73
Планета	Земля	Марс	Сатурн	Нептун	$\langle \Theta_1 \rangle$
Θ_1	66,556	64,80	64,30	61,00	64,16

Примечание: среднее значение $\Theta_2/\Theta_1 = 1,336 \approx \frac{4}{3}$

Для величины δ влияние распределения плотности среды у планет учтено через фактор перехода от одного уровня распределения плотности к другому. Так для Юпитера по таблице 2 величина I^* меньше по сравнению с земным I^* в 1,45 раза и поэтому в расчетах $\delta = 0,9478^{1/2}$. Для Нептуна наоборот по сравнению с Юпитером I^* возрастает в 1,45 раза и поэтому в расчетах взята величина $\delta = 0,96793^2$.

Все результаты расчетов находятся в хорошем согласии с экспериментальными данными.

Выводы

1. Получены полуэмпирические уравнения зависимости вращательного и орбитального движения планет.
2. На основе ранее предложенной методики оценки корпускулярно-волнового механизма объясняются многие структурно-динамические процессы в макро- и микросистемах, в том числе специфика формирования у планет прямого или обратного вращения.
3. Приведенные расчеты углов вращения планет находятся в пределах точности экспериментальных данных.

Список литературы / References

1. Эрден-Груз Т. Основы строения материи / Т. Эрден-Груз // М.: Мир, 1976. – 438 с.
2. Дубошин Г.Н. Небесная механика / Г.Н. Дубошин // М.: Наука, 1978. – 456 с.
3. Пантелеев В.Л. Физика Земли и планет. Курс лекций / В.Л. Пантелеев // МГУ. Москва, 2001.
4. G.A. Korabev. Spatial-energy parameter and its application in research. LAP LAMBERT Academic Publishing. Germany. Pp. 1-65.
5. Физическая энциклопедия. М.: «Советская энциклопедия». Т.1, 1988. – 704 с.; Т.2, 1990. – 704 с.; Т.3, М.: «Большая Российская энциклопедия». 1992. – 672 с.
6. Аллен К.У. Астрофизические величины / К.У. Аллен // М.: Изд. «МИР», 1977. – 446 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Jerden-Gruz T. Osnovy stroenija materii [Basics of matter composition] / T. Jerden-Gruz // M.: Mir, 1976. – 438 p. [in Russian]
2. Duboshin G.N. Nebesnaja mehanika [Celestial mechanics] / G.N. Duboshin // M.: Nauka, 1978. – 456 p. [in Russian]
3. Panteleev V.L. Fizika Zemli i planet. Kurs lekcij [Physics of Earth and planets. Lectures] / V.L. Panteleev // MGU. Moskva [MSU. Moscow], 2001. [in Russian] <http://www.astronet.ru/db/msg/1169697/node17.html>
4. G.A. Korabev. Spatial-energy parameter and its application in research. LAP LAMBERT Academic Publishing. Germany. Pp. 1-65.
5. Fizicheskaja jenciklopedija [Encyclopedia in physics]. M.: «Sovetskaja jenciklopedija» [“Sovetskaya enciklopedia”]. V.1, 1988. – 704 p.; V.2, 1990. – 704 p.; V.3, M.: «Bol'shaja Rossijskaja jenciklopedija» [“Bolshaja Rossijskaja enciklopedia”]. 1992. – 672 p. [in Russian]
6. Allen K.U. Astrofizicheskie velichiny [Astrophysical magnitudes] / K.U. Allen // M.: Izd. «MIR» [M.: Mir], 1977. – 446 p. [in Russian]

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRYDOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.140>**Борисов А.Ф.¹, Забелин В.А.²**¹Доктор химических наук, проф., заведующий кафедрой Техносферной безопасности,²Ассистент кафедры Техносферной безопасности,

ГОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

ОСНОВНЫЕ ПРИЗНАКИ ПРОЯВЛЕНИЯ КВАНТОВЫХ СВОЙСТВ ОКСИДНЫХ РАСПЛАВОВ**Аннотация**

В данной работе рассматриваются квантовые свойства, наблюдаемые в борных оксидных расплавах. Исследования показали, что вещества, обладающие нулевой энтропией, проявляют квантовые свойства, такие как: сверхтекучесть, двухжидкостная структура, образование квантовых воронок. В данной работе рассмотрены основные признаки проявления квантовых свойств оксидных расплавов. Открытие нового класса сверхтекучих материалов позволит проводить поисковые фундаментальные исследования в области сверхпроводимости и аномальной теплопроводности.

Ключевые слова: квантовые воронки, сверхтекучесть, признаки сверхпроводимости в оксидных расплавах, энтропия, конденсат Бозе-Эйнштейна.

Borisov A.F.¹, Zabelin V.A.²¹PhD in Chemistry, Professor, Head of the Department of Technosphere Security,²Assistant of the Department of Technosphere Security,

State Educational Institution of Higher Education

“Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering”

MAIN FEATURES OF QUANTUM PROPERTIES OF OXIDE MELTS**Abstract**

The quantum properties of boron oxide melts are considered in the paper. The research has shown that substances with zero entropy have quantum properties, such as superfluidity, two-fluid structure, quantum funnels forming. In this paper, we consider the main features of the quantum properties of oxide melts. The discovery of a new class of superfluid materials allows to perform fundamental research in the field of superconductivity and anomalous thermal conductivity.

Keywords: quantum funnels, superfluidity, signs of superconductivity in oxide melts, entropy, Bose-Einstein condensate.

Сверхтекучая жидкость – жидкость, которая протекает через узкие щели и капилляры без трения, при этом протекающая часть жидкости обладает энтропией, равной нулю. Данное явление было открыто Капицей при изучении им свойств жидкого гелия при сверхнизких температурах. Сверхтекучее состояние, согласно представлениям классической механики, достигается благодаря понижению кинетической энергии частиц. Установлено, что высокой степени упорядоченности структуры соответствует нулевая энтропия сверхтекучего состояния системы.

Многочисленные экспериментальные данные, полученные при изучении свойств борных оксидных расплавов показали, что особую роль в образовании сверхтекучести играют поверхностные явления. Самопроизвольная структуризация поверхностного слоя расплава наблюдается только для составов, где атомы бора обладают тройной координацией [1], [6].

При воздействии температурного градиента сверхтекучая жидкость перемещается только в направлении от более нагретой части к более холодной. В результате адсорбции, на смену перетекшей сверхтекучей жидкости, образуется новая сверхтекучая компонента такой же конфигурации. Экспериментально установлено, что в B_2O_3 и в борных расплавах с содержанием оксидов щелочных и щелочно-земельных металлов до 6,0 % мол. сверхтекучей компонентой является расплав B_2O_3 с тройной координацией. Чистый расплав B_2O_3 состоит из сверхтекучей и нормальной компонент. Разработана эффективная методика их разделения [2]. Добавление к борному ангидриду оксидов щелочных или щелочно-земельных металлов сопровождается появлением четырех- координированных атомов бора с валентными связями в трех различных измерениях и образованием структурных элементов с трехмерной протяженностью. Структурные элементы, обладающие четверной координацией, встраиваясь в двухмерные слои, обуславливают взаимодействие поверхностного двухмерного слоя с нижележащим объемом обычного расплава. В конечном случае это приводит к потере подвижности и сверхтекучести поверхностного слоя в связи с образованием между слоями сильных взаимодействий.

Переход в сверхтекучее состояние при температуре T_s представляет собой фазовый переход II рода, который можно наблюдать на диаграммах «свойство-температура». Исследование термоэлектрических процессов является эффективным методом при определении расплавов, обладающих признаками сверхтекучей и сверхпроводящей жидкости. (интегральный метод измерения)[7].

Проведенные нами опыты показывают, что в расплавах системы $K_2O-B_2O_3$ фазовый переход II рода происходит в температурном интервале 770-1000°C (коэффициент термо-ЭДС становится равным нулю).

Полученные экспериментальные данные не позволяют пока установить верхний предел T_s . Возможно, что его просто не существует. Изучение результатов термоэлектрических исследований свыше 20 различных стеклообразующих систем показывает общую тенденцию уменьшения коэффициента термо-ЭДС с увеличением температуры [5], [7]. Можно сделать вывод о том, что в стеклообразующих оксидных расплавах энтропия стремится к нулю при увеличении температуры, и при определенной температуре может достигать нулевых значений, идентифицируя появление в расплаве сверхтекучей компоненты. В результате экспериментов были получены «безэнтропийные» стеклообразующие расплавы при температуре свыше 800-1000°C.

Анализ исследований, связанных с изучением квантовых свойств расплавов позволяет сделать следующие выводы и прогнозы:

1. Совместное рассмотрение свойств низкотемпературного класса сверхтекучих гелиевых жидкостей и высокотемпературного класса борных оксидных расплавов, обладающих сверхтекучестью и квантовыми свойствами показывает, что существует большая общность в проявлении различных свойств этих двух классов жидкостей. Борные оксидные расплавы обладают целым рядом самых главных признаков сверхтекучих квантовых жидкостей.

2. Общим признаком двух вышеприведенных классов жидкостей, является, прежде всего, нулевая энтропия, что говорит о достижении минимального уровня потенциальной энергии рассматриваемых макроскопических объектов. У жидкого гелия сверхтекучее состояние определяется сверхнизкой температурой, а у борных оксидных расплавов сверхтекучее состояние достигается при температурах 700°C и выше и является результатом саморегулируемой структуризации и максимальной степени упорядоченности поверхностного слоя расплава.

Процессы структуризации протекают как в низкотемпературных так и высокотемпературных сверхтекучих жидкостях, а результатом этих процессов является формирование конденсата Бозе-Эйнштейна.

3. Существование сверхтекучей жидкости при температуре свыше 1000°C говорит о наличии сверхтекучести при высоких температурах, чего раньше не наблюдалось.

4. Перетекание сверхтекучей компоненты в виде тончайшего слоя из одного сосуда в другой при наличии общей твердой поверхности является характерным квантовым свойством, как для криогенных гелиевых сверхтекучих жидкостей, так и для высокотемпературных сверхтекучих борных оксидных расплавов. При этом отмечается строгая корреляция таких свойств как энтропия жидкости и ее сверхтекучесть.

5. Двухжидкостная структура (модель Ландау) в борных сверхтекучих расплавах установлена экспериментально на основе методики визуализации процесса перетекания сверхтекучего компонента расплава [3]. Эксперименты проводились с составами расплавов $\text{BaO-B}_2\text{O}_3$, $\text{Co}_3\text{O}_4\text{-B}_2\text{O}_3$. Они имеют молочную и темно-фиолетовую окраску соответственно. В результате опытов наблюдалось перетекание прозрачного расплава в малый тигель. Это говорит о том, что сверхтекучая часть расплава, за которую отвечает B_2O_3 , отделилась от нормальной компоненты и заполнила малый тигель. При этом расплав в большом тигле остался молочного и фиолетового цвета соответственно.

6. Многочисленные эксперименты по изучению перечисленных выше свойств в обычных расплавах убедительно показывают отсутствие в них нулевой энтропии, способности к перетеканию, а, следовательно, и двухжидкостной структуры.

Приведенные выше результаты дают основание считать, что борные оксидные расплавы представляют собой новый класс сверхтекучих квантовых жидкостей, которые могут быть получены в макроскопических системах в области высоких температур существования стеклообразующих расплавов.

7. Как показывают наши экспериментальные данные квантовые воронки образуются в расплавах в интервале от 0,0 до 20,0 % мол. содержания K_2O , подтверждая квантовую природу жидкостей, в то время как по результатам перетекания расплавов при температуре 850-900°C составы с содержанием K_2O более 3,0 % мол. уже теряют свою способность к перетеканию и, следовательно, не обладают квантовыми свойствами. Принимая во внимание результаты исследования расплавов с преобладающим содержанием в них оксидов щелочных металлов можно сказать, что границы сверхтекучих жидкостей составляют в системе $\text{K}_2\text{O-B}_2\text{O}_3$ от 0,0 до 3,0 мол. % K_2O и от 50 мол. % K_2O и выше.

8. Образование квантовых воронок.

Прогнозы Л.Д.Гинзбурга и В.А.Литтла [8], [4] о возможности создания квантового состояния вещества при сверхвысоких температурах находят свое экспериментальное подтверждение.

Список литературы / References

1. Патент (RU 2470864 C2): Борисов А.Ф., Кислицына И.А. Способ получения оксидных расплавов, обладающих признаками сверхпроводящих жидкостей. 27.12.2012 г.
2. Патент на изобретение № 2524396. Способ получения квантовых жидкостей - сверхтекучих оксидных расплавов. Авторы: Борисов А.Ф., Копосов Е.В., Буньков М.М., Забелин В.А., Кислицына И.А., ННГАСУ, 2013 г.
3. Патент на изобретение № 2570885. Способ визуализации двухжидкостной структуры квантовых жидкостей в оксидных расплавах. Авторы: Борисов А.Ф., Забелин В.А., ННГАСУ, 2015 г.
4. Little W.A.-Phys. Rev. Ser. A, 1964, V. 134, p. 1416.
5. Ахлестин Е.С. Применение метода термо-ЭДС для изучения свойств и структуры силикатных расплавов: дис.... канд. тех. наук/ Ахлестин Е.С.-Горький: Горьковский политехнический институт им. А.А.Жданова., 1966. -173 с.
6. Борисов А.Ф., Кислицына И.А.Проявление признаков квантовых свойств жидкости в оксидных расплавах по результатам термоэлектрических исследований / А.Ф.Борисов, И.А.Кислицына // «Приволжский научный журнал». - Н.Новгород.: ННГАСУ, 2011. -№ 4,- С. 110-117
7. Борисов А.Ф. Концентрационные и термические цепи с платиновыми электродами и оксидными электролитами: дис.... доктора хим. наук / Борисов Анатолий Федосеевич. – Свердловск: Уральский научный центр, институт электрохимии АН СССР., 1981.-273с.
8. Гинзбург В.Л., Жарков Г.Ф. Термоэлектрические эффекты в сверхпроводниках/ В.Л. Гинзбург, Г.Ф. Жарков // «Успехи физических наук».- М.: УФН, 1978. - Май, - том 125, - вып. 1, - С.19-56.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Patent (RU 2470864 C2): Borisov A.F., Kislitsyna I.A. Sposob polucheniya oksidnykh rasplavov, obladayushchikh priznakami sverkhprovodiashchikh zhidkostey [Method for production of oxide melts with the superconducting liquids characteristics]. 12/27/2012 [In Russian]
2. Patent of invention No 2524396. Sposob polucheniya kvantovykh zhidkostey – sverkhtekuchikh oksidnykh rasplavov [Method for obtaining quantum liquids – superfluid oxide melts]. Authors: Borisov A.F., Kopusov E.V., Bunkov N.N., Zabelin V.A., Kislitsyna I.A., NNGASU 2013 [In Russian]

3. Patent of invention No. 2570885. Sposob vizualizatsii dvukhzhidkostnoy struktury kvantovykh zhidkostey v oksidnykh rasplavakh [Method for visualizing two-fluid structure of quantum liquids in oxide melts]. Authors: Borisov A.F., Zabelin V.A., NNGASU, 2015 [In Russian]

4. Little W.A.-Phys. Rev. Ser. A, 1964, V. 134, p. 1416.

5. Akhlestin E.C. Primeneniye metoda termo-EDS dlia izucheniya svoystv i struktury silikatnykh rasplavov [Using thermal electromotive force method for study of properties and structure of silicate melts]: Dissertation of Ph.d. in technical sciences / Akhlestin E.S.-Gorky: Gorky Polytechnic Institute. A.A. Zhdanova., 1966.-173 p. [In Russian]

6. Borisov A.F., Kislitsyna I.A. Proyavleniye priznakov kvantovykh svoystv zhidkosti v oksidnykh rasplavakh po rezul'tatam termoelektricheskikh issledovaniy [Manifestation of signs of quantum properties of liquid in oxide melts based on the results of thermoelectric research] / A.F. Borisov, I.A. Kislitsyna // Privolzhsky Scientific Journal. – Nizhny Novgorod: NNGASU, 2011.-No. 4, - P. 110-117 [In Russian]

7. Borisov A.F. Kontsentratsionniye i termicheskiye tsepi s platinovymi elektrodami i oksidnymi elektrolitami [Concentration and thermal chains with platinum electrodes and oxide electrolytes]: Dissertation of Doctor in Chemical Sciences / Borisov Anatoly Fedoseevich. - Sverdlovsk: Ural Scientific Center, Institute of Electrochemistry, USSR Academy of Sciences., 1981. – 273p. [In Russian]

8. Ginzburg V.L., Zharkov G.F. Termoelektricheskiye efekty v sverkhprovodnikakh [Thermoelectric effects in superconductor] / V.L. Ginzburg, G.F. Zharkov // Uspekhi Fizicheskikh Nauk [Advances of physical sciences] – Moscow: UFN, 1978. - May 125, V. 1 - P. 19-56. [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.120>

Лукина Ю.С.¹, Свентская Н.В.², Андреев Д.В.³

¹ORCID: 0000-0003-0121-1232, Кандидат технических наук,

²ORCID: 0000-0001-7851-7518, Кандидат технических наук,

³ORCID: 0000-0002-8485-0859, Кандидат технических наук,

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

ПОЛУЧЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ 3D-ИМПЛАНТАТОВ ДЛЯ КОСТНОЙ ПЛАСТИКИ НА ОСНОВЕ КАЛЬЦИЙМАГНИЙФОСФАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация

Дикальцийфосфат дигидрат, биорезорбируемый фосфат кальция, вызывает большой интерес в силу развития регенераторного подхода к лечению костной ткани. В связи с благоприятным влиянием магнийсодержащих цементов на клеточную активность и улучшением прочностных характеристик при подпрессовке цементного теста, целью данной работы явилось получение магнийсодержащего реакционно-связанного материала на основе брусшита и ньюберита. Установлены закономерности влияния количества магния в прекурсор и давления прессования на прочностные характеристики конечного продукта. Предложен метод получения индивидуального имплантата методом 3D-моделирования для восстановления костной ткани.

Ключевые слова: реакционно-связанный материал, брусшит, ньюберит, 3D-моделирование, костная ткань.

Lukina Y.S.¹, Svetskaya N.V.², Andreev D.V.³

¹ORCID: 0000-0003-0121-1232, PhD in Engineering,

²ORCID: 0000-0001-7851-7518, PhD in Engineering,

³ORCID: 0000-0002-8485-0859, PhD in Engineering,

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia

OBTAINING INDIVIDUAL 3D IMPLANTS FOR BONE PLASTICS ON THE BASIS OF MATERIALS FROM CALCIUM MAGNESIUM PHOSPHATE

Abstract

Dicalcium phosphate dihydrate, bioresorbable calcium phosphate, is of great interest to researchers due to the development of a regenerative approach in the treatment of bone tissue. Magnesium-containing cements have a very positive effect on cellular activity and the improvement of strength characteristics in the pre-pressing of the cement paste. The aim of this paper is to obtain a magnesium-containing reaction bonded material based on brushite and newberyite. The regularities of the influence of magnesium amount in the precursor and the pressing pressure on the strength characteristics of the final product are established. The method for obtaining individual implants made with the help of 3D modeling for bone tissue restoration is proposed.

Key words: reaction bonded material, brushite, newberyite, 3D modeling, bone tissue.

Введение

В настоящее время в медицине существуют различные методы лечения травм и дефектов костной ткани, возникающих по разным причинам, в том числе связанных с заболеваниями типа остеомиелита, остеопороза и т.д. Для восстановления нормального функционирования поврежденного участка костной ткани могут быть применены имплантаты.

В последние годы большой интерес вызывает концепция реконструкции костных тканей, основанная на использовании материалов, постепенно резорбирующихся в организме и замещающихся новообразованной костной тканью. При этом материал является активным источником необходимых для построения костной ткани ионов Ca^{2+} и PO_4^{3-} . Данный регенеративный подход требует от современных биоматериалов, прежде всего остеостимулирующего

действия материала имплантата на костную ткань в зоне дефекта, ускорения процесса срастания и замены имплантата новой костной тканью.

Одним из наиболее распространенных материалов для костной пластики является гидроксипатит, наиболее стабильный фосфат кальция при физиологических значениях $pH = 7,4$, что делает имплантаты на его основе медленно или частично резорбируемыми. В противоположность ему, дикальцийфосфат дигидрат (далее – ДКФД, брушит), является метастабильным соединением, что обуславливает его повышенную скорость резорбции в физиологических средах организма. ДКФД в качестве коммерческих продуктов выпускается в виде цемента JectOS («KASIOS SAS», Франция), PD VitalOs Cement («Produits Dentaires SA», Швейцария), ChronOs Inject («Synthes AG», Швейцария), PolyBone («Kyungwon Medical Co.Ltd», Корея).

Для предотвращения перекристаллизации дигидрата дикальцийфосфата в гидроксипатит в костных цементах используют соли магния, поскольку они ингибируют рост кристаллов гидроксипатита [1].

Магнийфосфатный цемент, полученный затворением смеси MgO и $NH_4H_2PO_4$, обладает быстрым схватыванием, высокой прочностью и постепенно подвергается резорбции в организме, не вызывая при этом воспалительных и некротических процессов [2, С. 503-504].

Цитосовместимость резорбируемого струвитового цемента, полученного затворением смеси $Mg_3(PO_4)_2$ и струвита ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) сравнима или даже выше, чем у брушитового цемента, что подтверждается экспрессией белка в остеогенных клетках на ранней стадии контакта поверхности клетки с поверхностью струвитового цемента [3, С. 327, 331].

Авторами работ [4], [5] показано, что модификация прекурсоров апатитового и брушитового цемента (α - и β -трикальцийфосфатов) ионами магния способствует увеличению сроков схватывания, улучшению инъекционной способности и/или механических свойств.

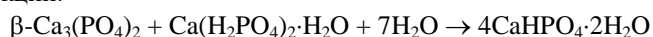
Одним из способов получения магнийсодержащего фосфата кальция [4] является осаждение из растворов $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, $(NH_4)_2HPO_4$ и $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ таким образом, чтобы полученный осадок с общей формулой $Mg_xCa_{(3-x)}(PO_4)_2$, имел соотношение $Ca/Mg = 1,35/0,15$. Высушенный и обожженный при $T=1500^\circ C$ материал представляет собой α -модификацию магнийзамещенного ТКФ – прекурсора для получения апатитового цемента.

Другим способом получения магнийзамещенных фосфатов кальция является твердофазный синтез, в ходе которого при $T=1100^\circ C$ в течение 5 часов из смеси исходных компонентов $Mg(OH)_2$, $MgHPO_4 \cdot 3H_2O$, $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ и $CaCO_3$ образуется магнийзамещенный β -трикальцийфосфат (магнийзамещенный ТКФ) с общей формулой $Mg_xCa_{(3-x)}(PO_4)_2$, где $0 < x < 3$. Биоцементы, синтезированные из полученных магнийзамещенных ТКФ, имеют более длительные сроки схватывания и повышенные показатели прочности, не имеющие прямолинейной зависимости с концентрацией ионов магния. На магнийсодержащем брушитовом цементе клетки, хотя и меньше, чем на позитивном контроле, дифференцируют и пролиферируют [5, С. 1534].

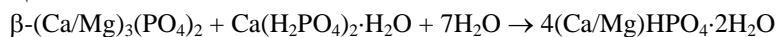
В связи с указанием в литературе на улучшение прочностных характеристик брушитового цемента при введении ионов магния и благоприятное влияние магнийсодержащих цемента на цитосовместимость и клеточную активность, целью данной работы явилось получение реакционно-связанного материала путем прессования магнийсодержащего брушитового цемента и исследование возможности создания на его основе 3D-имплантатов, точно повторяющих формы костных дефектов.

Материалы и методы

Образцы брушитового цемента, не содержащие ионов магния, были получены затворением смеси β -трикальцийфосфата с монокальцийфосфатом моногидратом (Вектон, СПб, Россия) в весовом соотношении 3:2 по реакции:



Магнийсодержащая модификация брушитового цемента была получена при взаимодействии магнийзамещенного трикальцийфосфата с монокальцийфосфатом моногидратом (Вектон, СПб, Россия) в весовом соотношении 3:2 по реакции:



Трикальцийфосфат получали смешением компонентов $CaHPO_4$, $CaCO_3$ в мольном соотношении $Ca/P=1,5$ и последующим обжигом при $T=1000^\circ C$. Магнийзамещенные ТКФ получали смешением компонентов $CaHPO_4$, $CaCO_3$, $Mg_2P_2O_7$, $Mg(OH)_2$, соответственно в мольном соотношении $Ca(Mg)/P = 1,5$. Общая формула магнийсодержащего трикальцийфосфата $Mg_xCa_{(3-x)}(PO_4)_2$, где $x = 0; 0,75; 1,5; 2,25; 3$. В дальнейшем магнийзамещенные ТКФ обжигали при $T=1000^\circ C$.

Подпрессовку образцов проводили на гидравлическом прессе П-10 при давлении 10-30 МПа. Полученные образцы хранили в воздушно-влажных условиях при $T=20^\circ C$.

Определение прочности на изгиб и сжатие образцов-балочек размером $10 \times 10 \times 30$ мм через 1 сутки после формования осуществляли по стандартной методике с помощью универсальной испытательной машины Р-05.

Рентгенофазовый анализ проводили на дифрактометре «ДРОН-3М» с ионизационной регистрацией лучей при $CuK\alpha$ – излучении с никелевым фильтром. Рентгенограммы снимали в диапазоне углов $2\theta=20-50$ град после твердения в течение 1 суток. Расшифровку рентгенограмм проводили в соответствии с карточками базы ICDD PDF-2.

Результаты и обсуждение

Рентгеновские дифрактограммы синтезированных магнийзамещенных фосфатов кальция показаны на рис. 1. При $x=0$ образуется трикальцийфосфат, являющийся смесью двух соединений, кристаллизующихся в различных сингониях: ромбоэдрической и орторомбической. При $x=0,75$ в составе образованного магнийзамещенного фосфата кальция присутствуют трикальцийфосфат, имеющий структуру минерала витлокита и фаза $Ca_3Mg_3(PO_4)_4$; $Ca_3(PO_4)_2$ в орторомбической сингонии при введении магниевых соединений не образуется. При $x=1,5$ образуется только фаза $Ca_3Mg_3(PO_4)_4$, которая при увеличении x до 2,25, присутствует вместе с $Mg_3(PO_4)_2$, имеющим структуру минерала

фаррингтонита. При $x=3$ образуется тримагнийфосфат, идентифицированный как смесь двух тримагнийфосфатов с различными кристаллографическими свойствами.

Для получения реакционно-связанного материала на основе безмагниевого и магнийзамещенного брушитового цемента с повышенными значениями прочности проводят подпрессовку влажной порошковой смеси, полученной смешением синтезированных фосфатов магния с общей формулой $Mg_xCa_{(3-x)}(PO_4)_2$ с монокальцийфосфатом моногидратом при давлениях от 10 до 30 МПа.

При взаимодействии цементной смеси с водой происходит кислотно-основное взаимодействие трикальцийфосфата или магнийзамещенного ТКФ с монокальцийфосфатом моногидратом, гидратация с последующим образованием цементного камня.

Твердение цемента обусловлено срастанием микрокристаллов образовавшихся кристаллогидратов вследствие того, что их объем превышает объем исходных фаз в твердеющей системе.

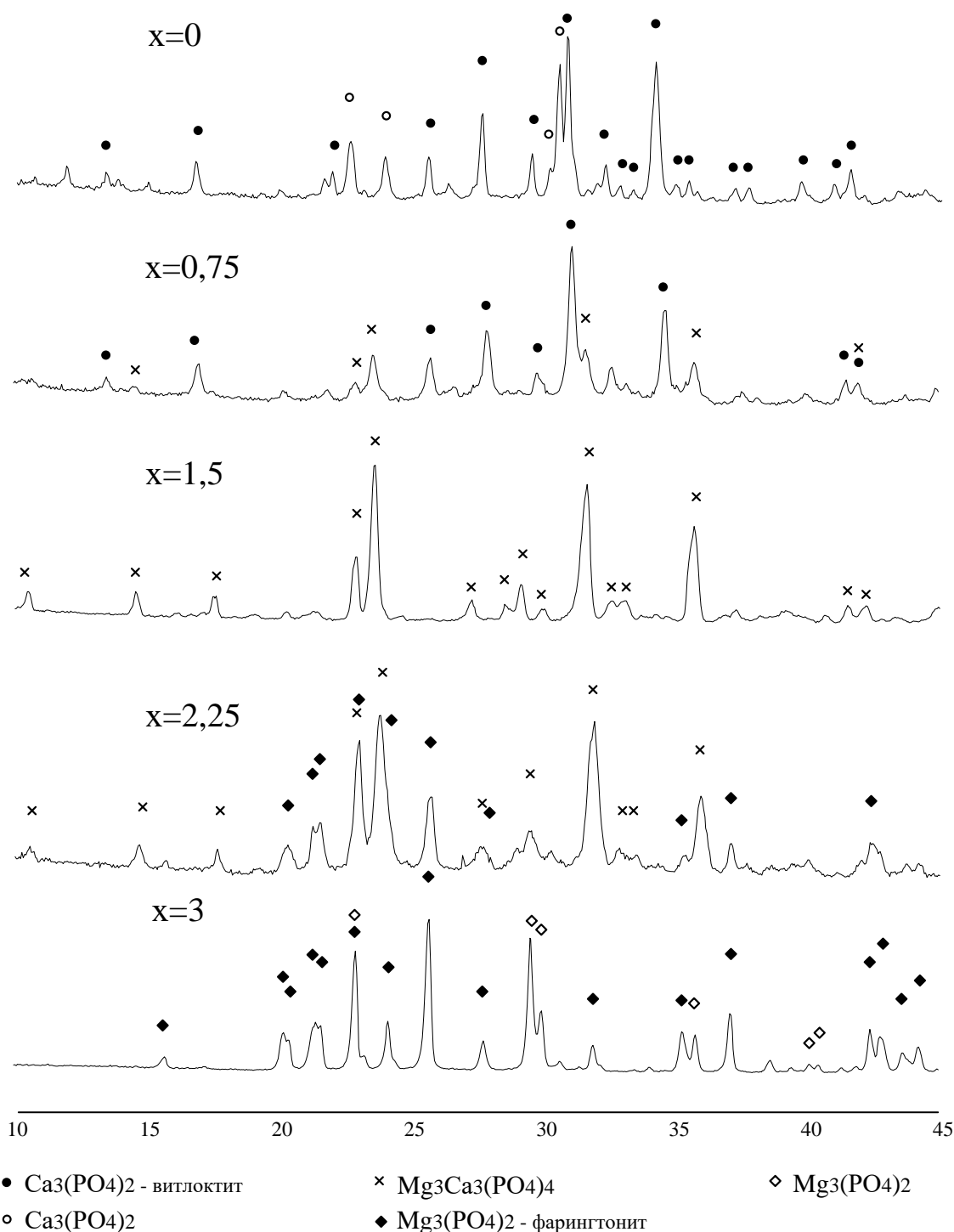


Рис. 1 – Рентгенограммы фосфатов с общей формулой $Mg_xCa_{(3-x)}(PO_4)_2$ (x – содержание ионов Mg^{2+})

Механическая прочность затвердевшего цементного камня определяется в большей степени прочностью и количеством контактов между частицами, которое обусловлено их размером и способом их упаковки, что связано с пористостью. Поскольку предельная прочность материалов экспоненциально снижается с увеличением их пористости,

то уменьшение начальной пористости в ходе подпрессовки материала за счет выжимания «лишней» жидкости, не участвующей в процессе гидратации, приводит к снижению пористости и повышению прочности. Прочностные характеристики реакционно-связанного материала при $x=0,75$ в исходном $Mg_xCa_{(3-x)}(PO_4)_2$ незначительно ухудшаются (рис. 2), тогда как при дальнейшем увеличении содержания магния с исходном фосфате, его прочность имеет тенденцию к постоянному увеличению.

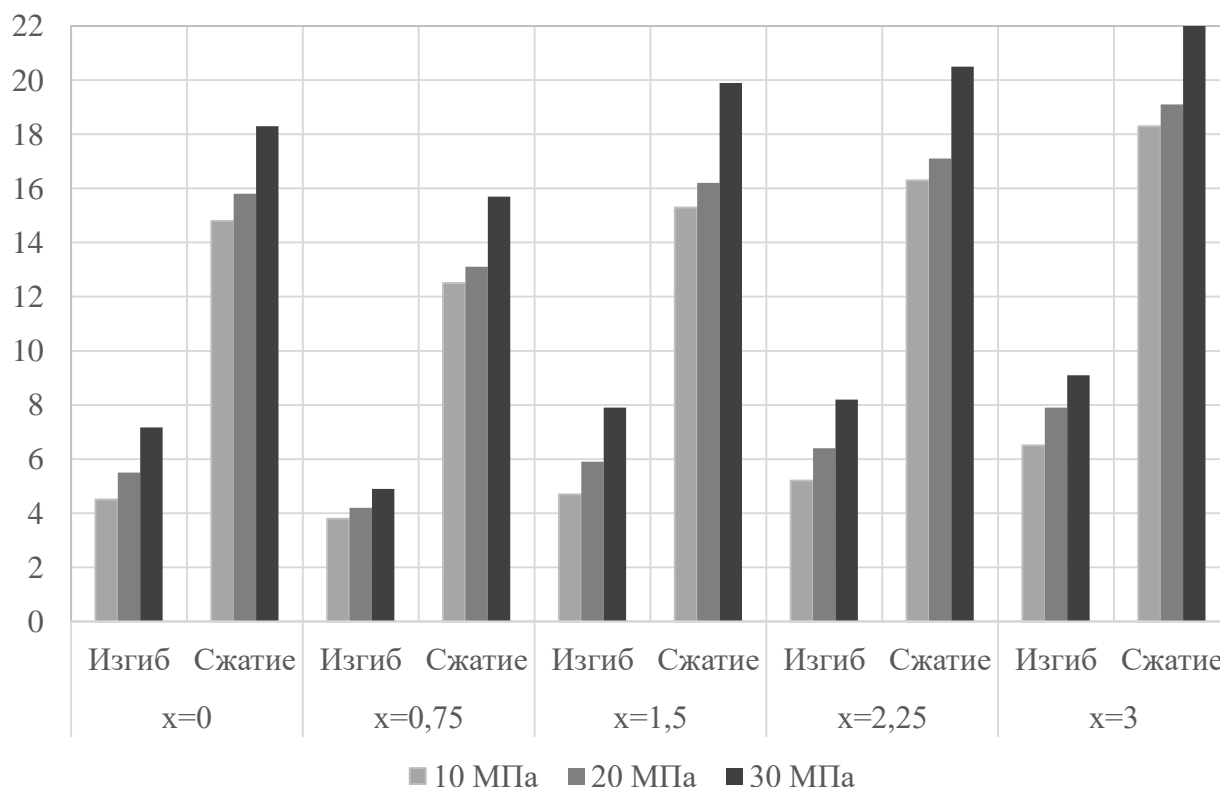


Рис. 2 – Механическая прочность реакционно-связанного материала
(x – содержание ионов Mg^{2+} в $Mg_xCa_{(3-x)}(PO_4)_2$)

Составы $x=0,75$ и $x=1,5$ отличает присутствие значительного количества монетита ($CaHPO_4$) кроме целевых фаз гидрофосфатов кальция и магния (брушита $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ и ньюберита $MgHPO_4 \cdot 3H_2O$), что подтверждается данными рентгенофазового анализа (рис. 3). В составе $x=0,75$, видимо, именно наличие монетита снижает прочность, что связано, как мы полагаем, с формой кристаллов, имеющих призматическое строение и уменьшением количества контактов между частицами. Дальнейшее увеличение прочности связано с присутствием ньюберита ($MgHPO_4 \cdot 3H_2O$). Кроме целевых фаз в составе реакционно-связанного материала наблюдается присутствие исходных $Ca_3(PO_4)_2$ и $Mg_3(PO_4)_2$.

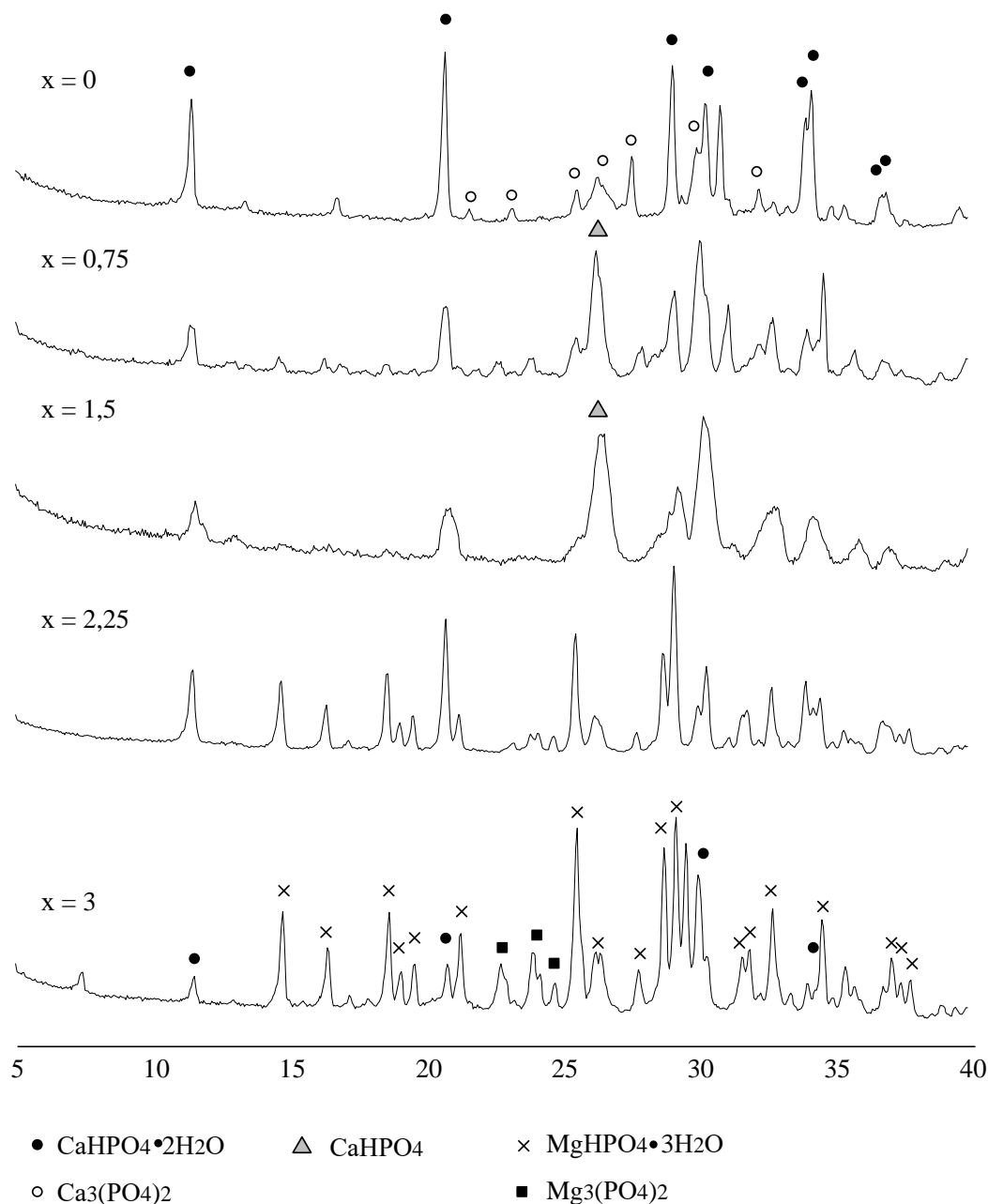


Рис. 3 – Рентгенограммы цементного камня
(x – количество ионов Mg^{2+} в $\text{Mg}_x\text{Ca}_{(3-x)}(\text{PO}_4)_2$)

Трехмерные технологии активно используют при изготовлении имплантатов для ортопедии и травматологии. С помощью томографа и компьютерного моделирования производят проектирование трехмерной модели индивидуального имплантата. В данном исследовании использовали томографическое изображение голени крысы линии «Вистар». В исходном файле stl-формата описание сканированной поверхности поврежденной кости представлено списком координат вершин треугольников, количество которых определяет точность ее воспроизведения. Визуализация данных в виде полигональной модели с помощью графического редактора CAD-программы предполагает использование методов полигонального моделирования и выборочное частное или комплексное оперирование элементами (примитивами) больших геометрических массивов, что позволяет с высоким приближением воспроизводить форму утерянного фрагмента костной ткани (рис. 4).

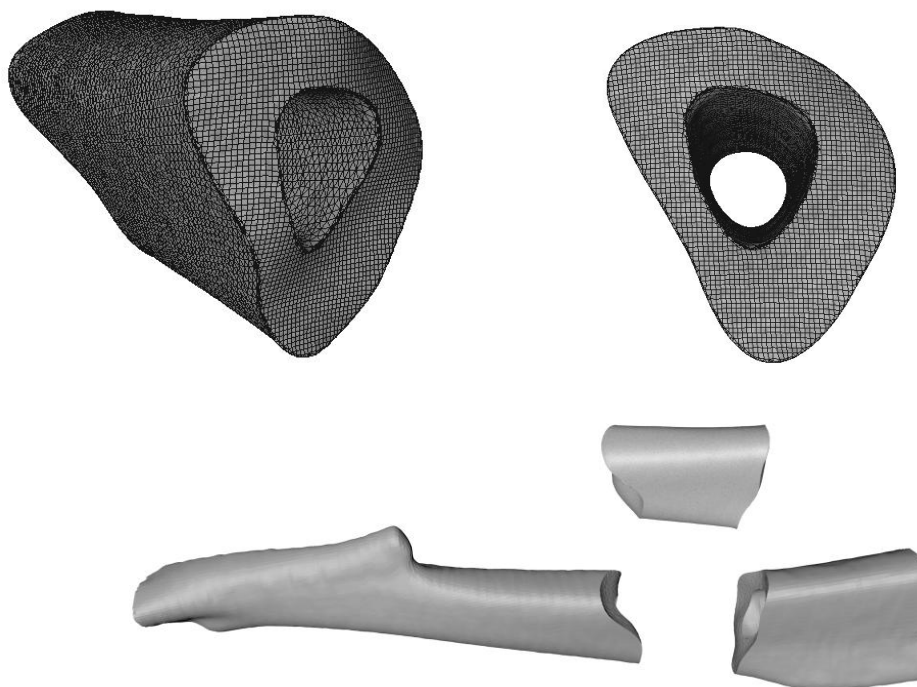


Рис. 4 – Трехмерное изображение, полученное с помощью компьютерной томографии, и смоделированный 3D-матрикс

По экспортированной в САМ-программу полигональной модели, которая является «позитивом» костного дефекта, повторяющим его форму, можно отфрезеровать на трехкоординатном станке из прессованного матрикса индивидуальный имплантат, форма которого в точности повторяет трехмерную модель (рис. 5).

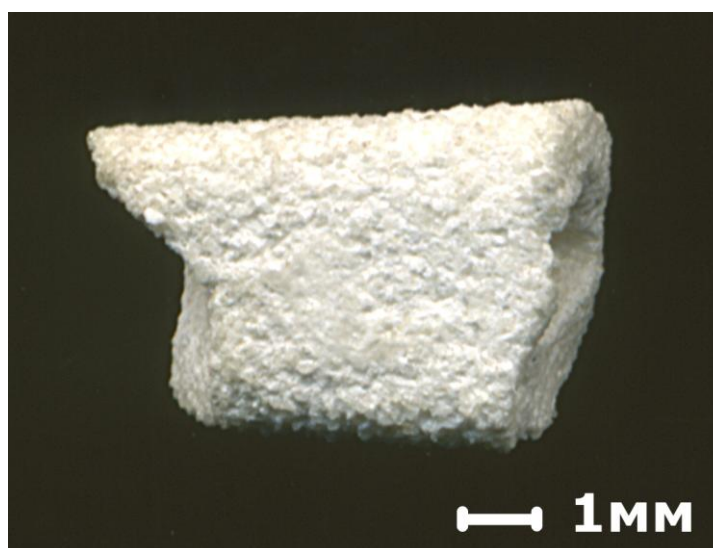


Рис. 5 – Индивидуальный имплантат, полученный на фрезеровальном станке

В данной работе показана возможность получения индивидуальных 3D-имплантатов для костной пластики из магнийсодержащего реакционно-связанного материала на основе брушита и ньюберита, обладающих повышенными прочностными характеристиками. Индивидуальные 3D-имплантаты точно повторяют форму костного дефекта, что обеспечивает плотное прилегание к костному ложу и является важным аспектом при регенераторном подходе восстановления поврежденной костной ткани. Для ускорения процессов остеоинтеграции установка имплантатов может проводиться с помощью цементных паст исходного состава.

Список литературы / References

1. Pat. 6,733,582 B1 United States. Brushite hydraulic cement stabilized with a magnesium salt / Bohner M., Matter S.; Assignee: Dr. H. C. Robert Mathys Stiftung; Stratec Medical AG - № 10/149,035; field: 02.07.02; date of patent 11.05.04.
2. Yua Y. Evaluation of inherent toxicology and biocompatibility of magnesium phosphate bone cement / Yua Y., Wangb J., Liub C. and others // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. – 2010. – V. 76. – P. 496 – 504.
3. Ewald A. Effect of cold-setting calcium- and magnesium phosphate matrices on protein expression in osteoblastic cells / Ewald A., Helmschrott K., Knebl G. and others // J. of biomedical materials research b: applied biomaterials. – 2011. – V. 96 B. – Issue 2.

4. Pina S. Injectability of brushite-forming Mg-substituted and Sr-substituted α -TCP bone cements / Pina S., Torres P. M. C., Ferreira J. M. F. // J. Mater. Sci.: Mater. Med. 2010. – V. 21. – P. 431 – 438.

5. Klammer U. Phase composition, mechanical performance and in vitro biocompatibility of hydraulic setting calcium magnesium phosphate cement / Klammer U., Reuther T., Blank M. and others // Acta Biomaterialia. – 2010. – V. 6. – P. 1529 – 1535.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.084>

Насирзаде М.¹, Ваулина Д.Д.², Гомзина Н.А.³

¹ORCID: 0000-0003-3486-2787, аспирант,

Санкт-Петербургский государственный университет, Институт химии,

²ORCID: 0000-0003-1088-2396, младший научный сотрудник,

³ORCID: 0000-0002-4554-6125, кандидат химических наук, старший научный сотрудник,

^{2,3}Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мозга человека им. Н.П. Бехтерева
Российской академии наук (ИМЧ РАН)

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ [¹⁸F]ФЛЮМАЗЕНИЛА, РАДИОФАРМАПРЕПАРАТА ДЛЯ РЕЦЕПТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МОЗГА МЕТОДОМ ПЭТ

Аннотация

Впервые показана принципиальная возможность использования метода твердофазной экстракции (ТФЭ) для получения [¹⁸F]флюмазенила ([¹⁸F]ФМЗ), радиолиганда для визуализации ГАМК_A рецепторов методом позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ). Проведено сравнение эффективности использования для выделения [¹⁸F]ФМЗ экспресс-метода ТФЭ на одноразовых картриджах и традиционной полупрепаративной ВЭЖХ. Разработана новая радиохимическая автоматизированная технология, которая позволяет получить в одном синтезе (53 мин) 2-5 клинических дозы [¹⁸F]ФМЗ с удельной активностью > 185 ГБк/мкмоль, с радиохимической чистотой >98 % и химическими примесями (нитромазенил) ≤ 4 мкг/мл. Полученный препарат отвечает всем требованиям, предъявляемым Фармакопеей, и может быть рекомендован для использования в клинических ПЭТ исследованиях.

Ключевые слова: позитронная эмиссионная томография, радиофармпрепараты, радиолиганды, ГАМК_A рецепторы, фтор-18, автоматизированный модуль синтеза, [¹⁸F]флюмазенил ([¹⁸F]ФМЗ), твердофазная экстракция.

Nasirzadeh M.¹, Vaulina D.D.², Gomzina N.A.³

¹ORCID: 0000-0003-3486-2787, PhD student,

Saint-Petersburg State University, Institute of Chemistry,

²ORCID: 0000-0003-1088-2396, junior researcher,

³ORCID: 0000-0002-4554-6125, PhD, senior researcher,

^{2,3}N. P. Bechtereva Institute of Human Brain, Russian Academy of Sciences (IHB RAS)

A NOVEL TECHNOLOGY FOR PRODUCING OF [¹⁸F]FLUMAZENIL, RADIOPHARMACEUTICAL FOR BRAIN RECEPTORS STUDIES BY PET

Abstract

For the first time an express method of solid phase extraction (SPE) was proposed for producing of [¹⁸F]flumazenil ([¹⁸F]FMZ), a radioligand for visualization GABA_A receptors by positron emission tomography (PET). Efficiencies of [¹⁸F]FMZ extraction by SPE on commercially available cartridges and by traditional semi-preparative HPLC were compared. Application of novel radiochemical automated technology allowed to obtain 2-5 clinical doses of radioligand in one production run (53 minutes). [¹⁸F]FMZ was produced with specific activity >185 GBq/μM, radiochemical purity >98 % and ≤ 4 μg/ml of nitromazenil residual amounts. The obtained preparation meets all Pharmacopoeia requirements and can be recommended for PET clinical applications.

Keywords: positron emission tomography, radiopharmaceuticals, radioligands, GABA receptors, fluorine-18, automated synthesis module, [¹⁸F]flumazenil ([¹⁸F]FMZ), solid-phase extraction.

Позитронная эмиссионная томография (ПЭТ) – метод ядерной медицины, позволяющий при использовании соответствующих радиофармпрепаратов (РФП) и фармакокинетических моделей их поведения в организме, количественно измерить параметры многих физиологических и биохимических процессов *in vivo* (перфузия, метаболизм, рецепторные и нейротрансмиттерные взаимодействия), обеспечивая тем самым точную диагностику онкологических, кардиологических, неврологических и психических заболеваний на ранних этапах. В качестве РФП используют биологически активные соединения, меченные короткоживущими радионуклидами с позитронным типом распада: ¹⁸F (T_{1/2} = 109.7 мин), ¹¹C (T_{1/2} = 20.4 мин) и др. При изучении нейробиохимических процессов в центральной нервной системе (ЦНС) методом ПЭТ используют меченые соединения, специфично связывающиеся с отдельными типами рецепторов ЦНС (рецепторные радиолиганды). С помощью этих соединений получают ценную информацию о механизмах рецепторных взаимодействий и о плотности и распределении самих рецепторов в различных отделах мозга [1-4]. Большой интерес вызывают ПЭТ исследования ГАМК-эргической системы, реализующей биохимическое действие ГАМК (гамма-аминомасляной кислоты), основного тормозного нейромедиатора ЦНС [2,4]. Бензодиазепиновыми рецепторами (БЗР) называют участки (сайты) ГАМК_A-рецепторов для связывания с бензодиазепинами. БЗР локализованы на мембранах нервных клеток и входят в состав ГАМК_A-бензодиазепинового комплекса, действие которого направлено на изменение устойчивости нервных клеток к возбуждающим сигналам. В частности, бензодиазепины, связываясь с БЗР, усиливают процессы торможения в ЦНС. Седативное действие бензодиазепинов нашло широкое применение в виде транквилизаторов, релаксантов, антиконвульсантов и

снотворных препаратов. Центральные БЗР (цБЗР) играют ключевую роль в таких заболеваниях, как: эпилепсия, тревожные состояния, деменции, алкоголизм и др.

В ПЭТ в качестве РФП для определения плотности цБЗР используют меченые аналоги лекарственного средства флюмазенил (8-фтор-имидазо[1,5-а][1,4]бензодиазепин-3-карбоксил этиловый эфир), (схема 1а). Флюмазенил обладает высокой аффинностью к цБЗР ($K_d < 5 \text{ нМ}$), является их полным антагонистом и применяется для снятия наркоза, вызываемого действием препаратов на основе бензодиазепинов [4]. В ИМЧ РАН в 2005 г был разработан метод получения [^{18}F]флюмазенила ([^{18}F]ФМЗ) (2, схема 1б), меченного фтором-18 в нативную позицию молекулы флюмазенила, путем замещения на [^{18}F]фторид нитрогруппы в молекуле нитромазенила (этил-5,6-дигидро-5-метил-8-нитро-6-оксо-4Н-имидазо[1,5а][1,4]бензодиазепин-3-карбоксилат) (1) в условиях межфазного катализа криптаном К 2.2.2 (4,7,13,16,21,24-гексаоксо-1,10-дизабицикло [8.8.8]гексакозан) [5].

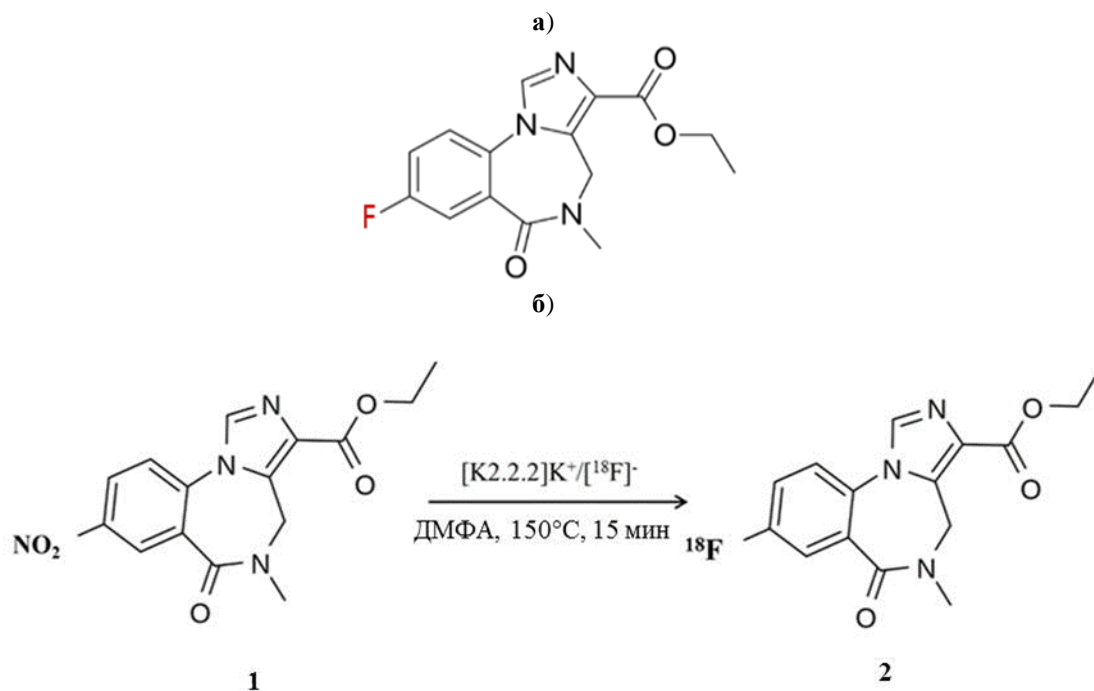


Рис. 1 – Получение [^{18}F]ФМЗ по методу [5]

Радионуклид фтор-18 получают в циклотроне по ядерной реакции $^{18}\text{O}(\text{p},\text{n})^{18}\text{F}$ при облучении протонами мишени, заполненной водой, обогащенной по изотопу кислород-18 ($^{18}\text{O}\text{H}_2\text{O}$). Полученный фтор-18 стабилизируется в химической форме ^{18}F -фторид-иона, который выделяют из мишенного материала сорбцией на анион-обменной смоле с последующим элюированием раствором, содержащим комплекс К 2.2.2 со щелочным металлом ($[\text{K} 2.2.2]\text{K}^+$), для перевода в апротонный растворитель ДМФА, где и происходит реакция нуклеофильного замещения.

По методу [5] [^{18}F]ФМЗ получают без добавления носителя, т.е. с очень высокой удельной активностью (> 37 ГБк/мкМоль), которая является одним из обязательных параметров радиолиганда для рецепторных исследований мозга. Поскольку при связывании с активными центрами рецептора носитель конкурирует с радиолигандом, это сказывается на качестве ПЭТ томограмм, а насыщение рецепторов может привести к нежелательным фармакологическим и даже нейротоксическим эффектам. Например, для полного насыщения цБЗР достаточно 15 мкг флюмазенила на 1 кг массы тела [6]. В случае «безносительного» [^{18}F]ФМЗ необходимо контролировать оставшееся количество нитромазенила (1), поскольку и радиолиганд и предшественник имеют близкие физико-химические свойства и родство к цБЗР.

До настоящего времени для выделения из реакционной смеси и последующей очистки [^{18}F]ФМЗ для клинических исследований использовали метод полупрепаративной радио-ВЭЖХ. Длительная (30–40 мин) и трудоемкая ВЭЖХ процедура сопряжена с большими потерями радиоактивного продукта, радиохимический выход (РХВ) [^{18}F]ФМЗ, выделенного из реакционной смеси с помощью ВЭЖХ, варьировал от 10 [7] до 0.4–1.1% [8] (с поправкой на распад). Столкнувшись с этой проблемой при разработке новой технологии получения [^{18}F]ФМЗ, мы предложили использовать для ее решения альтернативный метод твердофазной экстракции (ТФЭ). В основу нового подхода была положена сорбция [^{18}F]ФМЗ и 1 на микроколонке Oasis HLB 6cc («Waters»), заполненной сополимером N-винилпирролидона и дивинилбензола, с последующим разделением радиолиганда и более липофильного 1 путем фракционного элюирования водно-этанольными растворами возрастающей концентрации. Результаты показали, что неоптимизированный РХВ радиолиганда составил 8% (с поправкой на распад) при сокращении времени процедуры (по сравнению с ВЭЖХ) в 1.5 раза. [^{18}F]ФМЗ был получен с удельной активностью > 37 ГБк/мкмоль, радиохимической чистотой $> 97\%$ и содержанием 1 $\sim 1 \text{ мкг/мл}$ [9]. Эти исследования были выполнены на полуавтоматической экспериментальной системе синтеза (модуле), сконструированном в ИМЧ РАН, с начальной активностью [^{18}F]фторида < 3.7 ГБк (100 МКи), поэтому активности препарата было недостаточно даже для одного рецепторного исследования мозга (0.2 ГБк). Для того чтобы добиться воспроизводимого выхода продукта, стандартизировать все этапы синтеза и полностью автоматизировать всю процедуру, а также избежать облучения персонала при работе с высокими уровнями активности фтора-18, необходимо было выбранный метод интегрировать

в современные модули для получения РФП для ПЭТ. Одним из них является Tracerlab FX N Pro (GE Healthcare) – модуль для получения РФП путем нуклеофильного радиофторирования.

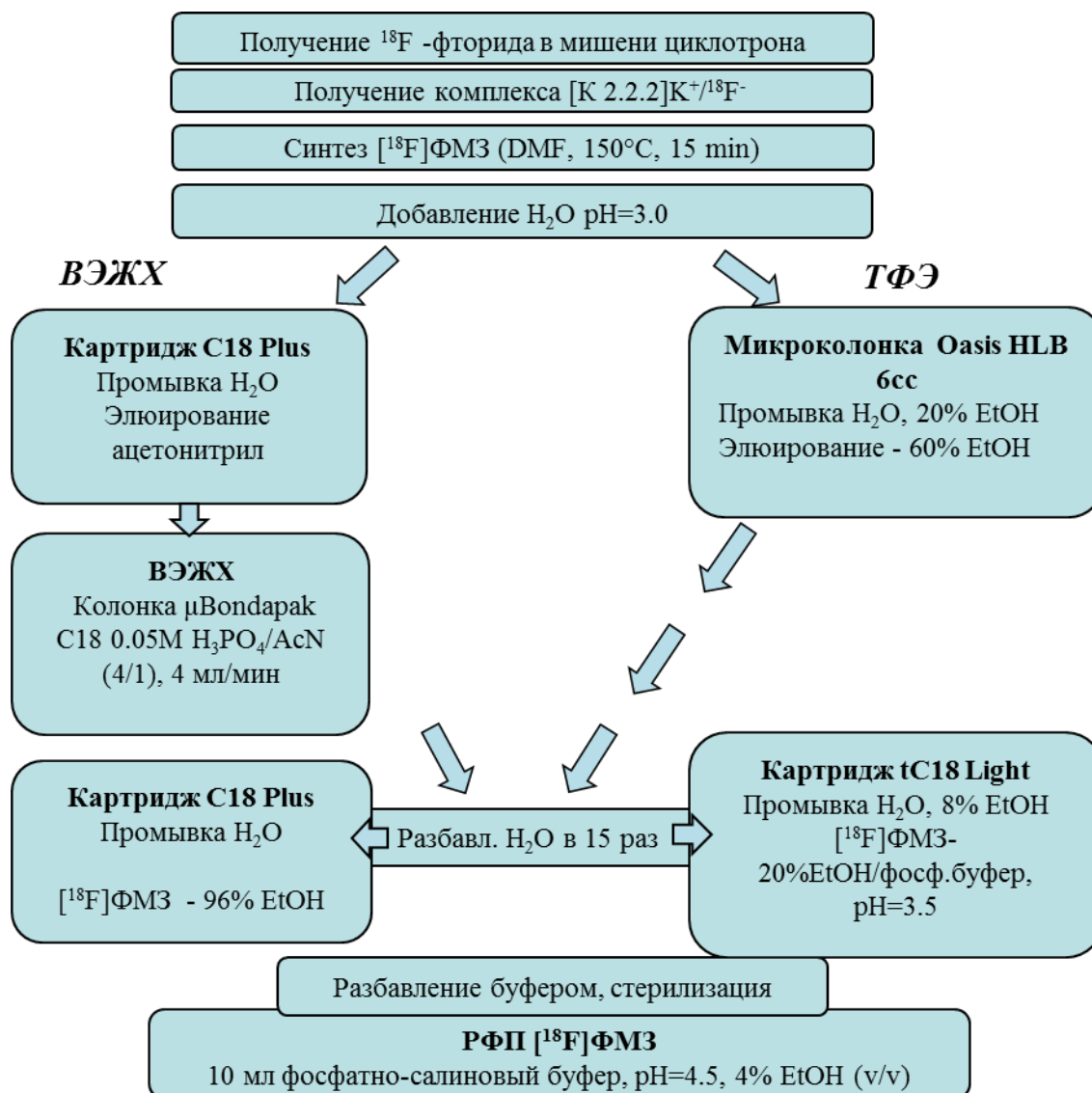
Для того, чтобы сравнить эффективность методов ВЭЖХ и ТФЭ в технологии получения $[^{18}\text{F}]\text{ФМЗ}$, мы проводили на Tracerlab FX N Pro синтезы препарата с двумя разными схемами очистки (схема 2), начиная при этом с одинаковой активности $[^{18}\text{F}]\text{фторида}$ (~ 30 ГБк). Значения параметров радиолиганда, полученного с использованием этих схем, представлены в таблице 1, значения, регламентированные Фармакопеей [10], приведены в скобках.

Таблица 1 – Сравнение методов выделения $[^{18}\text{F}]\text{ФМЗ}$

Параметры*	ТФЭ (n=7)	ВЭЖХ (n=3)
Радиохимический выход с поправкой на распад, %	8.6±1	3-3.3
Радиохимическая чистота (≥ 95), %	98.6±1.1	99.5±0.5
Общее время синтеза, мин	53	80
Удельная активность (≥ 30), ГБк/мкМ	185-555	370-740
Примесь нитромазенила, мкг/мл	3.1±0.9	≤ 0.5

Примечание: *- Контроль качества $[^{18}\text{F}]\text{ФМЗ}$ выполняли методом ВЭЖХ хроматографии: Dionex ВЭЖХ система с детекторами по радиоактивности (гамма-счетчик) и УФ ($\lambda=254$ nm), колонка ACE C-18 HL (250×4.6 мм) (Aberdeen). Элюент: 0.01 М $\text{H}_3\text{PO}_4/\text{MeCN}$ (v/v=3/1), скорость подачи: 1.5 мл/мин.

Как видно из схемы 2, перед введением реакционной смеси в петлю ВЭЖХ-колонки проводили предварительную очистку на картридже с кремнийорганическим сорбентом (C18) для удаления гидрофильных радиоактивных примесей. После ВЭЖХ процедуры для удаления органического растворителя (ацетонитрила) из фракции, содержащей продукт, использовали сорбцию $[^{18}\text{F}]\text{ФМЗ}$ на втором картридже C18 с

Рис. 2 – Технологическая схема получения $[^{18}\text{F}]\text{ФМЗ}$ с выделением и очисткой методами а) ВЭЖХ и б) ТФЭ

последующим элюированием этанолом. Видно, что метод ВЭЖХ является трехступенчатой длительной процедурой, с большими потерями активности на ВЭЖХ-колонке; РХВ [^{18}F]ФМЗ составил ~ 3% с поправкой на распад, общее время синтеза – 80 мин (таблица 1). Активность продукта была невысока – около 370 МБк, но вполне достаточна для одной клинической дозы (180 МБк). При этом продукт был получен с высокой удельной активностью, с радиохимической чистотой ~100% и с ничтожно малым содержанием **1**. В синтезах с ТФЭ методом выделения целевого продукта РХВ составил 8-10 % (с поправкой на распад), а активности радиолиганда (750-1100 МБк) хватило для получения 2-5 клинических доз. Значения параметров качества радиолиганда при этом отвечали фармакопейным требованиям.

Однако содержание **1** (2-4 мкг/мл) было в несколько раз больше, чем в опытах с использованием ВЭЖХ процедуры (<0.5 мкг/мл). Поскольку фармакопейных норм для остаточного количества **1** в препарате [^{18}F]ФМЗ нет, то для доказательства допустимой нормы нитромазенила ≤ 4 мкг/мл мы воспользовались результатами доклинических исследований на безопасность РФП [^{18}F]ФМЗ для ПЭТ, проведенными вместе с Научно-исследовательским Институтом гриппа МЗ РФ на группах аутбредных крыс (30 самок и 30 самцов). Исследования показали, что однократное введение [^{18}F]ФМЗ в дозе эквивалентной человеческой и в 30 раз её превышающей, не вызвало изменений в состоянии опытных животных в течение 14 дней. Структура поведенческого паттерна «открытое поле» у животных из всех экспериментальных групп соответствовала таковой у здоровых белых крыс. У всех опытных животных отмечалась положительная динамика массы тела, значения температуры тела не выходили за пределы физиологической нормы. Достоверные различия в величине внутренних органов и головного мозга опытных и контрольных животных не были выявлены. Гистологические исследования также не выявили признаков изменений во внутренних органах крыс самцов и самок, получавших как плацебо, так и препарат.

Метод твердофазной экстракции был положен в основу создания новой технологии получения флюмазенила, меченного ^{18}F , первого в России радиолиганда для рецепторных исследований мозга методом ПЭТ.

Список литературы / References

1. Ametamey S.M. Molecular imaging with PET/ S. M. Ametamey, M. Honer, P.A. Schubiger // Chem.Rev. – 2008. – V. 108. – P.1501–1516.
2. Sigel E. Structure, function and modulation of GABA_A receptors / E. Sigel, M.E. Steinmann // J. Biol. Chem. - 2012. – V. 287. – P. 40224-40231.
3. Chakravarty R. Positron emission tomography image-guided drug delivery: current status and future perspectives / R. Chakravarty, H. Hong, W. Cai // Mol. Pharmaceutics. – 2014. – V. 11. – P. 3777–3797.
4. Andersson J.D. PET radioligands targeting the brain GABA_A / benzodiazepine receptor complex / J. D. Andersson, C. Halldin // J. Label Compd. Radiopharm. – 2013. – V. 56 – P.196–206.
5. Ryzhikov N. Preparation of high specific radioactivity [^{18}F]flumazenil and its evaluation in cynomolgus monkey by positron emission tomography / N.N. Ryzhikov, N. Seneca, R.N. Krasikova [et al.] // Nucl. Med. Biol. – 2005. – V. 32. – P. 109-116.
6. Delforge J. Quantitation of Benzodiazepine Receptors in Human Brain Using the Partial Saturation Method / J. Delforge, L. Spelle, B. Bendriem [et al.] // J. Nucl. Med. – 1996. – V. 37. – P. 5-11.
7. Odano I. [^{18}F]Flumazenil binding to central benzodiazepine receptor studies by PET - Quantitative analysis and comparisons with [^{11}C]flumazenil / I. Odano, C. Halldin, P. Karlsson [et al.] // Neuroimage. – 2009. – V. 45. – P. 891-902.
8. Moon B. S. Facile aromatic radiofluorination of [^{18}F]flumazenil from diaryliodonium salts with evaluation of their stability and selectivity / B. S. Moon, H. S. Kil, J. H. Park [et al.] // Org. Biomol. Chem. – 2011. – V. 9. – P. 8346-8355.
9. Nasirzadeh M. A novel approach to the synthesis of [^{18}F]flumazenil, a radioligand for PET imaging of central benzodiazepine receptors / M. Nasirzadeh, D. D. Vaulina, O. F. Kuznetsova, N. A. Gomzina // Russ. Chem. Bull. Int. Ed. - 2016 – V. 65. – P. 794-800.
10. Radiopharmaceutical preparation, in: European Pharmacopoeia. 8.0, European Directorate for the Quality of the Medicines; Strasbourg, 2014. – P. 759-763.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.002>Троценко А.А.¹, Коновалова И.И.²¹Кандидат биологических наук, Мурманский филиал Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы Министерства по чрезвычайным ситуациям,²Исследователь, Петрозаводский Государственный Университет, Медицинский институт. Кафедра Лучевой Диагностики и Лучевой Терапии с курсом Критической и Респираторной медицины**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОГНЕПРЕГРАДИТЕЛЕЙ****Аннотация**

В статье рассмотрены основные физико-химические принципы выбора огнепреградителей. На основе теории гашения пламени предложены некоторые расчётные теоретические решения повышения эффективности огнепреградителей. Описано значение химического состава горючей смеси для определения технических характеристик огнепреградителей. Показано значение расчёта избыточного давления взрыва и максимальной нормальной скорости распространения пламени горючей смеси для определения устойчивости огнепреградителей.

Ключевые слова: огнепреградители, теория гашения пламени.

Trotsenko A.A.¹, Konovalova I.I.²¹PhD in Biology, Murmansk Branch of Saint-Petersburg University of State Fire Service of The Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters,²Researcher, Petrozavodsk State University, Institute of medicine. Department of Radiology and Radiation Therapy which the course of Critical Care and Respiratory Medicine**PHYSICAL AND CHEMICAL JUSTIFICATION FOR FLAME ARRESTERS SELECTION****Abstract**

The article considers the basic physical and chemical principles of flame arresters selection; based on the flame chilling theory, it provides some calculations and guidelines on flame arresters efficiency improvement. The article also describes the parameters of chemical formulation of fuel combination for determination of flame arresters technical data. The article shows the importance of blast overpressure calculations and a maximum normal flame speed of combustible mixtures for the determination of flame arresters reliability.

Keywords: flame arresters, flame chilling theory.

На всех взрывоопасных производствах, в газопроводах, в коммуникациях по добыче природного газа и нефти устанавливают огнепреградители, препятствующие развитию процесса горения. Существует несколько способов ингибирования горючей смеси, например, введение флегматизаторов, а действие различного рода огнепреградителей в узких каналах основано не на химическом, а на физическом препятствовании распространения пламени и прекращении несанкционированного горения. Согласно теории пределов распространения пламени, ликвидация пламенного горения именно в узких каналах обусловлено тепловыми потерями из зоны химической окислительно-восстановительной реакции к стенкам самого канала. Однако при уменьшении диаметра канала возрастают потери тепла из области химической системы на единицу массы смеси. Когда эти потери достигают некоторой критической величины, скорость распространения пламени настолько снижается, что дальнейшее распространение пламенного горения прекращается. Иными словами, гашение пламени в канале, заполненном горючей смесью, происходит лишь при некоторой минимальной величине диаметра канала, определяемой химическим составом и давлением горючей смеси на стенки канала [2, С. 286]. Подобными огнепреградителями чаще всего защищают такие каналы, в которых по условиям технологии или при нарушении нормального режима работы (при внештатных ситуациях) могут образоваться дополнительные горючие компоненты или конденсат из горючих веществ.

В учебных пособиях расчёт потенциальной прочности огнепреградителей осуществляется с учётом недостижимого максимального давления взрыва газозвдушной смеси. В настоящей статье предлагается учитывать не максимальное, а избыточное давление взрыва и давление детонации для расчёта запаса надёжности огнепреградителей, что устанавливается по предельному рабочему (реальному) давлению. Для достижения приближенных к реальности математических моделей следует различать результаты расчётов по определению избыточного давления взрыва и результаты по давлению детонации исследуемой газозвдушной смеси.

Для начала необходимо произвести теоретические расчёты, приближенные к реальности, по выбору оптимального материала для их изготовления.

Таблица 1 – Характеристика металлов, наиболее подходящих для создания огнепреградителей

Химическое вещество	М, (г/моль)	t _{плавления} , К	t _{кипения} , К	Электроотрицательность по Полингу / ПСЭ
Re	186,207	3459	5869	1,9
Zr	91,22	2125	4650	1,33
Nb	92,9	2741	5015	1,6
W	183,85	3695	5828	2,36
Fe	55,849	1812	3134	1,83
Al	26,98	933,5	2792	1,61

На первый взгляд более подходящим веществом для изготовления огнепреградителей является вольфрам, т.к. у него наиболее высокая температура плавления, также самая высокая электроотрицательность (табл. 1). Но с экономической стороны чистый вольфрам не выгоден, поэтому при изготовлении деталей огнепреградителей его используют как компонент легированной стали, обладающей высокой конструктивной прочностью. Легирование также позволяет повысить уровень механической устойчивости и глубину прокаливаемости и, как следствие, - повысить огнестойкость материала.

Скорость перемещения паровоздушной смеси в газопроводе имеет решающее значение для определения важного критерия эффективности - гидравлического сопротивления огнепреградителя:

$$\Delta p = 2\lambda \frac{h}{d_3} \rho v^2, \quad (1)$$

где λ — коэффициент гидравлического сопротивления слоя насадки; h — высота слоя насадки; ρ — плотность паровоздушной смеси; v — скорость перемещения горючей смеси в поперечном сечении насадки огнепреградителя; d_3 — эквивалентный диаметр огнегасящих каналов (просветы огнепреградителя).

Эффективная насадка огнепреградителя оказывает незначительное гидравлическое сопротивление (давление) движению потока горючей смеси, это достигается оптимальной толщиной слоя самой насадки (чаще λ = от 101 до 310 Па). Высокое сопротивление имеют зернистые насадки огнепреградителей, низкое - кассетные и сетчатые насадки. Коэффициент гидравлического сопротивления (λ) зависит от важного показателя - числа Рейнольдса:

для насадки из колец и зернистой насадки (эффективно если $Re > 60$)

$$\lambda = \frac{3,8}{Re^{0,2}} \quad (2)$$

для насадки из стеклянных и металлических шариков (эффективно если $Re > 60$)

$$\lambda = \frac{36,3}{Re} + 0,4 \quad (3)$$

для металлокерамической насадки (эффективно если $Re > 10$ и $Re < 250$):

$$\lambda = \frac{29}{Re} + \frac{1,25}{Re^{0,15}} \quad (4)$$

Число Рейнольдса указывает на соотношение ламинарного и турбулентного режима горения паровоздушной смеси, т.е. на возможность перехода от ламинарного горения к турбулентному за счёт установленного огнепреградителя, и определяется по изменению (по степени снижения) объёмной нормальной скорости распространения пламени газового потока в свободном поперечном сечении насадки огнепреградителя. И в этом случае для повышения эффективности защитной конструкции предлагается принимать во внимание максимальную нормальную скорость горения.

Другой критерием эффективности огнепреградителя - величина его критического диаметра. По тепловой теории гашения пламени в каналах именно небольшого диаметра возможно сохранение постоянства числа Пекле (Pe), т.е. фиксированного безразмерного значения, равного 65, указывающего на снижение теплопроводности материала и повышение теплоотведения (конвективного переноса теплоты) [1, С. 6]:

$$Pe_k = \frac{u_n d_k}{a}, \quad (5)$$

где Pe_k — критическое значение числа Пекле; a — коэффициент теплопроводности; u_n — нормальная скорость распространения пламени.

$$a = \frac{\lambda}{c_p \rho}, \quad (6)$$

где λ — коэффициент теплопроводности конкретной горючей смеси (табличные данные); c_p — теплоемкость горючей смеси; ρ — плотность горючей смеси.

Подставляя (6) в (5) и решая уравнение относительно критического диаметра канала, получим:

$$d_k = \frac{Pe_k \lambda}{u_n c_p \rho} \quad (7)$$

Если производить теоретические расчёты с обязательным соблюдением постоянства числа Пекле, то действительный диаметр канала огнегасящей насадки огнепреградителя необходимо будет взять с учетом коэффициента запаса надежности, заведомо уменьшающего вдвое критический диаметр до оптимального (действительного):

$$d_{\text{действ}} = 0,5 d_{\text{критич}} \quad (8)$$

Математическая модель действия огнепреградителей с критическим диаметром канала огнегасящей насадки без учёта коэффициента запаса надёжности указывает на снижение эффективности гашения пламени на 6% за счёт повышения теплопроводности конструкции и понижения конвективного переноса теплоты.

В формуле (5) и (7) указана u_n — нормальная скорость распространения пламени. Важной особенностью параметра является то, что учитывается именно объёмная скорость перемещения фронта пламени горючего вещества относительно условной плоскости несгоревшего газа в направлении, перпендикулярном к её поверхности [3, С. 206]. Данная физико-химическая величина применяется при исследовании материального и теплового баланса любого вида горения.

Однако для пожарно-технических расчетов эффективности огнепреградителей целесообразнее использовать максимальную нормальную скорость горения в газовых смесях, в которой учитываются не только усреднённые данные нормальной скорости горения определённого класса органических веществ, но и коэффициенты, зависящие от химического состава и особенности строения горючих компонентов смеси (табл. 2):

$$Su = Su_0 + \sum \frac{m_i}{n_i} \frac{h_i}{n_c^2}, \quad (9)$$

где h_i – коэффициент, соответствующий i -й структурной группе (табл. 2); n_c – число атомов углерода в молекуле конкретного горючего компонента; Su_0 – значение средней нормальной скорости горения класса органических веществ.

Таблица 2 – Таблица функциональных групп, структурных элементов молекул и соответствующих коэффициентов [3, С. 210]

Структурная группа	h_i , м /с	Структурная группа	h_i , м /с
-C=C-	1,14	-COO-	-0,64
-C≡C-	3,34	-O-	0,45
-O-H	0,15		-0,84
-NH ₂ , NH-, -N	-0,5	-CHO	0,75
-Cl	-1,21	-CO-	0,42
		Неароматический цикл	0,45

Выводы:

1. Огнепреградители необходимо делать из металлов с наиболее высокой температурой плавления и кипения, также самой высокой электроотрицательностью;
2. Предварительные теоретические расчёты прочности огнепреградителей необходимо производить, исходя из устойчивости к избыточному давлению взрыва горючей смеси;
3. Расчёт коэффициента гидравлического сопротивления насадки огнепреградителя необходимо производить, исходя из максимальной нормальной скорости распространения пламени конкретного горючего вещества во взрывоопасной смеси;
4. Для определения действительного диаметра огнегасящей насадки необходимо уменьшать в два раза результат теоретических расчётов.

Список литературы / References

1. ГОСТ Р 53323-2009 «Огнепреградители и искрогасители. Общие технические требования. Методы испытаний» - Москва: Стандартинформ, 2009.
2. Троценко А. А. Некоторые аспекты химизма самовосгорания и самовоспламенения / Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: в 2-х ч. Ч. 1 / ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России. – Воронеж, 2016. – 523 с. (С. 284-288).
3. Андреев С. Г. Экспериментальные методы физики взрыва и удара / Андреев С. Г., Бойко М. М., Селиванов В. В. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. — 752 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. GOST R 53323-2009 «Ognepregraditeli i iskrogasiteli. Obshhie tehicheskie trebovanija. Metody ispytaniy» [«Flame-arrester and spark arrestors. General technical requirements. Test methods - Moskva: Standartinform»], 2009. [in Russian]
2. Trocenko A. A. Nekotorye aspekty himizma samovosgoranija i samovosplamenenija [Some aspects of the chemistry of fire and ignition] / Sovremennye tehnologii obespechenija grazhdanskoj oborony i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij [Modern technologies ensure civil defence and elimination of consequences of emergency situations]: v 2-h ch. Ch. 1 / FGBOU VO Voronezhskij institut GPS MChS Rossii. – Voronezh, 2016. – 523 s. (S. 284-288). [in Russian]
3. Andreev S. G. Jeksperimental'nye metody fiziki vzryva i udara [Experimental methods of physics of explosion and shock] / Andreev S.G., Bojko M.M., Selivanov V.V. — M.: FIZMATLIT, 2013.— 752 c. [In Russian]

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCESDOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.165>**Калоев Б.С.¹, Ибрагимов М.О.²**¹ORCID: 0000-0001-6155-2448, Доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

Горский государственный аграрный университет,

²Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,

Чеченский государственный университет

ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА КАЧЕСТВО МЯСА БРОЙЛЕРОВ**Аннотация**

Приведены результаты, полученные при изучении влияния ферментных препаратов Санзайм и Санфайз 5000 на качественные показатели цыплят-бройлеров. Проведен анализ химического состава грудных и ножных мышц подопытных бройлеров. Подтверждено, что в результате использования ферментных препаратов достоверно увеличивается содержание сухого вещества и протеина в мясе бройлеров 1 и 3 опытных групп. Установлено улучшение биологической полноценности грудных мышц бройлеров опытных групп. Проведенная дегустация показала положительное влияние ферментных препаратов Санзайм и Санфайз 5000 на вкусовые качества мяса и бульона птицы опытных групп.

Ключевые слова: ферменты, цыплята-бройлеры, химический состав, мышцы, качество мяса, дегустация.

Kaloev B.S.¹, Ibragimov M.O.²¹ORCID: 0000-0001-6155-2448,

PhD in Agricultural Sciences, Professor,

Gorky State Agrarian University,

²PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor,

Chechen State University, Grozny

INFLUENCE OF ENZYME PREPARATIONS ON THE QUALITY OF BROILER MEAT**Abstract**

The paper presents the results obtained in the study of the effect of enzyme preparations Sanzheim and Sunfise 5000 on the qualitative parameters of broiler chickens. The analysis of the chemical composition of the pectoral and leg muscles of experimental broilers was carried out. It was confirmed that as a result of the use of enzyme preparations, the content of dry matter and protein in meat of broilers of the 1st and 3rd test groups significantly increased. The improvement of the biological fullness of the broilers' pectoral muscles of experimental groups was found. The tasting showed the positive effect of enzymatic preparations Sanzheim and Sunfise 5000 on the taste of meat and broth of poultry of experimental groups.

Keywords: enzymes, chicken-broilers, chemical composition, muscles, meat quality, tasting.

Отечественные ученые отмечают положительное влияние ферментных препаратов на продуктивные показатели цыплят-бройлеров [1, С. 168-172], [2, С. 88-93], [3, С. 288-296], [4, С. 28-29], [5, С. 102-106]. Однако нужно иметь в виду, что изменение режима кормления, в частности, использование новых биологически активных веществ может, оказать не только положительное влияние, но и негативно отразится на здоровье подопытной птицы и на качестве получаемой от них продукции.

В этой связи, после установления положительного влияния ферментных препаратов Санзайм и Санфайз 5000 на приросты живой массы, убойные и мясные качества цыплят-бройлеров, нами были изучены и некоторые качественные показатели полученного мяса: химический состав грудных и ножных мышц, биологическая полноценность грудных мышц, дегустационная оценка вареного мяса и бульона.

Научно-хозяйственный опыт, в рамках которого были изучены качественные характеристики мяса бройлеров был проведен на базе ГУП племпредупродуктор «Ачхой –Мартановский», Чеченской республики. Четыре сформированные по принципу групп-аналогов группы суточных цыплят-бройлеров содержались в одинаковых условиях кормления и содержания. Разница состояла лишь в том, что на фоне полнорационного комбикорма, который скормливался бройлерам контрольной группы, птице опытных групп сверх этого комбикорма, который скормливался ферментные препараты: в 1 опытной группе – Санзайм (комплексный препарат), во 2 опытной группе - Санфайз 5000 (препарат на основе фитазы), в 3 опытной группе – совместно оба препарата в количестве 100 г/т.

Для характеристики убойных и мясных качеств подопытного поголовья, качественных показателей мяса, был проведен контрольный убой цыплят-бройлеров.

Анатомическая разделка тушек показала, что в результате применения ферментных препаратов Санзайм и Санфайз 5000 в кормлении цыплят-бройлеров удалось повысить выход съедобных частей в тушке и их соотношение к несъедобным частям. В основном это произошло за счет увеличения содержания мышечной ткани в тушках бройлеров опытных групп. Однако нужно иметь в виду, что качество мяса бройлеров определяется не только морфологическим составом тушек, но и химическим составом. Для оценки качества мяса бройлеров, был проведен химический анализ грудных и ножных мышц (табл. 1).

Таблица 1 – Химический состав мяса бройлеров, г

Группа	Показатель			
	Сухое вещество	Протеин	Жир	Зола
Грудные мышцы				
контрольная	24,93±0,20	21,69±0,13	2,03±0,03	1,21±0,05
1 опытная	26,08±0,20**	22,64±0,10***	2,17±0,05	1,27±0,06
2 опытная	25,45±0,27	22,13±0,19	2,12±0,05	1,20±0,03
3 опытная	26,39±0,14***	22,98±0,07***	2,08±0,05	1,33±0,05
Ножные мышцы				
контрольная	23,79±0,29	19,12±0,16	3,52±0,08	1,15±0,05
1 опытная	25,19±0,37*	20,30±0,20**	3,62±0,11	1,27±0,06
2 опытная	24,70±0,35	19,67±0,18	3,84±0,12	1,19±0,05
3 опытная	25,38±0,39*	20,35±0,19**	3,77±0,15	1,26±0,06

Примечание: *- $p \geq 0,95$, **- $p \geq 0,99$, ***- $p \geq 0,999$.

При анализе данных, приведенных в таблице 1, первое, что обращает на себя внимание – это превосходство опытных групп по содержанию в мясе сухого вещества. Правда, не по всем группам это превосходство было статистически достоверным. В основном, данное утверждение касается 2 опытной группы, где цыплята-бройлеры получали с рационом ферментный препарат Санфайз 5000. Снижение содержания воды в мясе хотя и произошло, но незначительно. Большее влияние совместное использование ферментных препаратов оказало на показатели грудных мышц. Так, превосходство над показателем контрольной группы составило 1,46%, с высокой степенью достоверности ($p \geq 0,999$).

Содержание протеина – это наиболее значимый показатель химического состава мышечной ткани, поскольку белок является наиболее ценной составной частью мышц. Поэтому второе, что обращает на себя внимание – это достоверное ($-p \geq 0,99$, $-p \geq 0,999$) увеличение содержания протеина в мясе цыплят-бройлеров 1 и 3 опытных групп, по сравнению с контролем. В первом случае увеличение составило: 0,95% - в грудных и 1,18% - в ножных мышцах; а во втором – 1,29% в грудных и 1,23% в ножных мышцах.

И третье, на что следует обратить внимание, это то, что изучаемые ферментные препараты не оказали существенного влияния на содержание жира и минеральных элементов в мышцах цыплят-бройлеров. Небольшое превосходство по этим показателям хоть и наблюдалось, но было статистически недостоверным.

Другим важным показателем качества мясной продукции является биологическая полноценность грудных мышц, которая определяется разными методами. По нашему мнению, достаточно объективным показателем биологической полноценности мяса бройлеров, является широко используемый в зоотехнии - белково-качественный показатель, который определяется по соотношению триптофана и оксипролина.

Таблица 2 – Биологическая полноценность грудных мышц цыплят-бройлеров

Группа	Триптофан, мг/%	Оксипролин, мг/%	Отношение Триптофан:оксипролин
Контрольная	360,27±2,08	45,30±0,09	7,95
1 опытная	368,56±2,17 *	43,88±0,11***	8,40
2 опытная	364,03±1,77	44,45±0,10***	8,19
3 опытная	369,20±1,45 **	43,95±0,10***	8,40

Примечание: *- $p \geq 0,95$, **- $p \geq 0,99$, ***- $p \geq 0,999$.

Данный показатель является одним из наиболее объективных потому, что аминокислота триптофан – относится к незаменимым (критическим) и встречается только в полноценных белках. Оксипролин же относится к заменимым, малоценным аминокислотам, основное место содержания которого – белки соединительной ткани. Логично предположить, что чем больше в мясе птицы триптофана и чем меньше оксипролина, тем выше белково-качественный показатель и соответственно, его биологическая полноценность.

В наших исследованиях было установлено, что содержание триптофана в грудных мышцах цыплят-бройлеров контрольной группы составило 360,27±2,08 мг/%, оксипролина - 45,30±0,09 мг/%, а их соотношение 7,95.

В грудных мышцах всех опытных групп было обнаружено больше триптофана (по 1 и 3 опытным группам разница достоверна: $p \geq 0,95$, $p \geq 0,99$) и достоверно ($-p \geq 0,999$) меньше оксипролина. В первом случае превосходство

опытных групп над контрольной, составило 8,29, 3,76 и 8,93 мг/%, а во втором снижении соответственно составило 1,42, 0,85 и 1,35 мг/%.

Благодаря этому, соотношение триптофана и оксипролина повысилось до 8,19 – 8,40.

Анализ данных, приведенных в таблице 2, позволяет констатировать положительное влияние изучаемых ферментных препаратов на биологическую полноценность грудных мышц цыплят-бройлеров, что является свидетельством лучших мясных качеств.

В завершении изучения влияния ферментных препаратов Санзайм и Санфайз 5000 на качество мяса цыплят-бройлеров специальной комиссией была проведена дегустационная оценка.

Оценки, выставленные членами дегустационной комиссии образцам мяса, показывают, что по всем изучаемым показателям: внешний вид, цвет на разрезе, аромат, вкус, консистенция, сочность опытные группы превосходили контрольную.

И хотя в среднем разница между группами по отдельным показателям была не очень большой, общая оценка выставленная образцам мяса в опытных группах бала в среднем на 0,6 -1,0 балл выше, чем в контрольной группе. Наибольшее влияние отмечено по таким показателям как аромат и вкус, по которым опытные группы превосходили контрольную на 0,4 – 0,8 и 0,6 – 1,2 баллов, соответственно.

В дополнение к качественным показателям мяса была проведена дегустационная оценка и полученного в результате варки мяса бульона.

Членами дегустационной комиссии было установлено, что определенные качественные характеристики бульона в опытных группах были на уровне, либо лучше, чем в контрольной группе. Наибольшая разница между контрольной и опытными группами наблюдалась по аромату и вкусу бульона, которые в 3 опытной группе были оценены на 0,6 балла выше, чем в контрольной группе.

Приведенные показатели подтверждают, что исследуемые ферментные препараты Санзайм и Санфайз 5000, в количестве 100 г/т комбикорма не только не оказывают какого либо отрицательного влияния на качественные характеристики мяса и бульона, но и способствуют определенному улучшению их вкусовых качеств.

Список литературы / References

1. Калоев Б.С. Комплексные ферментные препараты в кормлении цыплят-бройлеров / Б.С.Калоев, М.О. Ибрагимов, И.И.Назирова // Сборник научных статей по материалам 9 международной научно-практической конференции «Инновации и современные технологии в производстве и переработке с-х продукции» Изд-во «АГРУС», г. Ставрополь, 2014. – С. 168-172.
2. Калоев Б.С. Приросты живой массы цыплят-бройлеров от использования ферментных препаратов // Б.С. Калоев, М.О. Ибрагимов // Известия ФГБОУ ВО «ГГАУ». – Том 53. – Ч. 2. – 2016. – С. 88-93.
3. Мальцева Н.А. Использование ферментного препарата Санзайм в кормлении мясных цыплят /Н.А. Мальцева, Е.И.Амиранашвили // Птахівництво. – Харків. –2012. – Вып. 68. – С. 288-296.
4. Нуфер А. Санзайм и Санфайз – усилители питательной ценности кормов / А.Нуфер // Птицеводство. – № 12. – 2011. – С. 28–29.
5. Тменов И.Д. Влияние ферментного препарата фитаза на убойные показатели цыплят-бройлеров / И.Д.Тменов, Б.С. Калоев, В.В. Ногаева // Известия ФГБОУ ВПО «ГГАУ». Том 51. – Ч. 3. – 2014. – С. 102–106.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kaloev B.S. Kompleksnye fermentnye preparaty v kormlenii cypljat-brojlerov [The complex enzyme preparations in feeding of broiler chickens] / B.S. Kaloev, M.O. Ibragimov, I.I.Nazirov // Sbornik nauchnyh statej po materialam 9 mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Innovacii i sovremennye tehnologii v proizvodstve i pererabotke s-h produkci» Izd-vo «AGRUS» [Miscellany of scientific articles on materials of the Ninth International Scientific Conference “Innovations and modern technologies in production and processing of the agricultural products” Publisher AGRUS] g.Stavropol', 2014. – P. 168-172. [in Russian]
2. Kaloev B.S. Prirosty zhivoj massy cypljat-brojlerov ot ispol'zovanija fermentnyh preparatov [Live weight gains of broiler chickens from the use of the enzyme preparations] / B.S. Kaloev, M.O.Ibragimov // Izvestija FGBOU VO «GGAU». - Tom 53, ch. 2 [Proceedings FSBEI HI, Volume53 part 2]. - 2016. –P. 88-93. [in Russian]
3. Mal'ceva N.A. Ispol'zovanie fermentnogo preparata Sanzajm v kormlenii mjasnyh cypljat [The use of enzyme preparation Sanzajm in feeding of meat chickens] / N.A. Mal'ceva, E.I.Amiranashvili // Ptahivnictvo [Poultry farming]. – Harkiv. – 2012. –V. 68. – P. 288-296. [in Russian]
4. Nufer A. Sanzajm i Sanfajz – usiliteli pitatel'noj cennosti kormov [Sazajm and Sanfajz are nutritional value of the feed] / A.Nufer // Pticevodstvo [Poultry farming]. – № 12. – 2011. –P. 28-29. [in Russian]
5. Tmenov I.D. Vlijanie fermentnogo preparata fitaza na ubojnye pokazateli cypljat-brojlerov [The influence of the enzyme phytase preparation on slaughter indicators of broiler chickens] / I.D.Tmenov, B.S. Kaloev, V.V. Nogaeva // Izvestija FGBOU VPO «GGAU». – V. 51, p. 3. [Proceedings FSBEI HI, Volume51 part 3]. – 2014. –P. 102–106. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.089>Котляров Д.В.¹, Котляров В.В.², Федулов Ю.П.³¹ORCID: 0000-0003-3482-3593, Кандидат биологических наук,²доктор сельскохозяйственных наук, ³доктор биологических наук,

Кубанский государственный аграрный университет, КубГАУ

**ВЛИЯНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ АМИНОКИСЛОТ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ И ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ
ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ КУЛЬТУР****Аннотация**

В статье представлены результаты исследований влияния экзогенных аминокислот на основе пролина на морозостойкость растений озимого ячменя (в условиях контролируемого климата). Результаты экспериментов показали, что аминокислота пролин в чистом виде, хотя и оказывает положительное воздействие на устойчивость растений к низким температурам, остается малоэффективной от 0 до 40% в зависимости от варианта обработки. В то же время, используя эту аминокислоту в комплексе с другими аминокислотами, играющими роль в процессах формирования зимостойкости, эффективность обработки растений достигала 60% и более. Было так же выявлено, что генетически обусловленная зимостойкость сортов влияет на эффективность применения экзогенных аминокислот для защиты растений от повреждения низкими температурами, а это предположительно обусловлено отсутствием в слабозимостойких сортах физиолого-биохимических процессов направленных на снижение повреждений тканей растений от воздействия отрицательных температур. Выявлено так же, что эффективность применения испытываемого комплекса аминокислот несколько снижалась при критически низких отрицательных температурах (от 76 % до 43 %), но, в то же время, оставалась достаточно высокой.

Ключевые слова: аминокислоты, пролин, озимый ячмень, яровая пшеница, морозоустойчивость, засухоустойчивость.

Kotlyarov D.V.¹, Kotlyarov V.V.², Fedulov Y.P.³¹ORCID: 0000-0003-3482-3593, PhD in Biological Sciences,²PhD in Agricultural Sciences, ³PhD in Biological Sciences,

Kuban State Agrarian University, KubGAU

**INFLUENCE OF EXOGENOUS AMINO ACIDS ON FROST-RESISTANCE AND DROUGHT
SUSTAINABILITY OF SPIKED CEREALS****Abstract**

The article presents the results of studies of the effect of exogenous amino acids based on proline on frost-resistance of winter barley plants (under controlled climate conditions). The results of the experiments showed that proline amino acid in its pure form has a positive effect on the resistance of plants to low temperatures, but remains ineffective from 0 to 40%, depending on the treatment option. At the same time, the usage of this amino acid in combination with other amino acids that are important in the formation of winter hardiness, the efficiency of processing plants reached 60% or more. It was also found out that genetically determined winter hardiness of cultivars affects the efficiency of using exogenous amino acids to protect plants from damage by low temperatures, and this is presumably due to the absence of physiological and biochemical processes in low-resistant cultivars aimed at reducing damage to plant tissues from negative temperatures. It was identified that the effectiveness of the application of amino acids test complex decreased a little at critically low negative temperatures (from 76% to 43%), but, at the same time, it remained rather high.

Keywords: amino acids, proline, winter barley, spring wheat, frost-resistance, drought resistance.

Отечественное сельскохозяйственное производство из-за расположения большей его части в зоне рискованного земледелия нуждается в придании растениеводству широких адаптивных возможностей. Одним из путей решения этой задачи является выведение сортов сельскохозяйственных культур устойчивых к экстремальным климатическим факторам, и прежде всего, к засухам и неблагоприятным условиям перезимовки. [6, С. 147-156].

С другой стороны, на сегодняшний день далеко не полностью исчерпаны возможности повышения адаптивного потенциала агроценозов за счёт совершенствования технологий возделывания сельскохозяйственных культур. В настоящее время неотъемлемой частью современных технологий растениеводства стало использование регуляторов роста растений [3, С. 81-87], [7]. Учитывая высокую технологичность применения таких препаратов и значительный экономический эффект от их использования, во всём мире идёт интенсивный поиск новых рострегуляторов. Скрининг этих веществ направлен в первую очередь на выявление их способности повышать продуктивность растений. При этом число исследований, направленных на поиск препаратов, усиливающих адаптационные возможности растений к неблагоприятным факторам среды, весьма ограничено, хотя неблагоприятные погодные факторы, особенно в период перезимовки озимых культур, приводят к значительным потерям урожая.

Принимая во внимание длительность и сложность повышения устойчивости сельскохозяйственных культур к неблагоприятным факторам среды селекционным путем поиск биологически активных соединений, способных повысить устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды представляется весьма перспективным направлением в системе мер как повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, так и расширения ареала их возделывания.

К числу веществ, оказывающих влияние на морфофизиологические параметры растений, относятся и аминокислоты (АК). Этот класс веществ с точки зрения их регуляторной и сигнальной функции начал исследоваться только в последние десятилетия и главным образом на животных организмах. Для растительных организмов приводятся в основном данные о влиянии АК на морфологические признаки. Так, показано, что экзогенный метионин способствует формированию более крупных проростков, ослабляет токсическое действие гербицида 2,4-Д на пшенице [5], что позволяет повысить продуктивность фитоценоза и получать более качественную продукцию.

Достаточно хорошо известно участие пролина в реакциях, обеспечивающих устойчивость растений к различным формам стресса [14].

Описано, что акклиматизация к низким температурам растений сопровождается накоплением ряда аминокислот, в частности пролина, глутамина и глутаминовой кислоты [13]. Однако прямой связи между степенью накопления какой-либо из этих АК и устойчивостью растений к низким температурам выявлено не было.

Значительное количество исследований посвящено роли пролина в реакции растений на стрессовые факторы. Полагается, что эта АК в процессе адаптации к стрессам участвует в регуляции осмотических процессов в растениях [10].

Несмотря на то, что в настоящее время нет чёткого понимания того, что увеличение содержания пролина в растениях, как при отрицательных температурах, так и при дефиците влаги, является результатом воздействия низких температур или это связано с низкой активностью водного обмена в растительных клетках в этих условиях.

Для отдельных культур существуют методики селекции, основанные на использовании показателя содержания пролина в листьях. В частности выявлена положительная корреляция устойчивости картофеля к заморозкам с высоким содержанием пролина в тканях его растений, что позволило предложить этот показатель для отбора устойчивых к заморозкам линий картофеля [8].

Изменения содержания АК в процессе закалики может быть обусловлено изменением активности ряда ферментов.

Так, выявлено, что в растениях люцерны в процессе перезимовки увеличивается активность фосфатаз и пероксидаз [12, С. 375–393], а у ряда других растений было обнаружено повышение активности оксидоредуктаз в процессе закалики [9].

Таким образом, процесс акклиматизации растений к неблагоприятным факторам сопровождается существенными изменениями в АК обмене растений. В связи с этим нами было исследовано влияние экзогенных АК на акклиматизацию озимых культур к таким важнейшим повреждающим факторам как низкие отрицательные температуры и засуха.

Методика исследования.

Опыты по оценке влияния АК морозоустойчивость проводили на двух сортах озимого ячменя селекции Кубанского ГАУ, различающихся по морозоустойчивости. Сорт Кубагро-1 характеризуется высокой морозоустойчивостью [1, С. 1245-1252], а сорт Агродеум имел существенно более низкий уровень морозоустойчивости [4, С. 177-184].

Опыты проводили трёхкратной повторности.

Для каждого варианта опыта (промораживание до -13°C и до -11°C) в контейнерах высевали 7 рядов по 15 семян каждого из сортов и ставили на выращивание на вегетационную площадку в естественные климатические условия. В фазе 5-го листа, за 15 дней до начала промораживания растения обрабатывали водными растворами различных АК по следующей схеме:

1. Контроль (обработка водой);
2. Пролин (10 г/га);
3. Пролин (5 г/га) + глицин (5 г/га);
4. Пролин + метионин (5 г/га);
5. Пролин (10 г/га) + глицин (5 г/га) + метионин (5 г/га).

Для исследований использовали АК из стандартного набора.

Промораживание растений осуществляли в модернизированных морозильных камерах в Центре искусственного климата Кубанского госагроуниверситета. Система программированного изменения температуры позволяла автоматически изменять температуру по определённой программе и поддерживать её на заданном уровне, при этом отклонение от заданных температур составляло не более $0,5^{\circ}\text{C}$.

Закалку растений озимого ячменя осуществляли в естественных условиях на вегетационной площадке (при температуре от $+2^{\circ}\text{C}$ до $+10^{\circ}\text{C}$).

Режим промораживания проводили по следующей программе:

- 1) начиная с $+5^{\circ}\text{C}$ каждые 30 минут снижали температуру в камере на 1°C до -13°C и -11°C (в зависимости от варианта опыта);
- 2) экспозиция в течение трёх часов на нижнем пороге температур (-13°C или -11°C);
- 3) после этого температуру увеличивали на 1°C через каждые 30 минут до $+5^{\circ}\text{C}$;
- 4) экспозиция в течение 24-х часов при $+5^{\circ}\text{C}$;
- 5) экспозиция контейнеров с растениями при температуре $+20-25^{\circ}\text{C}$ в течение 15 суток до учёта результатов опыта.

Учёт результатов проводили через 15 суток после промораживания посредством визуальной оценки степени поражения листьев.

Опыты по оценке влияния АК на засухоустойчивость проводили в Центре искусственного климата Кубанского ГАУ на яровой пшенице сорта Омская 36.

Семена высаживали в вегетационных сосудах (контейнерах) объёмом 6 кг (по 12 растений в каждом) с полевой почвой с добавлением 1/4 песка и небольшого количества торфа. Растения выращивали на вегетационной площадке в условиях естественной температуры и освещённости до фазы начала налива зерна, после чего контейнеры с растениями помещали в климатическую камеру.

В климатической камере моделировали условия воздушной засухи в течение 5 суток: температура $+30^{\circ}\text{C}$ при относительной влажности воздуха 25-30%.

На 6-й день контейнеры переносили в естественные условия на вегетационную площадку, где дневные температуры были в пределах +28-32⁰С (днём) и 25-28⁰С (ночью), а относительная влажность воздуха круглосуточно была на уровне 45-50%. После полного созревания растения убирали и оценивали продуктивность колосьев.

Растения обрабатывали растворами АК накануне процесса закаливания.

Результаты исследований.

При скрининге комплекса АК для повышения морозостойкости озимых зерновых колосовых культур были использованы результаты наших более ранних исследований [2, С. 171–179] о влиянии инфицированности семян фитопатогенными бактериями (*Pseudomonas syringae* spp.) на показатели морозостойкости озимой пшеницы (рисунок 1).

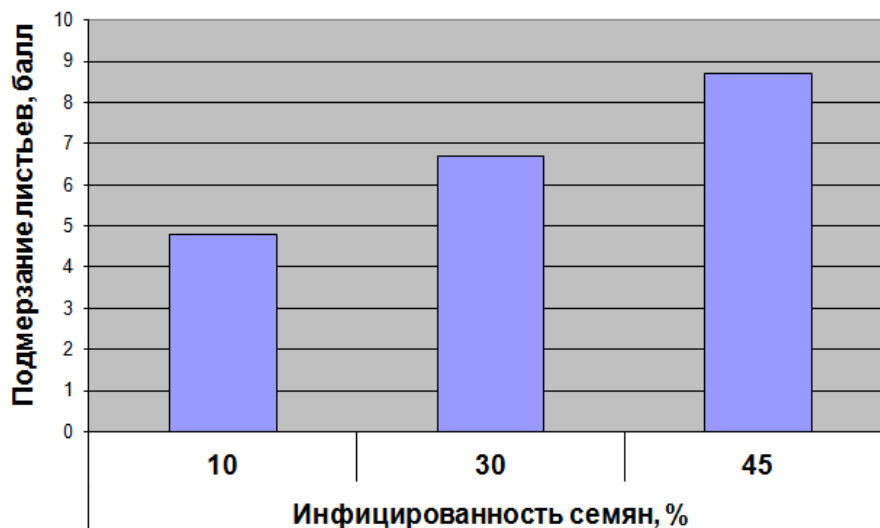


Рис. 1 – Влияние степени инфицированности семян фитопатогенными бактериями (*Pseudomonas syringae* spp.) на подмерзание листьев растений озимой пшеницы после промораживания в морозильной камере при температуре –17⁰С

Это позволило успешно сформировать комплекс экзогенных АК для повышения морозостойкости озимых зерновых колосовых культур (на примере озимого ячменя).

Результаты экспериментов показали, что степень влияния обработки АК растений озимого ячменя на морозостойкость зависит от уровня стресса - в данном случае от температуры промораживания. В результате промораживания растений сорта Кубагро 1 при температуре -11⁰С листья контрольных растений были повреждены на 50%. Обработка пролином и комбинацией пролин-глицин оказала достоверное защитное действие – повреждение составило всего 25-26%. Максимальный защитный эффект наблюдался в варианте с обработкой комплексом всех трёх АК (пролин, глицин и метионин), в этом случае степень повреждения зелёных частей растений доходила лишь до 17% (рисунок 2).

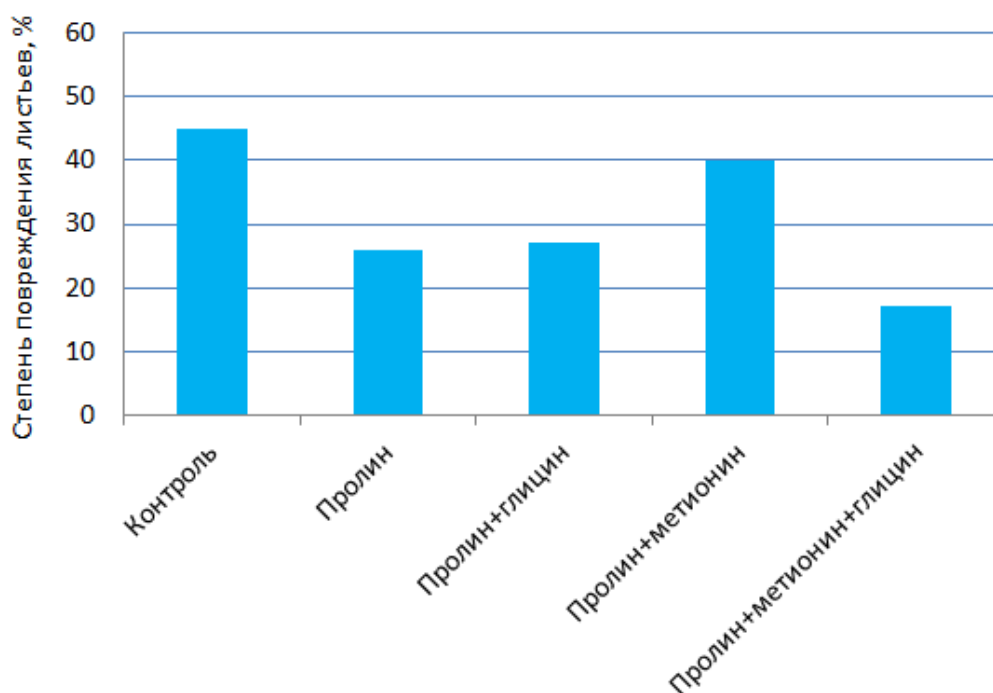


Рис. 2 – Степень повреждения листьев растений ячменя сорта Кубагро 1 в результате воздействия отрицательных температурой (–11⁰С), в зависимости от варианта обработки растений экзогенными аминокислотами

При более низкой температуре промораживания (-13°C), защитное действие пролина не проявилось. В небольшой степени повреждение листьев уменьшила обработка комбинацией пролин-глицин пролин-метионин-глицин на 12-13% по сравнению с контролем. Наибольший защитный эффект оказали комбинации пролин-метионин и пролин-метионин-глицин, они снизили степень повреждения на 20-25% (рисунок 3).

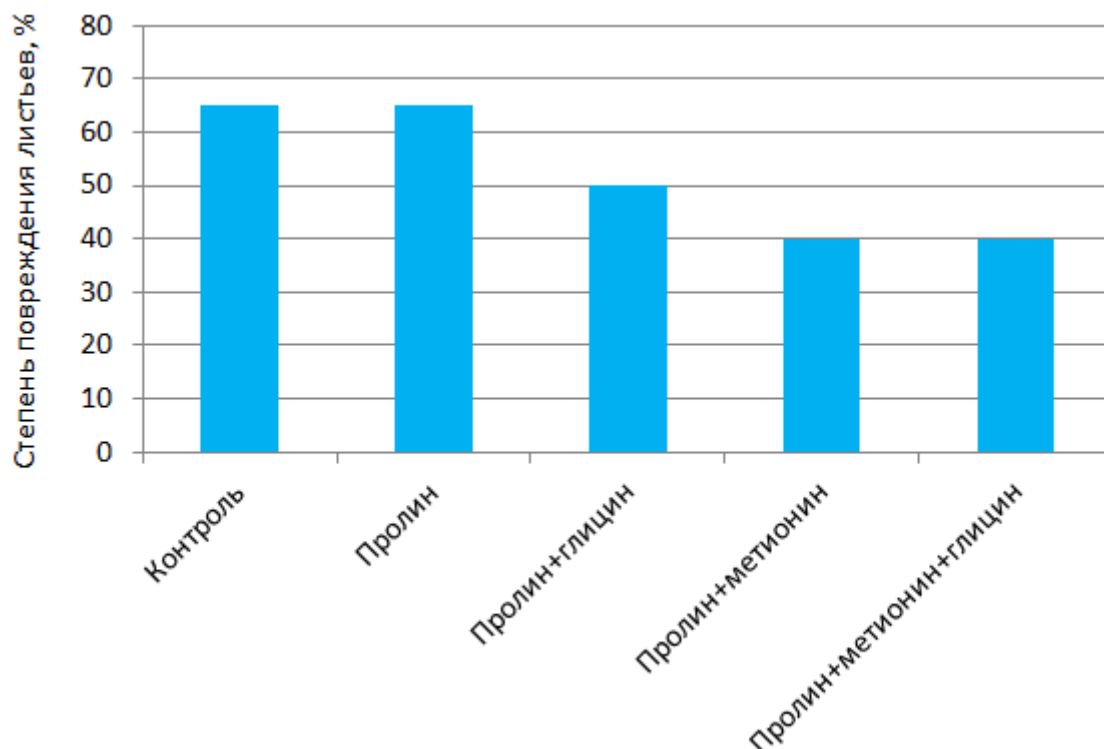


Рис. 3 – Степень повреждения листьев растений ячменя, сорта Кубагро 1 отрицательной температурой (-13°C), в зависимости от варианта обработки растений экзогенными аминокислотами

Растения менее морозостойкого сорта Агродеум после промораживания при температуре -13°C полностью погибли. При менее жестких условиях (-11°C) контрольные растения и растения обработанные пролином были повреждены на 70-75% (рисунок 4). Как и в опыте с сортом Кубагро 1, обработка растений комбинациями пролин-глицин и пролин-метионин-глицин оказала защитное действие, снизив степень повреждения листьев на 15-20% по сравнению с контролем.

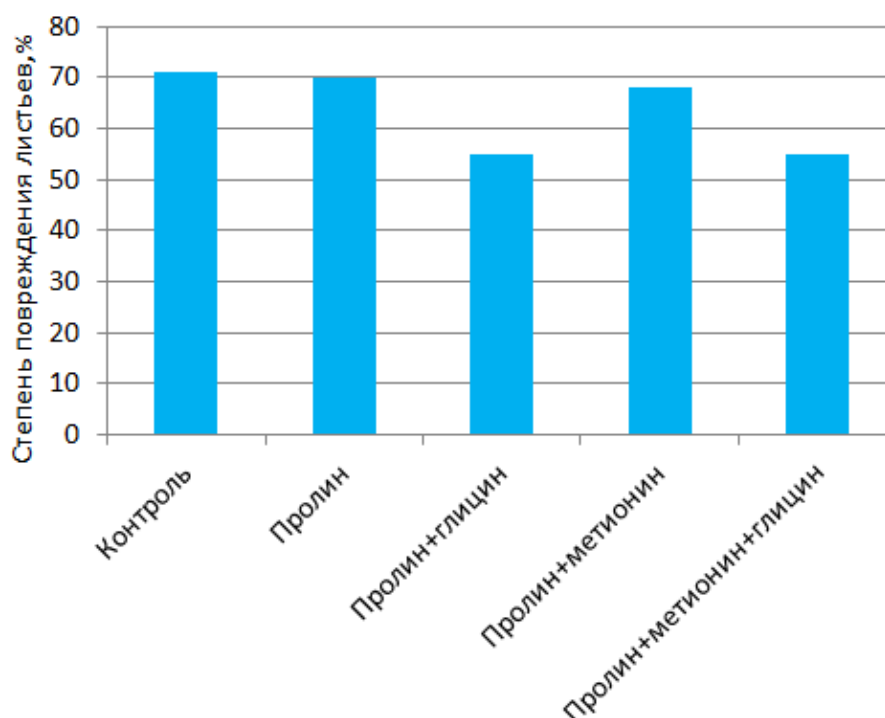


Рис. 4 – Степень повреждения листьев растений ячменя сорта Агродеум, в результате воздействия отрицательных температур (-11°C) в течение 3 часов, в зависимости от варианта обработки растений экзогенными аминокислотами

Вегетационные опыты на яровой пшенице Омская 36 не выявили достоверного влияния пролина на засухоустойчивость растений. Однако в комбинация пролина с метионином обеспечила сохранность урожая зерна за счёт более высокой массы 1000 зёрен по сравнению с контролем (более чем на 4 г.) и озёрнённости колоса, что в целом обеспечило повышение урожайности относительно контроля на 28% (таблица 1).

Таблица 1 – Влияния экзогенных аминокислот на элементы структуры урожая яровой пшеницы сорта Омская 36

Вариант опыта	Количество зёрен в колосе, штук	Масса зерна колоса, г	Масса 1000 зёрен, г	Урожайность зерна с 1 сосуда, г
Контроль	13,8	0,35	25,9	4,3
Обработка пролин+метионин+глицин	14,1	0,43	29,5	5,5
Обработка пролином	12,2	0,3	24,6	4,1
НСР ₀₅	0,2	0,02	0,7	0,5

Обсуждения результатов исследований.

При анализе полученных данных необходимо учитывать, что формирование устойчивости растений к неблагоприятным климатическим факторам – сложный процесс, который находится с одной стороны под генетическим контролем, а с другой – определяется условиями произрастания, важнейшими из которых является динамика климатических факторов.

Системный анализ морозоустойчивости озимых культур показал, что сложный с точки зрения генетического контроля признак морозоустойчивости можно представить в виде комплекса компонент, каждая из которых контролируется своим комплексом генов [11, С. 101-108]. Показано также, что различные по морозоустойчивости сорта имеют свои наборы компонент, при этом в условиях более жесткого стресса степень повреждения снижают одни компоненты, а в менее жестких условиях случае ведущую роль играют другие системы.

С этой точки зрения становится объяснимым, почему обработка АК пролин не обеспечивает увеличения морозоустойчивости в жёстких условиях, и оказывает положительное влияние на морозостойкость при меньших уровнях стресса. В более мягких условиях промораживания выживаемость растений обеспечивают физиологические системы, которые способны адекватно отреагировать на обработку пролином и снизить степень повреждения. В более жестких условиях эта система, реагирующая на пролин, работает менее эффективно, зато работают системы, откликающиеся на глицин и метионин. Не исключено, что именно поэтому максимальный защитный эффект был отмечен при обработке комбинацией всех трёх АК. Исходя из анализа реакции растений изученных сортов ячменя на обработку АК, можно предполагать, что у менее морозоустойчивого сорта Агродеум отсутствуют генетические системы, контролирующие блок физиолого-биохимических процессов, противодействующих повреждению растительной ткани низкими температурами.

Данные, полученные при изучении засухоустойчивости в определённой степени согласуются с результатами опытов по морозоустойчивости – в обеих сериях экспериментов существенный положительный эффект оказывала комбинация пролина с метионином. Не исключено, что это связано с физиологическими процессами, определяющими неспецифическую реакцию на стресс. В работе [11, С. 101-108] одна из компонент морозоустойчивости была определена как неспецифическая устойчивость, а физиолого-биохимические параметры, входящие в эту компоненту, могут способствовать и повышению засухоустойчивости.

Таким образом, использование комплекса экзогенных аминокислот путём обработки посевов методом опрыскивания снижает повреждающее влияние абиотических стрессов.

Список литературы / References

1. Бойко Е.С. Агродеум - новый сорт двурядного озимого ячменя /Бойко Е.С., Салфетников А.А., Репко Н.В., Назаренко Л.В.// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. - № 104. - С. 1245-1252.
2. Котляров В. В. Бактериальные болезни культурных растений. Краснодар, КубГАУ.- 2008. – 250 с.
3. Котляров В.В. Возделывание озимой пшеницы с использованием обработки растений экзогенными регуляторами / Котляров В.В., Федулов Ю.П., Котляров Д.В., Донченко Д.Ю., Яблонская Е.К.//Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2012. -№ 36. - С. 81-87.
4. Репко Н.В. Новый сорт озимого ячменя Кубагро-1 и особенности его возделывания/ Репко Н.В., Салфетников А.А., Бойко Е.С., Назаренко Л.В., Подоляк К.В.//Вестник АПК Ставрополя, 2014. -№3(15)- С.177-184.
5. Федулов Ю.П. Влияние аминокислот на растения озимой пшеницы / Федулов Ю.П., Лиценовский М.Ю., Подушин Ю.В. // Труды Кубанского Государственного Аграрного Университета. – 2016. – № 58. – С. 171–179.
6. Шевелуха В.С. О задачах физиологов в интенсификации селекционного процесса // С.-х. биол. - 1982. - Т.ХУІІ. - N2. - С.147-156.
7. Шаповал О.А. Регуляторы роста растений в агротехнологиях основных сельскохозяйственных структур / О.А.Шаповал, И.П.Можарова, Т.Ю. Грабовская, А.А.Коршунов, А.С.Лазарева, М.Т.Мухина// М.:ВНИИА. – 2015.-348 с.
8. Яблонская Е. К. Молекулярные механизмы действия антидотов гербицидов, перспективы использования в сельском хозяйстве / Яблонская Е. К., Котляров В. В., Федулов Ю. П.// Монография.- Краснодар.: КубГАУ, 2013. -181 с..
9. Alberdi M., Cold acclimation in plants, - Phytochemistry. - 1991. - P. 2177-3184
10. Dorffling K In vitro-selection and regeneration of hydroxyproline-resistant lines of winter wheat with increased proline content and increased frost tolerance / Dorffling K, Dorffling H, Lesselich G // Journal of Plant Physiology -1993.- P.222-225.
11. Fedulov Yu.P. System analysis of frost resistance in winter wheat and its use in breeding/ Euphytica, 1998. - P.101-108.

12. Krasnuk M. Electrophoretic studies of several dehydrogenases in relation to cold tolerance of alfalfa / Krasnuk M, Jung A, Witham F.H. // *Cryobiology*. - 1976. - P. 375–393
13. Sakai A. Frost survival of plants: responses and adaptation for freezing stress / Sakai A., Larcher W. // Springer-Verlag, New York, 1987. – 321 p.
14. Van Swaaij A.C. Effect of cold hardening, willing and exogenously applied proline on leaf content and frost tolerance of several genotypes of Solanum / Van Swaaij A.C., Jacobsen E. // *Plant Physiology* - 1985. – P. 230-236.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Boyko E.S. Agrodeum – noviy sort dvuriadnogo ozimogo yachmeniya [Agrodeum - New Cultivar of Double-row Winter Barley] / Boyko E.S., Salfetnikov A.A., Repko N.V., Nazarenko L.V. // *Politematicheskii setevoy elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polymatic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University] 2014. - No. 104. - P. 1245-1252. [In Russian]
2. Kotliarov V.V. Bakterialniye bolezni kulturnykh rasteniy [Bacterial Diseases of Cultivated Plants]. Krasnodar, KubSAU.-2008. - 250 p. [In Russian]
3. Kotliarov V.V. Vozdelyvaniye ozimoy pshenitsy s ispolzovaniem obrabotki rasteniy ekzogennymi regulatorami [Cultivation of Winter Wheat with the Help of Plants Processing by Exogenous Regulators] / Kotliarov V.V., Fedulov Yu.P., Kotliarov D.V., Donchenko D.Yu., Yablonskaya E.K. // *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of Kuban State Agrarian University] - 2012.-No. 36. - P. 81-87. [In Russian]
4. Repko N.V. Новый сорт озимого ячменя Кубагро-1 и особенности его возделывания [New Cultivar of Winter Barley Kubagro-1 and Features of its Cultivation] / Repko N.V., Salfetnikov A.A., Boiko E.S., Nazarenko L.V., Podoliak K.V. // *Вестник АПК Ставрополя* [Bulletin of Agroindustrial Complex of Stavropol], 2014. - No.3 (15) - P.177-184. [In Russian]
5. Fedulov Yu.P. Влияние аминокислот на растения озимой пшеницы [Effect of Amino Acids on Winter Wheat] / Fedulov Yu.P., Lishchenovsky M.Yu., Podushin Yu.V. // *Trudy Kubanskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta* [Proceedings of Kuban State Agrarian University] - 2016. - No. 58. - P. 171-179. [In Russian]
6. Shevelukha V.S. O zadachakh fitofiziologov v intensivatsii selektsionnogo protsessa [On the Task of Phytophysiologists in Selection Process Intensification] // *Agr. Biol.* - 1982.-V.XVII. - No.2. - P.147-156. [In Russian]
7. Shapoval O.A. Regulirovaniye rosta rasteniy v agrotekhnologiyakh osnovnykh selskokhoziyastvennykh struktur [Plant Growth Regulators in Agrotechnologies of Major Agricultural Structures] / O.A. Shapoval, I.P.Mozharova, T.Yu. Grabovskaya, A.A. Korshunov, A.S. Lazarev, M.T. Mukhina // *M.: VNIIA*. - 2015.-348 p. [In Russian]
8. Yablonskaya E.K. Molekuliarnyye mekhanizmy deystviya antidotov gerbitsidov, perspektivy ispolzovaniya v selskom khoziyastve [Molecular Mechanisms of Herbicide Antidotes Effect, Prospects of Use in Agriculture] / Yablonskaya E.K., Kotliarov V.V., Fedulov Yu. P. // *Monograph - Krasnodar.: KubSAU*, 2013. -181 p. [In Russian]
9. Alberdi M., Cold Acclimation in Plants, - *Phytochemistry*. - 1991. - P. 2177-3184
10. Dorffling K. In Vitro-selection and Regeneration of Hydroxyproline-resistant Lines of Winter Wheat with Increased Proline Content and Increased Frost Tolerance / Dorffling K., Dorffling H., Lesselich G. // *Journal of Plant Physiology* - 1993.- P.222-225.
11. Fedulov Yu.P. System Analysis of Frost Resistance in Winter Wheat and its Use in Breeding/ *Euphytica*, 1998. - P.101-108.
12. Krasnuk M. Electrophoretic Studies of Several Dehydrogenases in Relation to Cold Tolerance of Alfalfa / Krasnuk M., Jung A., Witham F.H. // *Cryobiology*. - 1976. - P. 375–393
13. Sakai A. Frost Survival of Plants: Responses and Adaptation for Freezing Stress / Sakai A., Larcher W. // Springer-Verlag, New York, 1987. – 321 p.
14. Van Swaaij A.C. Effect of Cold Hardening, Willing and Exogenously Applied Proline on Leaf Content and Frost Tolerance of Several Genotypes of Solanum / Van Swaaij A.C., Jacobsen E. // *Plant Physiology* - 1985. – P. 230-236.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.039>Матвеев А.М.¹, Матвеева Т.А.²¹Кандидат сельскохозяйственных наук, Институт повышения квалификации работников лесного хозяйства,²кандидат сельскохозяйственных наук, Сибирский государственный технологический университет**РОЛЬ ПОЖАРОВ В ПОДПОЛОГОВОМ ВОЗОБНОВЛЕНИИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ****Аннотация**

Представлены результаты исследований естественного возобновления сосны обыкновенной на гари в подтаежном поясе северо-западной части Восточного Саяна. Установлено, что сильное огневое воздействие положительно влияет на лесообразовательный процесс в разнотравной группе типов леса сосновой формации. Сильный огонь формирует комфортные условия для поселения новой генерации лесообразующей породы. Учет послепожарного возобновления иллюстрирует высокий возобновительный потенциал гаревого экотопа. Сильный пожар, минерализующий почвенную органику и устраняющий конкурентную среду коренного экотопа, придает сукцессионному процессу положительную динамику – зарастание площади идет по кипрейно-паловому типу. Самосев 4-5-летнего возраста характеризуется большой густотой, равномерным распределением на площади и имеет хорошие биометрические показатели. Полученные данные свидетельствуют о благоприятном развитии начальной фазы лесообразования в исследуемой гаревой среде. Материалы полевых исследований помогут определиться с мерами содействия естественному заращиванию участков с погибшим насаждением для восстановления на них допожарной биоты.

Ключевые слова: сосновое насаждение, пожары, пирогенная трансформация ценоза, возобновление сосны.

Matveev A.M.¹, Matveeva T.A.²¹PhD in Agriculture, Institute of Advanced Training of Forestry Workers, ²PhD in Agriculture,

Siberian State Technological University

ROLE OF FIRES IN RENEWAL OF SUBORDINATE SCOTCH PINE**Abstract**

The results of Scotch pine natural regeneration study at fire-sites in sub taiga of the northwestern part of the Eastern Sayan are presented in the paper. It was found that the strongest fire exposure have a positive effect on forest formation of mixed herbs forests. Strong fire creates favorable conditions for the settlement of a new generation of forest species. Post-fire regeneration illustrates high potential of burnt ecotope regeneration. Strong fires mineralize soil organics and eliminate competitive environment of the indigenous ecotope giving positive dynamics to the succession process – the area is overgrown by willow-herb burns. Seedling growth of 4-5 years of age is characterized by high density, uniform distribution in the area and has good biometric indicators. The findings suggest favorable development of the initial research phase in forest formation in the examined burnt environment. The materials of field studies will help to determine measures necessary to promote natural regeneration of areas with dead planting in order to restore their biota.

Keywords: pine plantations, fires, pyretogenic transformation of coen, renewal of pine.

Площади лесов на территории России постоянно сокращаются, и этот процесс, безусловно, нарастает. Не избежал подобной участи и Восточный Саян, в северо-западной части которого проведены наши исследования. Наибольшее значение в хозяйственно-экономической жизни этого региона имеет заготовка древесины, но поскольку рубки, вследствие сложных орографических условий, затруднены, отмечается некоторое превышение лесного потенциала над сложившимся уровнем использования. Интенсивная эксплуатация лесных ресурсов осуществляется, в основном, на доступных территориях, где заготовка леса экономически оправдана. В результате в структуре лесного фонда преобладают древостои спелой и перестойной возрастных категорий.

Возрастающая антропогенная нагрузка на природные комплексы, увеличивающая число источников огня, подчеркивает актуальность изучения особенностей лесовозобновительного процесса в условиях горного рельефа.

Вопросам естественного восстановления лесов посвящено немало работ отечественных [10], [12] и др. и зарубежных исследователей [2], [5] и др. В работах подчеркивается сложность и многоплановость явлений, имеющих место при восстановлении леса в связи с вмешательством внешних факторов. Наши исследования [6], [7] также демонстрируют вероятность различных сценариев сукцессионного процесса на территориях, где произошло разрушение растительного ценоза.

Ранее выполненный обзор литературных источников [8] убедительно показывает, что восстанавливаемых насаждений, которые сберегаются от экзогенных негативных воздействий и формируют исходный фитоценоз, более полно соответствующий зональному климату, к сожалению, немного. На фоне общего выбытия лесов они представляют лишь малую часть. При таком варианте развития процесса лесовосстановления период формирования коренного экотопа может растянуться на неопределенно долгий срок. Переход же к интенсивной модели использования возобновляемых лесных ресурсов предполагает их быстрое воспроизводство после гибели в результате различных внешних влияний, среди которых ведущие позиции занимают пожары.

Цель настоящих исследований – изучение роли пожаров в активизации лесовозобновительного процесса в растительных ценозах подтаежного пояса. Объектами наблюдений служили сосняки разнотравные, пройденные сильным низовым пожаром.

Работы проводили в Манско-Канском лесорастительном округе Восточно-Саянской провинции. Гарь 5-летней давности, ее площадь 83 га. Пожар по форме – устойчивый, уничтоживший большую часть почвенной органики. Загорание произошло в конце августа.

Описание фитоценозов, учет возобновления осуществляли согласно общепринятым методикам [1, 11]. При оценке возобновления принимался во внимание лишь жизнеспособный самосев, без явных признаков отмирания и сильных форм угнетения. Самосев, утративший характерную окраску хвои, заметно выраженную мутовчатость,

островершинность кроны, имеющий слабое охвоение или сильное искривление стволов, не учитывался, как не обладающий существенным биологическим и хозяйственным значением.

Работы выполняли на 25 учетных площадках размером 2*2 м, размещаемых на пробных площадях равномерно.

Допожарная характеристика фитоценозов, составленная на основании натурного обследования и таксационного описания, следующая. Древостой двухъярусный. Верхний ярус образован сосной 150-летнего возраста, полнотой 0,4. Средняя высота деревьев 25,5 м, средний диаметр – 35,8 см. Древостой почти не пострадал от пожара.

Сосна нижнего яруса имеет следующие показатели: возраст 50 лет, высота – 14,1 м, диаметр – 17,4 см. Полнота древостоя – 0,5. Древостой погиб, отпад составил 92 %. Гибель деревьев связана в основном с фильтрацией высокотемпературных газовых потоков сквозь крону, у отдельных экземпляров наблюдались огневые повреждения камбия в нижней части ствола.

Возобновление главной породы слабое, и в перспективе не способно было заменить материнский древостой. Подлесок редкий (сымкнутость 0,3), доминирующая роль принадлежала шиповнику иглистому (*Rosa acicularis* Lindl.), спирее средней (*Spiraea media* Franz Schmidt), рябине сибирской (*Sorbus sibirica* Hedl.).

В хорошо развитом напочвенном покрове – лесное и луговое разнотравье, в котором выделяются осока большехвостая (*Carex macroura* Meinsh), вейник тростниковидный (*Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth), ирис (касатик) русский (*Iris ruthenica* Ker-Gawl.), фиалка одноцветковая (*Viola uniflora* L.) и др. Кустарнички – брусника и черника (*Vaccinium vitis-idaea* L., *V. myrtillus* L.) представлены незначительно, мхи – плевроциум Шребера и гилокомий блестящий (*Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G.) присутствуют единично.

Огонь уничтожил нижние ярусы растительного сообщества, выгорела лесная подстилка. На 5 год после пожара на гари произвели учет естественного возобновления. Самосев сосны описывали по 4 возрастным группам – 5, 4, 3 и 2-летние растения.

Всходы (растения первого года жизни) при этом не учитывали, поскольку они характеризуются низкой устойчивостью к неблагоприятным внешним воздействиям и в массе элиминируют как в течение вегетационного периода, так и после первой зимовки. Их сохранность определяется уровнем комфортности экологических и ценологических условий среды произрастания. На гари одной из главных причин отмирания молодых особей является ожог стволиков у корневой шейки – обнажившаяся минеральная часть почвы нагревается солнцем до температуры свыше 50 °C, что губительно для нежных растительных тканей. Кроме того, при минерализации почвы ее поверхностный слой иссушается, и всходы, вследствие неразвитости корневой системы, гибнут от нехватки питательных веществ и влаги. Поэтому, при определении плотности (густоты) нового поколения древесной породы, включение всходов в общую численность самосева лишь создает иллюзию хорошей перспективы послепожарного лесовосстановления [8].

Данные осеннего учета представлены в таблице.

Таблица 1 – Состояние послепожарного возобновления сосны

Возраст, лет	Высота, см	Диаметр, мм	Густота, тыс.шт./га	Прирост, см	
				за послед-ний год	за преды-дущий год
5	77,6±4,13	6,9±0,80	29,4	28,6±2,93	20,5±2,71
4	50,3±2,71	5,2±0,60	12,5	24,2±2,69	14,9±1,83
3	25,7±1,38	2,3±0,35	7,8	16,1±1,92	5,8±0,72
2	8,4±0,70	0,9±0,01	9,1	5,0±0,07	-

Полученные материалы иллюстрируют высокий возобновительный потенциал гаревого экотопа. Общая численность новой генерации сосны достигла 58,8 тыс. экз./га.

Самосев 4-5-летнего возраста имеет хорошие биометрические показатели. Согласно действующим Правилам лесовосстановления [9], почти все растения этих возрастных групп относятся к средней категории крупности. Прирост за последние 2 года свидетельствует о комфортности условий среды для роста и развития молодого поколения сосны. При этом наметившийся тренд увеличения прироста в высоту является надежным критерием жизнеспособности растений.

Наибольшая представленность на гари 5-летнего самосева (даже несмотря на естественный отпад в течение этого периода) объясняется следующими обстоятельствами. Обсеменение площади в первый послепожарный год происходило от всего древостоя, в том числе средневозрастного, погибшего в результате огневого воздействия. Поскольку пожар случился в конце лета, семена сосны достигли состояния физиологической зрелости и при попадании в благоприятную среду семена (в том числе и с поврежденных огнем деревьев) проросли и дали всходы. Соответственно число растений, появившихся в первый вегетационный период, было максимальным. В последующие сезоны существенно уменьшился урожай семян, их налет происходил только с сохранившихся сосен первого яруса.

Учитывая равномерное распределение самосева по площади (встречаемость 100 %), можно утверждать, что при благоприятном сценарии развития лесообразовательного процесса сосна сохранит свои позиции.

После сильных пожаров, минерализующих почвенную органику, зарастание площади идет по кипрейно-паловому типу [3], [8]. Уже на следующий год после огневого воздействия на гари поселился кипрей, густота которого впоследствии составила около 50 шт./кв.м. Средняя высота травостоя – 1,4 м, отдельные экземпляры достигают высоты 2 м. Вместе с тем необходимо отметить, что в зарослях кипрея формируется благоприятная среда для появления и начального роста древесных пород. Об этом свидетельствуют не только материалы учета естественного

возобновления сосны, но также ранее проведенные исследования [8] и опубликованные работы других авторов [4], [13].

Хорошо развился подлесок из допожарных видов, но отрицательного влияния на лесовозобновительный процесс кустарниковые породы не оказывают.

Резюмируя вышеизложенное, можно утверждать, что сильное горение, в значительной мере разрушающее естественную структуру первичной ассоциации, способствует устранению эффектов конкуренции, насаждение переходит в состояние открытости. В нашем случае огонь существенно ослабил взаимоотношения новой генерации лесообразующей породы с материнским древостоем, который блокирует рост и развитие молодых растений. Почва, лишенная травяного покрова и обогащенная зольными элементами в результате выгорания органики, представляет собой прекрасное ложе для прорастания семян, укоренения всходов и последующего их роста.

Исследования, проведенные на гарях, помогут определиться с мерами содействия естественному зарастиванию участков с погибшим насаждением для восстановления на них допожарной биоты. Используемые для этой цели научно-обоснованные контролируемые выжигания напочвенного покрова будут способствовать образованию растительных сообществ, биология которых соответствует экологическим особенностям конкретной территории.

Список литературы / References

1. Анучин Н.П. Лесная таксация. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 512 с.
2. Бервик С. Использование огня для восстановления природного состояния лесов – наука или фантастика? (опыт США) // Управление лесными пожарами на экорегиональном уровне. – М.: Алекс, 2004. – С. 105-124.
3. Верховец С.В., Кисилихов Е.К. Предпосылки и результаты контролируемых выжиганий на вырубках // Структурно-функциональная организация и динамика лесов. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2004. – С. 23-24.
4. Декатов Н.Е. Мероприятия по возобновлению леса при механизированных лесозаготовках. – М.: Гослесбумиздат, 1961. – 229 с.
5. МакРей Д.Д. Применение экспериментального контролируемого выжигания и создание баз знаний в целях обеспечения принятия решений в области пожароуправления // Управление лесными пожарами на экорегиональном уровне. – М.: Алекс, 2004. – С. 125-134.
6. Матвеев А.М., Матвеева Т.А. Роль пирогенного фактора в лесообразовательном процессе // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4 (часть 4). – С. 914-918.
7. Матвеева Т.А. Роль пожаров в сохранении биоразнообразия в лесных экосистемах // Проблема и стратегия сохранения биоразнообразия растительного мира Северной Азии. – Новосибирск: Офсет, 2009. – С. 168-170.
8. Матвеева Т.А., Матвеев А.М. Лесовозобновительные выжигания в светлехвойных лесах. – Красноярск: ДарМа, 2010. – 225 с.
9. Правила лесовосстановления. Приказ МПР России от 16.07.2007 № 183.
10. Степаненко И.И. Интенсификация целевого выращивания сосновых насаждений в южно-таежном лесном районе таежной зоны европейской части России: Автореф. дис. д-ра с.-х. наук. – М., 2010. – 39 с.
11. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. – М.: АН СССР, 1961. – 144 с.
12. Фуряев В.В. Роль пожаров в формировании лесов южной тайги Средне-Сибирского плоскогорья // Пожары в лесных экосистемах Сибири. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2008. – С. 18-23.
13. Чугунова Р.В. Влияние огня на подрост и его формирование после пожаров // Лесные пожары в Якутии и их влияние на природу леса. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 158-181.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Anuchin N.P. Lesnaya taksatsiya [Forest Taxation] – M.: Forest Industry, 1971. - 512 p. [In Russian]
2. Berwick S. Ispolzovaniye ogniya dlia vosstanovleniya prirodnogo sostoyaniya lesov – nauka ili fantastika? opyt SSHA) [Use of Fire to Restore Natural State of Forests - Science or Fiction? (US experience)] // Upravleniye lesnimi pozharemi na ekoregionalnom urovne [Control of Forest Fires on Ecological and Regional Level] - M.: Aleks, 2004. - P. 105-124. [In Russian]
3. Verkhovets S.V., Kisiliakhov E.K. Predposilki i rezultaty kontroliruemyykh vyzhiganiy na vyrubkakh [Background and Results of Controlled Burning at Clearings] // Strukturno-funktsionalnaya organizatsiya i dinamika lesov [Structural and Functional Organisation and Dynamics in a Forest] - Krasnoyarsk: SB RAS, 2004. - P. 23-24. [In Russian]
4. Dekatov N.E. Meropriyatiya po vozobnovleniyu lesa pri mekhanizirovannykh lesozagotovkakh [Activities Aimed at Reforestation at Mechanized Harvesting] - M.: Goslesbumizdat, 1961. - 229 p. [In Russian]
5. McRae D.D. Primeneniye eksperimentalnogo kontroliruemogo vyzhiganiya i sozdaniye baz znaniy v tseliyakh obespecheniya priniatiya resheniy v oblasti pozharotusheniya [Use of Pilot Controlled Burning and Creation of Knowledge Bases for Decision-making in Fire Management] // Upravleniye lesnimi pozharemi na ekoregionalnom urovne [Control of Forest Fires in Ecological and Regional Level] - M.: Aleks, 2004. - P. 125-134. [In Russian]
6. Matveev A.M., Matveeva T.A. Rol' pirogennogo faktora v lesoobrazovatelnom protsesse [Role of Pyretogenic Factors in Forest Formation] // Fundamentalnie issledovaniya [Basic Research] - 2013. - No. 4 (part 4). - P. 914-918. [In Russian]
7. Matveeva T.A. Rol' pozharov v sokhranении bioraznooraziya v lenykh ekosistemakh [Role of Fires in Biodiversity Preservation of Forest Ecosystems // Problem and Strategy of Flora Biodiversity in Northern Asia] - Novosibirsk: Offset, 2009. - P. 168-170. [In Russian]
8. Matveeva T.A., Matveev A.M. Lesovozobnovitelnye vyzhiganiya v svetlokhvoinnykh lesakh [Forest Burning for Regeneration in Coniferous Forests] - Krasnoyarsk: DarMa, 2010. - 225 p. [In Russian]
9. Pravila lesovosstanovleniya [Reforestation Rules]. Order of the Ministry of Natural Resources of Russia from 16.07.2007 No. 183. [In Russian]
10. Stepanenko I.I. Intensifikatsiya tselevogo vyrashchivaniya osnovnykh nasazhdeniy v yuzhno-tayozhnom lesnom rayone tayezhnoy zony evropeyskoy chasti Rossii [Intensification of Target Growing of Pine Plantations in Southern Taiga of the European Part of Russia] Thesis Abstract. Doctor of Agricultural Sciences. - M., 2010. - 39 p. [In Russian]

11. Sukachev V.N., Zonn S.V. Metodicheskiye ukazaniya k izucheniyu tipov lesa [Guidelines for Forest Types Study] - М.: USSR Academy of Sciences, 1961. - 144 p. [In Russian]
12. Furyaev V.V. Rol' pozharov v formirovaniі lesov yuzhnoy taygi Sredne-Sibirskogo ploskogoriya [Role of Forest Fires in Forest Formation of Southern Taiga in Central Siberian Plateau] // Pozhary v lesnykh ekosistemakh Sibiri [Forest Fires in Ecosystems of Siberia] - Krasnoyarsk: SB RAS, 2008. - P. 18-23. [In Russian]
13. Chugunova R.V. Vliyaniye ognia na podrost i ego formirovaniye poslie pozharov [Impact of Fire on Undergrowth and Formation after Fires] // Lesnye pozhari v Yakutii i ikh vliyaniye na prirodu lesa [Forest fires in Yakutia and their Impact on Forests] - Novosibirsk: Nauka, 1979. - P. 158-181. [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.090>Матвеева Р.Н.¹, Буторова О.Ф.¹, Братилова Н.П.¹, Щерба Ю.Е.², Колосовский Э.В.³, Свалова А.И.³¹ORCID 0000-0002-3476-9622? Доктор сельскохозяйственных наук,²кандидат сельскохозяйственных наук, ³аспирант

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева

**РОСТ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ ПРИ ЗАГУЩЕННОЙ ПОСАДКЕ В УСЛОВИЯХ ЮГА
КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ****Аннотация**

Проанализирована динамика роста сосны кедровой сибирской разного географического происхождения, произрастающей в Учебно-опытном лесхозе СибГАУ при схеме посадке 2х1 м. Определена изменчивость показателей роста потомства 11 популяций в возрасте 28 и 47 лет. В 47-летнем возрасте деревья имели среднюю высоту от 12,8 до 18,5 м при диаметре ствола от 8,3 до 16,8 см в зависимости от географического происхождения. Отмечен высокий уровень варьирования высоты и диаметра ствола деревьев в некоторых вариантах (> 40 %). Наибольшим диаметром ствола отличаются деревья читинского, шумихинского, алтайского (ур. Курли) происхождений. Установлено существенное влияние географического происхождения на интенсивность роста растений в 28- и 47-летнем возрасте с установлением изменения рангов в связи с интенсивной конкуренцией деревьев в условиях высокой загущенности посадок.

Ключевые слова: изменчивость, сосна кедровая сибирская, густота, географическое происхождение, СибирьMatveeva R.N.¹, Butorova O.F.¹, Bratilova N.P.¹, Shcherba Yu.E.², Kolosovskiy E.V.³, Svalova A.I.³¹ORCID 0000-0002-3476-9622, PhD in Agricultural Sciences,²PhD in Agricultural Sciences, ³postgraduate student,

Siberian State Aerospace University named after Academician M.F. Reshetnev

**GROWTH OF SIBERIAN STONE PINE WITH INTER PLANTING IN THE SOUTH OF THE KRASNOYARSK
TERRITORY****Abstract**

We have analysed growth dynamics of the Siberian stone pine of different geographic origins in the Training and Experimental Forestry Facility of SibSAU under the planting scheme of 2x1 m. The variability of the growth rates of the offspring of 11 populations aged 28 - 47 is determined. At the age of 47, the trees had an average height of 12.8 - 18.5 m with a trunk diameter ranging from 8.3 to 16.8 cm, depending on geographic origin. High level of variation in the height and diameter of the tree trunk was observed in some variants (> 40%). The largest diameter of the trunk is that of the trees of Chita, Shumikhinsky, and Altaic (Kurly) origin. The intensity of plant growth at the age of 28 - 47 is significantly influenced by the geographical origin with the establishment of a change in ranks due to high competition of trees under the conditions of high planting density.

Keywords: variability, Siberian stone pine, density, geographical origin, Siberia.

Хозяйственное значение сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) разнообразно. Она ценится за экологичность, орехи, живицу, древесину. Воздух в кедровом насаждении положительно воздействует на человека. Помимо лечебных свойств, кедровая хвоя обладает общеукрепляющим, ароматическим эффектом [1]. Сосна кедровая сибирская может успешно использоваться при создании плантаций, отличающихся повышенной семенной, стволовой или экологической эффективностью, выполняющих фитонцидную, пылеулавливающую и другие полезные функции [2].

Сохранение генетического фонда и выделение хозяйственно-ценных форм для последующего размножения предусматривает изучение изменчивости морфологических признаков отдельных особей, популяций, климатипов. Изучение внутривидового полиморфизма имеет большое значение для селекции вида [3], [4].

Изменчивость сосны кедровой сибирской связана с ареалом, в пределах которого экологические условия достаточно разнообразны: от черневого до субальпийского поясов в горах Южной Сибири; от восточного Казахстана и северной Монголии до таежной зоны Западной Сибири [5]. В связи с широтной зональностью и высотной поясностью проявляется изменение таких показателей как интенсивность роста, развития ассимиляционного аппарата, размеры шишек, семян; количество микроспорофиллов, шишек, и др.

Одним из методов выделения внутривидовых таксонов является испытание потомств различных популяций в географических посадках. Опыты с географическими культурами хвойных видов позволили установить, что происхождение семян оказывает существенное влияние на приживаемость, рост, фенологию и их репродуктивные показатели [6], [7]. В географических посадках целесообразно проводить отбор устойчивых и высокопродуктивных

экотипов, отдельных экземпляров, использование которых даст высокий лесоводственный эффект при создании плантаций [8].

Географические культуры сосны кедровой сибирской созданы в ограниченном объеме [9], [10]. Необходимость создания целевых кедровых плантаций для получения древесины вызвана также запрещением рубок главного пользования в кедровых лесах [11], [12].

На территории дендрария в Караульном участковом лесничестве Учебно-опытного лесхоза СибГАУ произрастает сосна кедровая сибирская разного географического происхождения. Схема посадки – 2х1 м.

По лесорастительному районированию территория относится к Среднесибирскому подтаежно-лесостепному району. Плантация расположена на склоне южной экспозиции крутизной до 3°, почва на участке светло-серая, слабоподзоленная, по гранулометрическому составу среднесуглинистая.

Посадки сосны кедровой сибирской были заложены под руководством доцента О. П. Олисовой. Растения выращены из семян, заготовленных в популяциях Красноярского края, Иркутской, Кемеровской, Свердловской, Томской, Тюменской, Читинской областей, Республик Алтай, Бурятия, Казахстан, Коми, Саха (Якутия), Тыва, Хакасия.

Различие мест заготовки семян сосны кедровой сибирской составляет по широте от 50° 22' (читинская популяция) до 61° 00' (северо-енисейская), по долготе - от 86° 40' (алтайское, урочище Туштуезень) до 108° 43' (читинская), по высоте над уровнем моря - от 200 м (козульская) до 960 м (черемховская).

Программа исследований предусматривала изучение изменчивости семенного потомства сосны кедровой сибирской различных экотипов по интенсивности роста при загущенной посадке.

У каждого дерева определяли высоту, диаметр ствола. Были использованы общепринятые в лесном хозяйстве методики исследований [13], [14]. Уровень изменчивости показателей оценивали по шкале С. А. Мамаева.

В возрасте 28 и 47 лет определяли абсолютную (U) и относительную успешность (Q) роста потомства разного географического происхождения по диаметру ствола [15], [16]. Абсолютная успешность показывает разницу между средними показателями вариантов и генеральной совокупности опыта; относительная успешность роста оценивается в долях стандартного отклонения по всей выборке опыта.

Обработку экспериментального материала проводили с применением статистических пакетов программ Statistic, Excel.

В 28-летнем возрасте деревья имели среднюю высоту 6,0-7,8 м. Большей высотой отличалось потомство алтайского (урочище Курли), шумихинского происхождений. Среди деревьев алтайского происхождения потомства урочища Туштуезень, ур. Иогач уступали по высоте потомству урочища Курли на 6,8-11,4 %. Варьирование высоты находилось на среднем и высоком уровнях (табл. 1).

Таблица 1 – Изменчивость показателей 28-летних деревьев сосны кедровой сибирской

Географическое происхождение	Высота, м				Диаметр ствола, см			
	Хср.	±m	V, %	t _ф	Хср.	±m	V, %	t _ф при t ₀₅ =2,01
Алтайское (ур. Иогач)	7,3	0,23	21,5	1,17	7,6	0,29	25,5	2,29
Алтайское (Курли)	7,8	0,36	19,0	-	8,6	0,52	23,6	0,89
Алтайское (Туштуезень)	7,0	0,35	24,4	1,59	7,8	0,51	34,6	1,80
Бирюсинское	6,1	0,36	32,4	3,34	6,4	0,43	37,4	3,54
Козульское	6,0	0,28	29,3	1,75	5,7	0,27	29,8	4,75
С.-Енисейское	7,4	0,32	27,2	0,83	7,5	0,40	39,1	2,28
Слюдянское	6,8	0,48	33,3	1,67	8,4	0,48	27,4	1,14
Сонское	6,6	0,40	20,6	2,23	7,2	0,64	34,4	2,27
Черемховское	7,0	0,43	21,2	1,43	7,8	0,44	21,3	1,88
Читинское	6,7	0,45	25,8	3,64	8,0	0,58	24,9	1,50
Шумихинское	7,7	0,55	27,2	0,15	9,4	0,73	29,0	-

По диаметру ствола в числе лучших вариантов было потомство шумихинского, слюдянского происхождений, превышая деревья алтайского (ур. Иогач), бирюсинского, козульского, сонского, северо-енисейского происхождений на 12,0-64,9 %. Уровень варьирования показателей высокий у деревьев сравниваемых происхождений.

Средняя высота 47-летних деревьев кедров сибирского варьировала от 12,8 до 18,5 м в зависимости от географического происхождения. Наибольшая высота наблюдалась у деревьев читинского и черемховского происхождений, различия достоверны с потомствами бирюсинской, козульской, северо-енисейской, слюдянской, сонской, алтайской (ур. Туштуезень) популяций, превышения составляют от 14,4 до 44,5 %. Анализ данных показал, что наибольшая индивидуальная изменчивость высоты деревьев отмечается в бирюсинском и шумихинском вариантах, ее уровень отмечается как очень высокий (V>40 %), что указывает на большую дифференциацию деревьев в данных вариантах. Среднему уровню вариации подвержена высота деревьев алтайского (ур. Курли) происхождения (табл. 2).

Таблица 2 – Высота деревьев 47-летнего возраста, м

Географическое происхождение	Высота, м				Диаметр ствола, см				H/d
	Хср.	±m	V, %	t _ф	Хср.	±m	V, %	t _ф при t ₀₅ = 2,01	
Алтайское (ур. Иогач)	16,4	0,92	25,3	1,50	13,8	1,21	39,6	1,68	1,19
Алтайское (ур. Курли)	17,0	1,20	14,1	0,94	14,6	1,40	34,5	1,14	1,16
Алтайское (ур. Туштуезень)	15,3	0,91	29,7	2,30	11,4	1,02	44,8	3,24	1,34
Бирюсинское	13,9	1,33	41,9	2,71	10,0	0,94	47,6	4,20	1,39
Козульское	12,8	0,71	25,0	4,52	8,3	0,61	33,1	5,85	1,54
Северо-Енисейское	13,7	0,89	38,7	3,49	10,5	0,65	37,4	4,28	1,30
Слюдянское	13,4	0,86	22,7	3,62	15,1	1,25	29,9	0,94	0,89
Сонское	14,0	1,38	33,5	2,60	11,9	1,06	37,9	2,89	1,18
Черемховское	17,5	1,23	23,0	0,62	13,2	1,49	39,2	1,81	1,33
Читинское	18,5	1,05	20,5	-	16,8	1,32	28,3	-	1,10
Шумихинское	17,0	1,63	40,7	0,77	14,6	1,30	36,5	1,19	1,31

Средний диаметр ствола сосны кедровой сибирской 47-летнего возраста варьировал от 8,3 до 16,8 см. В результате исследований было установлено, что наибольший диаметр ствола наблюдается у деревьев читинского происхождения.

Уровень изменчивости диаметра ствола высокий и очень высокий (коэффициент вариации в пределах 28,3-47,6 %). Достоверно меньшим диаметром ствола отличаются деревья, выращенные из семян козульской, бирюсинской, сонской и северо-енисейской популяций, а также потомства алтайской (ур. Туштуезень) популяции ($t_{ф} > t_{05}$).

Конкуренция за площадь питания способствует усилению роста деревьев в высоту и снижению темпов роста по диаметру ствола и кроны, что согласуется с данными других авторов [17], [18] и др.

Ранговая оценка потомства по диаметру ствола показала, что снижение рангового положения произошло в козульском, северо-енисейском вариантах, повышение - в алтайском (ур. Иогач), слюдянском. Высокие ранги сохранили деревья потомств алтайской (ур. Курли), слюдянской, читинской, шумихинской популяций (табл. 3).

Таблица 3 – Сопоставление успешности роста потомства разных популяций по диаметру ствола

Географическое происхождение	Ранг в возрасте, лет			28 лет			47 лет		
	28	47	сумма рангов	Хср., см	U, см	Q	Хср., см	U, см	Q
Алтайское (ур.Иогач)	5	7	12	7,6	0,1	-0,09	13,8	1,1	0,43
Алтайское (ур. Курли)	9	8	17	8,6	1,1	1,00	14,6	1,9	0,74
Алтайское (ур. Туштуезень)	6	4	10	7,8	0,3	0,27	11,4	-1,3	-0,51
Бирюсинское	2	2	4	5,9	-1,6	-1,47	10,0	-2,7	-1,06
Козульское	1	1	2	5,7	-1,8	-1,65	8,3	-4,4	-1,72
Северо-енисейское	4	3	7	7,5	0,0	0,00	10,5	-2,2	-0,86
Слюдянское	8	9	17	8,4	0,9	0,82	15,1	2,4	0,94
Сонское	3	5	8	7,2	-0,3	-0,27	11,9	-0,8	-0,31
Черемховское	6	6	12	7,3	-0,2	-0,18	13,2	0,5	0,20
Читинское	7	10	17	8,0	0,5	0,46	16,8	4,1	1,61
Шумихинское	10	8	18	9,4	1,9	1,74	14,6	1,9	0,74

Динамика роста потомства разных популяций в возрасте 28 и 47 лет проанализирована по абсолютной (U) и относительной успешности (Q) роста деревьев разного происхождения (рис. 1).

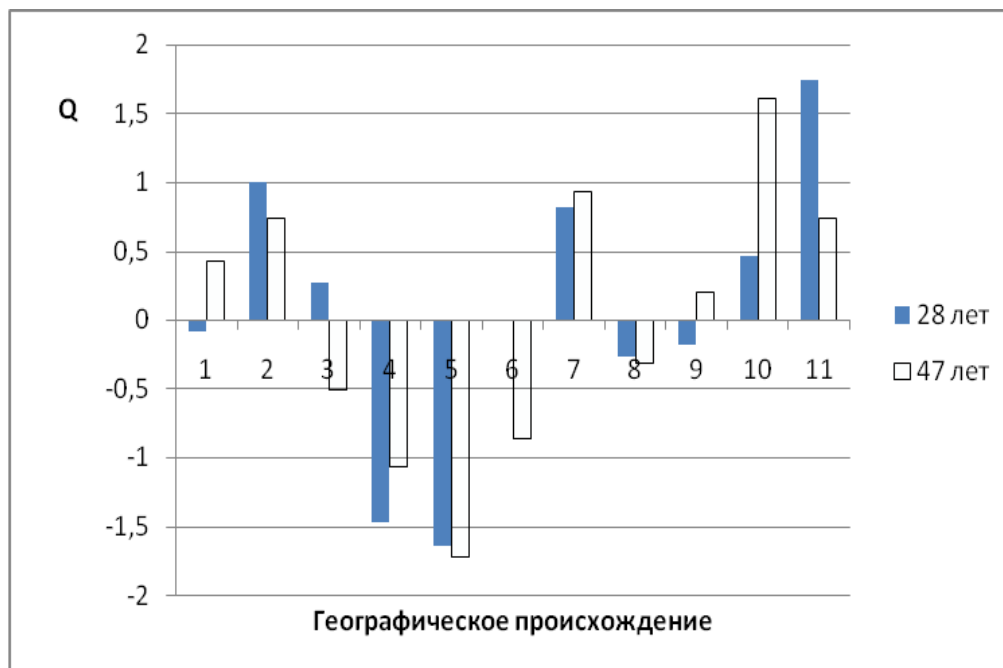


Рис. 1 – Динамика изменения индикатора успешности роста растений разного географического происхождения

Результаты исследований показали существенное влияние географического происхождения на относительную успешность роста деревьев разного географического происхождения и изменение приоритетов с возрастом, особенно в связи с интенсивным процессом дифференциации посадок из-за высокой их загущенности. Так, например, потомства козульской и северо-енисейской популяций, характеризовавшихся в 17-летнем возрасте интенсивным ростом по диаметру ствола, к 28-47-летнему возрасту имели наименьшие показатели. Были выделены перспективные варианты деревья в которых при проведении посадок при густоте 5000 шт./га отличались наиболее интенсивным ростом.

Список литературы / References

1. Хантураев А. Г. Разработка рациональной технологии комплексной переработки семян сосны сибирской (кедровых орехов) и технологической линии по производству высококачественного кедрового масла и сопутствующих продуктов [Электронный ресурс] / А. Г. Хантураев. – Улан-Удэ: ВСГТУ, 2003. – Режим доступа: <http://www.saybervizhn.narod.ru>
2. Коропачинский И. Ю. Растительные ресурсы Сибири: их современное состояние и охрана / И. Ю. Коропачинский, В. П. Седельников // Сибирский экологический журнал. - 1994. - № 1. - С. 17-28.
3. Семериков Л. Ф. О структуре эколого-генетической изменчивости сосны обыкновенной и сибирской в Западной Сибири / Л. Ф. Семериков, В. Л. Семериков, А. В. Подогаз, Л. А. Животовский, А. В. Шурхал // Экология. - 1993. - № 6. - С. 34-40.
4. Жигунов А. В. Первые результаты отбора элитных деревьев ели европейской в Ленинградской области / А. В. Жигунов, А. С. Бондаренко, М. А. Николаева // Лесной журнал. - 2012. - № 3. - С. 43-50.
5. Ирошников А. И. Географические культуры хвойных в Южной Сибири / А. И. Ирошников // Географические культуры и плантации хвойных в Сибири. - Новосибирск: Наука, 1977. - С. 4-110.
6. Черепнин В. Л. Изменчивость семян сосны обыкновенной / В. Л. Черепнин. - Новосибирск: Наука, 1980. - 181 с.
7. Наквасина Е. Н. Результаты тестирования географических культур сосны обыкновенной на Европейском Севере России и их использование для уточнения лесосеменного районирования / Е. Н. Наквасина // Наука - северному региону. - Архангельск, 2004. - Вып. 60. - С. 216-224.
8. Царев А. П. Текущие проблемы селекции лесных древесных пород в России / А. П. Царев // Лесной журнал. - 2000. - № 1. - С. 39-46.
9. Кузнецова Г. В. Изучение изменчивости у климатипов кедр сибирского на юге Красноярского края / Г. В. Кузнецова // Хвойные бореальной зоны. - 2007. - 24. - № 4-5. - С. 423-426.
10. Матвеева Р. Н. Сохранение ценного генофонда сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) / Р. Н. Матвеева, О. Ф. Буторова, Н. П. Братилова, Ю. Е. Колосовская // Fundamental and Applied Studies in America, Europa, Asia and Africa: The 2-nd International Academic Congress (USA, New York, 27 September 2014). - New York: Columbia Press, 2014. - Pp. 495-497.
11. Кулаков В. Е. Создание лесосеменной базы и охрана генетического потенциала основных лесобразующих пород в Сибири / В. Е. Кулаков // Лесное хозяйство. - 2006. - № 5. - С. 23-25.
12. Титов Е. В. Ценный генофонд кедр сибирского в Республике Алтай [Электронный ресурс] / Е. В. Титов. – Воронеж: ВГТЛК, 2008. – Режим доступа: <http://www.e-lib.gasu.ru>
13. Молчанов А. А. Методика определения прироста древесных растений / А. А. Молчанов, В. В. Смирнов. - М.: Наука, 1967. - 27 с.
14. Огиевский В. В. Обследование и исследование лесных культур / В. В. Огиевский, А. А. Хиров. - Л.: ЛТА, 1967. - 74 с.
15. Шмидт В. М. Математические методы в ботанике / В. М. Шмидт. - Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. - 288 с.

16. Иванов А. В. Динамика роста культур ели различного географического происхождения в южной подзоне тайги / А. В. Иванов // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность, мониторинг и адаптационные технологии [Электронный ресурс]. - Йошкар-Ола : МарГТУ, 2010. - С. 122-125. - URL: <http://csfin.marstu.net/publications.html>.

17. Бузыкин И. И. Густота и продуктивность древесных ценозов / И. И. Бузыкин, Л. С. Пшеничникова, В. Г. Суховольский. - Новосибирск, 2002. - 151 с.

18. Шутов И. В. Основные направления лесовосстановления в таежной зоне европейской части страны / И. В. Шутов, Е. Л. Маслаков, И. А. Маркова // Лесное хозяйство. - 1991. - № 7. - С. 26-29.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Hanturaev A. G. Razrabotka racional'noj tehnologii kompleksnoj pererabotki semjan sosny sibirskoj (kedrovyyh orehov) i tehnologicheskoy linii po proizvodstvu vysokokachestvennogo kedrovogo masla i sopushtvujushhih produktov [Development of a rational technology of complex processing of Siberian pine seeds (pine nuts) and technological line on manufacture of high-quality cedar oil and associated products] [Electronic resource] / A. G. Hanturaev. - Ulan-Udje: VSGTU, 2003. - URL: <http://www.saybervizhn.narod.ru> [in Russian]

2. Koropachinskij I. Ju. Rastitel'nye resursy Sibiri: ih sovremennoe sostojanie i ohrana [Plant resources of Siberia: the current status and protection of] / I. Ju. Koropachinskij, V. P. Sedel'nikov // Sibirskij jekologicheskij zhurnal [Siberian ecological journal]. - 1994. - № 1. - P. 17-28. [in Russian]

3. Semerikov L. F. O strukture jekologo-geneticheskoy izmenchivosti sosny obyknovennoj i sibirskoj v Zapadnoj Sibiri / L. F. Semerikov, V. L. Semerikov, A. V. Podogas, L. A. Zhivotovskij, A. V. Shurhal [On the structure of ecological and genetic variability of Scots pine and Siberian in Western Siberia] // Jekologija [Ecology]. - 1993. - № 6. - P. 34-40. [in Russian]

4. Zhigunov A. V. Pervye rezul'taty otbora jelitnyh derev'ev eli evropejskoj v Leningradskoj oblasti [The first results of the selection of elite trees of spruce european in the Leningrad region] / A. V. Zhigunov, A. S. Bondarenko, M. A. Nikolaeva // Lesnoj zhurnal [Forestry Journal]. 2012. - № 3. - P. 43-50. [in Russian]

5. Iroshnikov A. I. Geograficheskie kul'tury hvojnyh v Juzhnoj Sibiri / A. I. Iroshnikov [Geographic culture of conifers in southern Siberia] // Geograficheskie kul'tury i plantacii hvojnyh v Sibiri [Geographical culture and coniferous plantations in Siberia]. - Novosibirsk: Nauka, 1977. - P. 4-110. [in Russian]

6. Cherepnin V. L. Izmenchivost' semjan sosny obyknovennoj [Variability of Scots pine seeds] / V. L. Cherepnin. - Novosibirsk: Nauka, 1980. - 181 p. [in Russian]

7. Nakvasina E. N. Rezul'taty testirovaniya geograficheskikh kul'tur sosny obyknovennoj na Evropejskom Severe Rossii i ih ispol'zovanie dlja utocneniya lesosemennoho rajonirovaniya [The results of testing geographical pine Scots cultures in the European North of Russia and use them to refine the zoning of the forest seed] / E. N. Nakvasina // Nauka - severnomu region [Science-Northern region]. - Arhangel'sk, 2004. - V. 60. - P. 216-224. [in Russian]

8. Carev A. P. Tekushhie problemy selekcii lesnyh drevesnyh porod v Rossii / A. P. Carev [Current problems in the breeding of forest tree species in Russia] // Lesnoj zhurnal [Forestry Journal]. - 2000. - № 1. - P. 39-46. [in Russian]

9. Kuznecova G. V. Izuchenie izmenchivosti u klimatipov kedra sibirskogo na jube Krasnojarskogo kraja [The study of variability at the provenances Cedar sibirica at the South of Krasnojarsk region] / G. V. Kuznecova // Hvojnye boreal'noj zony [Coniferous of boreal zone]. - 2007. - 24. - № 4-5. - P. 423-426. [in Russian]

10. Matveeva, R.N. Sohranenie cennogo genofonda sosny kedrovoj sibirskoj (Pinus sibirica Du Tou r)/ R.N. Matveeva, O.F. Butorova, N.P. Bratilova, Kolosovskaja Ju.E. [Save valuable gene pool pine Cedar Siberian (*Pinus sibirica* Du Tour)] // Fundamental and Applied Studies in America, Europa, Asia and Africa: The 2-nd International Academic Congress (USA, New York, 27 September 2014). - New York: Columbia Press, 2014. - Pp. 495-497. [in Russian]

11. Kulakov V. E. Sozdanie lesosemennoj bazy i ohrana geneticheskogo potenciala osnovnyh lesoobrazujushhih porod v Sibiri [The establishment of forest seed base and protecting the genetic potential of basic forest rocks in Siberia] / V. E. Kulakov // Lesnoe hozjajstvo [Forestry]. - 2006. - № 5. - P. 23-25. [in Russian]

12. Titov E. V. Cennyj genofond kedra sibirskogo v Respublike Altaj [Electronic resource] / E. V. Titov [The valuable gene pool of pine Cedar Siberian in the Republic of Altai]. - Voronezh: VGTLK, 2008. - URL: <http://www.e-lib.gasu.ru> [in Russian]

13. Molchanov A. A. Metodika opredelenija prirosta drevesnyh rastenij / A. A. Molchanov, V. V. Smirnov [Method of determining the growth of woody plants]. - M.: Nauka, 1967. - 27 p. [in Russian]

14. Ogievskij V. V. Obsledovanie i issledovanie lesnyh kul'tur / V. V. Ogievskij, A. A. Hirov [A survey and study of forest crops]. - L.: LTA, 1967. - 74 p. [in Russian]

15. Shmidt V. M. Matematicheskie metody v botanike / V. M. Shmidt [Mathematical methods in Botany]. - L.: Izd-vo Leningr. un-ta, 1984. - 288 p. [in Russian]

16. Ivanov A. V. Dinamika rosta kul'tur eli razlichnogo geograficheskogo proishozhdenija v juzhnoj podzone tajgi / A. V. Ivanov [Dynamics(changes) of growth of the cultures ate different geographical origin in South sub zone of Taiga] // Lesnye jekosistemy v uslovijah izmenenija klimata: biologicheskaja produktivnost', monitoring i adaptacionnye tehnologii [Electronic resource] [Forest ecosystems in a changing climate: biological productivity, monitoring and adaptation technologies]. - Joshkar-Ola: MarGTU, 2010. - P. 122-125. - URL: <http://csfin.marstu.net/publications.html>. [in Russian]

17. Buzykin I. I. Gustota i produktivnost' drevesnyh cenozov / I. I. Buzykin, L. S. Pshenichnikova, V. G. Suhovol'skij [Density and productivity of wood cenosis]. - Novosibirsk, 2002. - 151 p. [in Russian]

18. Shutov I. V. Osnovnye napravlenija lesovosstanovlenija v taezhnoj zone evropejskoj chasti strany / I. V. Shutov, E. L. Maslakov, I. A. Markova [The main directions of reforestation in the taiga zone of the European part of the country] // Lesnoe hozjajstvo [Forestry]. - 1991. - № 7. - P. 26-29. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.073>Пакуль А.Л.¹, Лапшинов Н.А.², Пакуль В.Н.³, Божанова Г.В.⁴,¹ORCID:0000-0002-8904-5592, научный сотрудник,²ORCID:0000-0001-9869-2372, доктор сельскохозяйственных наук,³ORCID:0000-0003-0681-6273, доктор сельскохозяйственных наук,⁴ORCID: 0000-0002-2119-2270, научный сотрудник,

Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства - филиал СФНЦА РАН
**СОДЕРЖАНИЕ КАЛИЯ В ПОЧВЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ
 ТЕХНОЛОГИЙ**

Аннотация

О плодородии почв, интегральным показателем которого является урожайность надземной массы, как в природных биоценозах, так и в агроценозах, принято судить по водно-физическим и агрохимическим свойствам. Агрохимическими параметрами эффективного плодородия являются подвижные формы минерального азота, фосфора и калия. Содержание калия в почве во многом зависит от почвенно-климатических условий. В статье рассматриваются вопросы по влиянию системы обработки почвы в зернопаровом севообороте на содержание калия в почве по предшественникам чистый и сидеральный пар. Исследования проведены в Кемеровском НИИСХ – филиале СФНЦА РАН. Установлена тесная взаимосвязь между содержанием K_2O и влагообеспеченностью в июле и августе (при ГТК выше 1), $r = 0,5200-0,8387$. При недостатке влаги, такая взаимосвязь снижается или отсутствует. За две ротации севооборота независимо от системы обработки почвы содержание подвижного калия выше по предшественнику сидеральный пар (донник) – 100-108 мг/кг почвы, преимущество имеют комбинированная минимальная и отвальная минимальная системы обработки почвы. Доля влияния предшественника на содержание подвижного калия в почве составила 13,2%, системы обработки почвы – 4,0%, ротации севооборота – 49,1%, взаимодействие ротации севооборота и предшественника – 17,9%.

Ключевые слова: система обработки почвы, подвижные формы калия, ротация севооборота, предшественник, условия года.

Pakul A.L.¹, Lapshinov N.A.², Pakul V.N.³, Bozhanova G.V.⁴¹ORCID:0000-0002-8904-5592, researcher, ²ORCID:0000-0001-9869-2372, PhD in Agriculture,³ORCID:0000-0003-0681-6273, PhD in Agriculture, ⁴ORCID: 0000-0002-2119-2270, researcher,

Kemerovo research institute of agriculture - branch SFNZA RAHN

CONTENT OF POTASSIUM IN SOIL WITH THE USE OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES**Abstract**

It is customary to judge the fertility of soils, the integral index of which is the yield of top, both in natural biocenose and in agroecocenose, based on the hydro-physical and agrochemical properties. Agrochemical parameters of effective fertility are mobile forms of mineral nitrogen, phosphorus and potassium. The content of potassium in soil depends on the soil-climatic conditions to a larger extent. The article discusses the effect of the soil treatment system in grain steaming rotation on the content of potassium in soil on the precursors of pure and sideral steam. The research was carried out at Kemerovo Research Institute, a branch of the Russian Academy of Sciences. Close relationship between the K_2O content and moisture content in July and August (at hydrothermal index above 1), $r=0.5200-0.8387$ was established. When there is a lack of moisture, this relationship is reduced or absent. During two crop rotations irrespective of the soil treatment system, the content of mobile potassium is higher for the precursor than the sowing steam (clover) – 100-108 mg/kg soil; the combined minimal and minimum tillage systems have the advantage. The share of the predecessor's influence on the content of mobile potassium in soil comprised 13.2%, the soil treatment system – 4.0%, crop rotation – 49.1%, relation between crop rotation and predecessor – 17.9%.

Keywords: soil processing system, mobile forms of potassium, crop rotation, predecessor, conditions of the year.

Сохранение эффективного плодородия почвы – это одна из важных задач современного земледелия [1], [2].

Использование различных систем обработки почвы, от минимальных до нулевых, позволяет создать оптимальный режим питания и обеспеченность влагой в агроценозах [3], [4].

Калий играет значительную роль в питании растений. Чаще всего показателями обеспеченности почв подвижными формами калия служат водорастворимый и обменный, которые в совокупности представляет величину подвижного калия, который обеспечивает растения [5], [6].

Целью исследований является – определить содержание подвижного калия в зависимости от системы обработки почвы выщелоченного чернозёма, тяжелосуглинистого по гранулометрическому составу. Исследования проведены в зернопаровом севообороте с использованием возобновляемых биоресурсов (внесение соломы, использование сидеральных культур) в Кемеровском НИИСХ – филиале СФНЦА РАН, на длительном стационаре почвозащитного земледелия.

Содержание подвижного калия в почве (по Чирикову) в слое 0-40 см в зависимости от предшественника, системы обработки почвы, года исследований варьирует. Результаты дисперсионного анализа показали, что доля влияния предшественника на содержание подвижного калия в почве составила 4,3%, фактора среда – 50,9%.

В период проведения исследований (2010-2016 гг.) условия влагообеспеченности и температурный режим различны, но нужно отметить, что во все годы в июне присутствует водная и воздушная засуха, ГТК = 0,26-0,95. Установлена тесная взаимосвязь между содержанием K_2O и влагообеспеченностью в июле (при ГТК выше 1), $r = 0,7882-0,8387$. При недостатке влаги в июле, такая взаимосвязь снижается или отсутствует. Аналогичная взаимосвязь выявлена между ГТК в августе и содержанием подвижного калия, $r = 0,5200-0,8381$.

В зернопаровом севообороте используются возобновляемые биоресурсы, ежегодно после всех культур при уборке разбрасывается солома, под покров ячменя высевается донник, который заделывается БДТ-3 на следующий год как сидерат.

При заделки соломы в поверхностный слой почвы, улучшается фосфорно-калийный баланс почвы, повышается её биологическая активность. При этом стимулируется размножение организмов сапрофитного типа питания и угнетается размножение паразитов, в том числе грибов, вызывающих корневые гнили [7]. Донник использует труднодоступные соединения фосфора и калия [8].

Выявленная положительная взаимосвязь между влагообеспеченностью и содержанием подвижного калия обусловлена биологической активностью почвы и степенью разложения органического вещества. То есть при ГТК выше единицы складываются наиболее благоприятные условия в июле и августе для микрофлоры в почвенном слое 0-40 см.

Содержание K_2O по предшественнику чистый пар в среднем за восемь лет в зависимости от системы обработки почвы составило 94-103 мг/кг почвы (таблица 1). При использовании сидерального пара содержание калия в почве достоверно выше в сравнении с контролем при всех системах обработки почвы – 100-108 мг/кг почвы (контроль – 94,0 мг/кг почвы, $HCp_{05} = 5,7$). Как по чистому, так и сидеральному пару по содержанию калия имеет преимущество вариант с применением комбинированной минимальной системы обработки почвы. По чистому пару превышение к контролю при данной системе обработки почвы достоверно – 9,0 мг/кг почвы ($HCp_{05} = 8,1$), по сидеральному пару в пределах ошибки опыта.

Таблица 1 – Содержание калия в зернопаровом севообороте

Система обработки почвы фактор А	Содержание подвижного калия в почве, мг/кг почвы								
	Годы исследований (среда). Фактор В								
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Среднее за 2009-2016 гг.
Предшественник чистый пар. фактор С									
Отвальная глубокая контроль	95	90	78	78	89	112	120	95	94
Комбинированная глубокая	104	80	85	95	89	108	138	96	99
Комбинированная минимальная	99	80	105	96	82	110	136	116	103
Отвальная минимальная	104	90	60	89	75	120	130	86	94
Предшественник сидеральный пар донник									
Отвальная глубокая	90	89	80	120	75	110	140	114	102
Комбинированная глубокая	92	90	85	118	75	105	106	130	100
Комбинированная минимальная	102	106	90	117	102	110	128	107	108
Отвальная минимальная	109	110	90	126	96	105	126	90	106
HCp_{05} для факторов: А В С АВ АС ВС									8,1 11,5 5,7 23,0 11,5 16,3

При длительном проведении полевых опытов необходимо понимать, что большую роль для прохождения всех процессов жизнедеятельности имеет полная ротация севооборота. Выявлено, что при ротации зернопарового севооборота с 2009 по 2012 г. содержание подвижного калия по предшественнику чистый пар в зависимости от системы обработки почвы от 85 до 95 мг/кг почвы, при прохождении следующей ротации (2013-2016 гг.) количество K_2O достоверно увеличивается в зависимости от системы обработки почвы на 16-19 мг/кг почвы, при $HCp_{05} = 6,2$ мг/кг почвы (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание калия в зернопаровом севообороте

Система обработки почвы Фактор А	Годы ротации севооборота Фактор В	
	2009-2012	2013-2016
Предшественник чистый пар – Фактор С		
Отвальная глубокая контроль	85	104
Комбинированная глубокая	91	108
Комбинированная минимальная	95	111
Отвальная минимальная	86	103
Предшественник сидеральный пар донник		
Отвальная глубокая	95	110
Комбинированная глубокая	96	104
Комбинированная минимальная	104	112
Отвальная минимальная	109	104
НСР ₀₅ для факторов		
А	8,8	
В	6,2	
С	6,2	
AB	12,4	
AC	12,4	
BC	8,8	

По предшественнику сидеральный пар в зависимости от системы обработки почвы динамика содержания подвижного калия различна. Высокое содержание подвижного калия отмечено при комбинированной минимальной и отвальной минимальной системах обработки почвы, при поверхностном измельчении донника БДТ-3 в период с 2009 по 2012 г. – 104-109 мг/кг почвы. При последующей ротации севооборота при данных обработках почвы показатели значительно не увеличились.

Достоверное увеличение содержания подвижного калия установлено при отвальной глубокой системе обработки почвы в период с 2013 по 2016 гг. на 15,0 мг/кг почвы, в сравнение с предыдущей ротацией (2009-2012 гг.). Дисперсионный анализ данных выявил более четкое влияние предшественника на содержание подвижного калия в почве – 13,2%, системы обработки почвы – 4,0%, ротации севооборота – 49,1%, взаимодействие ротации севооборота и предшественника – 17,9%.

Таким образом, на содержание подвижного калия в почве оказали условия влагообеспеченности и температурного режима в летний период, доля влияния фактора среда составила 50,9%. По средним показателям за 2009-2016 гг. независимо от системы обработки почвы содержание подвижного калия выше по предшественнику сидеральный пар (донник) – 100-108 мг/кг почвы, преимущество имеют комбинированная минимальная и отвальная минимальная системы обработки почвы. Исследованиями установлено, что наиболее высокие показатели содержания подвижного калия при данных системах обработки почвы при ротации севооборота в период 2009-2012 гг., при последующей ротации достоверного увеличения не выявлено.

По предшественнику чистый пар при последующей ротации севооборота (2013-2016 гг.) содержание подвижного калия увеличивается в зависимости от системы обработки почвы на 16-19 мг/кг почвы.

Список литературы / References

1. Калочкин В.К. Минимальная обработка почвы в Сибири: проблемы и перспективы / Земледелие. – 2008. – №5. – С. 24-28.
2. Халиуллин К.З., Кiekбаев Т.И., Лукьянов С.А., Гайнуллин И.А. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в степных агроландшафтах Республики Башкортостан // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 1. – С. 34 – 36.
3. Багаутдинов Ф.Я., Казыханова Г.Ш., Пермякова Н.В., Давлетшина М.Р. Влияние способов обработки почвы и удобрений на агрохимические показатели чернозёма выщелоченного и урожайность зерновых культур в южной лесостепи Республики Башкортостан / Вестник ОГУ. – 2011. - № 12. – С. 21-23.
4. Акимов Александр Юрьевич. Продуктивность культур и плодородие чернозема выщелоченного в зернопаровом севообороте в зависимости от способа обработки почвы в условиях юга Нечерноземной зоны : Дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 : Курск, 2004 - 155 с.
5. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения: книга. – М. Ледум. – 2000. – 185 с.
6. Бурховецкая А.К. Формы калия в почвах Западной Сибири / Агрохимические свойства почв и приёмы их регулирования. IV Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения // Материалы международной научно-практической конференции. Новосибирск. – 2007. – С. 394-399.
7. Казаринова И.Н. Почвозащитная технология возделывания сельскохозяйственных культур. Материалы Междунар. науч. кон., посвящ. 95-летию со дня рождения акад. И.И. Сиягина (Новосибирск, 20-22 марта 2006 г.) / РАСХН Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 2007. – С. 175.
8. Буренок В.П., Язева Л.А., Кукшенева Т.П. Плодородие и влагообеспеченность почвы при почвозащитных системах земледелия / Земледелие № 4. – 2011. – С. 39-40.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kalichkin V.K. Minimalnaya obrabotka pochvy v Sibiri: problemy i perspektivy [The minimum processing of the soil in Siberia: problems and prospects] / Zemledelie / [Agriculture]. – 2008. – № 5. – P. 24-28. [in Russian].
2. Khaliullin K.Z., Kiebaev T.I., Luk'yanov S.A., Gajnullin I.A. Resursosberegayushchie tekhnologii vozdeliyaniya zernovykh kultur v stepnykh agrolandshaftakh Respubliki Bashkortostan [Resource-saving technologies of cultivation of grain crops in steppe agrolandscapes of the Republic Bashkortostan] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK [/]Achievements of science and technology of agrarian and industrial complex]. – 2010. – № 1. – P. 34 – 36. [in Russian].
3. Bagautdinov F.Ya., Kazykhanova G.Sh., Permyakova N.V., Davletshina M.R. Vliyanie sposobov obrabotki pochvy i udobrenij na agrokhimicheskie pokazateli chernozyoma vyschelochnogo i urozhnost zernovykh kultur v yuzhnoj lesostepi Respubliki Bashkortostan [Influence of ways of processing of the soil and fertilizers on agrochemical indicators of the chernozem lixivious and productivity of grain crops in the southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan] / Vestnik OGU / [Bulletin of regional public institution]. – 2011. – № 12. – P. 21-23. [in Russian].
4. Akimov Aleksandr Yurevich. Produktivnost kultur i plodorodie chernozema vyschelochnogo v zernopropashnom sevooborote v zavisimosti ot sposoba obrabotki pochvy v usloviyakh yuga Nechernozemnoj zony : Dis. ... kand. s.-kh. nauk : 06.01.01[Efficiency of cultures and fertility of the chernozem leached in a zernopropashny crop rotation depending on a way of processing of the soil in the conditions of the South of the Nonchernozem zone / Thesis of the candidate of agricultural sciences] : Kursk, 2004. – 155 p. [in Russian].
5. Prokoshev V.V., Deryugin I.P. Kalij i kalijnye udobreniya [Potassium and potash fertilizers]. – M. Ledum. – 2000. – 185 p. [in Russian].
6. Burkhovetskaya A.K. Formy kaliya v pochvakh Zapadnoj Sibiri [Potassium forms in soils of Western Siberia] / Agrokhimicheskie svoystva pochv i priomy ikh regulirovaniya. IV Sibirskie agrokhimicheskie Pryanishnikovskie chteniya // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii [Agrochemical properties of soils and methods of their regulation. IV Siberian agrochemical Pryanishnikovsky readings]. – Novosibirsk. – 2007. – P. 394-399. [in Russian].
7. Kazarinova I.N. Pochvozaschitnaya tekhnologiya vozdeliyaniya selskokhozyajstvennykh kultur. Materialy Mezhdunar. nauch. kon., posvyasch. 95-letiyu so dnya rozhdeniya akad. I.I. Sinyagina [Soil-protective technology of cultivation of crops. Materials of int. sceint.conf.dedicated to the 95 anniversary since the birth of the academician I. I. Sinyagin], (Novosibirsk, 20-22 March 2006) / RASKhN Sib. otd-nie. – Novosibirsk, 2007. – P. 175. [in Russian].
8. Burenok V.P., Yazeva L.A., Kuksheneva T.P. Plodorodie i vlagoobespechennost pochvy pri pochvozaschitnykh sistemakh zemledeliya [Fertility and moisture security of the soil at soil-protective systems of agriculture] / Zemledelie [Agriculture]. – № 4. – 2011. – P. 39-40. [in Russian].



AGRIS

Международный научно-исследовательский журнал теперь индексируется в Agris.

Статьи, размещаемые в Agris, имеют статус публикаций ВАК.

AGRIS (International System for Agricultural Science and Technology) – это международная библиографическая база данных с более чем 7.5 млн структурированных библиографических данных по сельскому хозяйству и смежным дисциплинам.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.059>

Перова А.Е.

ORCID: 0000-0002-1180-259X, Кандидат экономических наук

Кубанский государственный университет

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЯ

Аннотация

На сегодняшний день сельское хозяйство представляет собой важнейшую сферу развития российской экономики, которое эквивалентно продовольственной безопасности страны, что, приоритетно для любого государства. Этот вопрос особенно стал актуален с возникновением мировых угроз для сельскохозяйственных товаропроизводителей. В связи с чем, основой решения данной проблемы является предоставление государственной помощи для создания конкурентоспособной отечественной сельскохозяйственной продукции и проведения эффективной политики импортозамещения

Ключевые слова: сельскохозяйственные товаропроизводители, государственная поддержка, финансирование сельскохозяйственной отрасли, основные сельскохозяйственные культуры.

Perova A.E.

ORCID: 0000-0002-1180-259X, PhD in Economics,

Kuban State University

EVALUATION OF STATE SUPPORT EFFICIENCY OF A DOMESTIC AGRICULTURAL MANUFACTURER

Abstract

As of today, agriculture is the most important sphere of the Russian economy development, which is an equivalent to the country's food security – a priority for any state. This issue has become particularly relevant with the emergence of global threats to agricultural producers. In this connection, the basis for solving this problem is state support in the creation of competitive domestic agricultural products and an effective policy of import substitution.

Keywords: agricultural goods producers, state support, financing of the agricultural sector, basic crops.

Государственная поддержка сельского хозяйства является важнейшим показателем осуществления грамотного планирования и развития экономики в стране, в связи с тем, что любому созданному фермерскому или крестьянскому хозяйству необходимо усиление позиций на рынке, поэтому ему требуется прочные организационная, экономическая и материальная базы.

На сегодняшний день сельскохозяйственной отрасли необходима государственная поддержка, так как сокращаются показатели развития сельских территорий, снижается престиж труда в сельском хозяйстве, а получение прибыли в данном секторе экономики является все более сложным явлением. В связи с чем, государство стремится создать благоприятные условия для деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей. Их реализация осуществляется посредством предоставления им грантов, субсидий.

В связи со вступлением России в ВТО, актуализировались вопросы оценки эффективности и поиска новых подходов к обоснованию мер государственной поддержки аграрного сектора.

Грамотная поддержка сельскохозяйственных производителей должна привести к формированию устойчивого делового климата в стране. В основе мер государственной поддержки лежат нормативно-правовая база Российской Федерации и международные соглашения. Российское законодательство детально определяет меры поддержки, показывает общие бюджетные средства для каждого сегмента сельского хозяйства, и описывает показатели для оценки успешности каждого сегмента [6, С. 11].

В соответствии с правовой базой РФ за 2013-2020 гг. федеральный бюджет выделит и направит на развитие животноводства - 33,1% средств; на производство зерна - 30,9%; оказания помощи начинающим фермерам - 5,5% (83,7 млрд. руб.). С момента вступления России в ВТО, можно наблюдать постепенное снижение импортных пошлин на некоторые продукты и освобождения от импортных пошлин некоторого количества сельскохозяйственной продукции.

Оценим структуру вложений в развитие сельского хозяйства (табл. 1).

В 2020 г. финансирование сельского хозяйства составит 126,3%, в 2019 – 123,6% (в % от показателя 2016 г.).

Анализ структуры внутренних затрат на развитие сельского хозяйства позволяет сделать вывод о том, что они растут по всем позициям. Однако современный этап развития экономики России требует более значительного увеличения расходов в стране на деятельность сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Таблица 1 – Финансирование основных сегментов сельского хозяйства из федерального бюджета (составлено автором по данным [2])

	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Расходы федерального бюджета, млн. руб.	185027,4	212061,0	220317,4	228976,2	234686,5
в том числе:					
на развитие растениеводства	61678,5	75239,7	81801,5	87274,4	90802,9
на развитие животноводства	40033,9	39785,1	37931,9	35157,5	33066,8
на развитие мясного скотоводства	9348,0	10787,5	11649,8	12566,6	13606,6
на развитие овощеводства	7041,0	7715,1	7779,8	7718,9	7784,8
на развитие молочного скотоводства	34316,9	42275,1	45425,5	49333,3	51826,3
на развитие семеноводства	12706,7	14189,4	14211,9	14436,5	14600,0
на поддержку малых форм хозяйствования	15795,9	17911,6	17239,4	18155,2	18609,2
на модернизацию производства	4106,5	4157,5	4277,6	4333,8	4389,9

Таким образом, политика государства в сфере сельского хозяйства должна базироваться на определенных принципах: целенаправленность, гарантированность, приемлемость, выполнение обязательств по международным соглашениям (табл. 2).

Таблица 2 - Принципы проведения государственной политики в области сельского хозяйства (составлено автором по данным [1])

Название	Характеристика
Целенаправленность	Государственная помощь оказывается на прямую сельскохозяйственным товаропроизводителям
Гарантированность	Государство, в соответствии с программами поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей, должно выполнять свои обязательства
Приемлемость	Все формы сельского хозяйства имеют право на оказание им государственной поддержки
Выполнение обязательств по международным соглашениям	Государственная поддержка сельскохозяйственным производителям оказывается с учетом обязательств России по международным соглашениям

Важнейшей целью проведения политики РФ по оказанию поддержки сельскохозяйственной отрасли должно стать создание благоприятных условий для производства продукции и оказание содействия в ее продвижении на рынок.

Для этого необходимо решение следующих задач:

1. Снятие административных барьеров в сельском хозяйстве:

- контролировать реализацию указаний Президента РФ в сфере сельского хозяйства;
- создать систему защиты прав и интересов сельскохозяйственных производителей, предоставление условий безопасности производимой ими продукции;
- совершенствовать систему информационной, консультационной поддержки в данном секторе экономики;
- содействовать интеграции национального сельскохозяйственного продукта на мировой рынок.

2. Планирование показателей развития сельского хозяйства:

- разработать и выполнять программы по развитию сельского хозяйства с учетом экономических, культурных, экологических особенностей местности;
- обеспечить политическую и социальную стабильность, способность смягчения последствий структурных изменений для быстрой адаптации к меняющимся потребностям рынка;
- модернизировать действующее производство, внедрение высокотехнологичных производств с целью повышения эффективности производительности сельскохозяйственной деятельности;
- обеспечить активизацию потребительского спроса, так как низкий уровень спроса приводит к тому, что фермерские хозяйства не имеют средства для расширения мощностей и освоения новых технологий;

В связи, с чем главными направлениями государственной политики в сфере поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей являются:

1. Создание инфраструктуры развития сельскохозяйственных товаропроизводителей.
2. Формирование благоприятных условий использования государственных ресурсов и технологий в производственных целях.
3. Создание упрощенного порядка регистрации сельскохозяйственных товаропроизводителей, а также сертификации их продукции.
4. Содействие внешнеэкономической деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей.
5. Осуществление обучения и повышения квалификации кадров для сельского хозяйства.

На рис. 1 представлена система государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей.

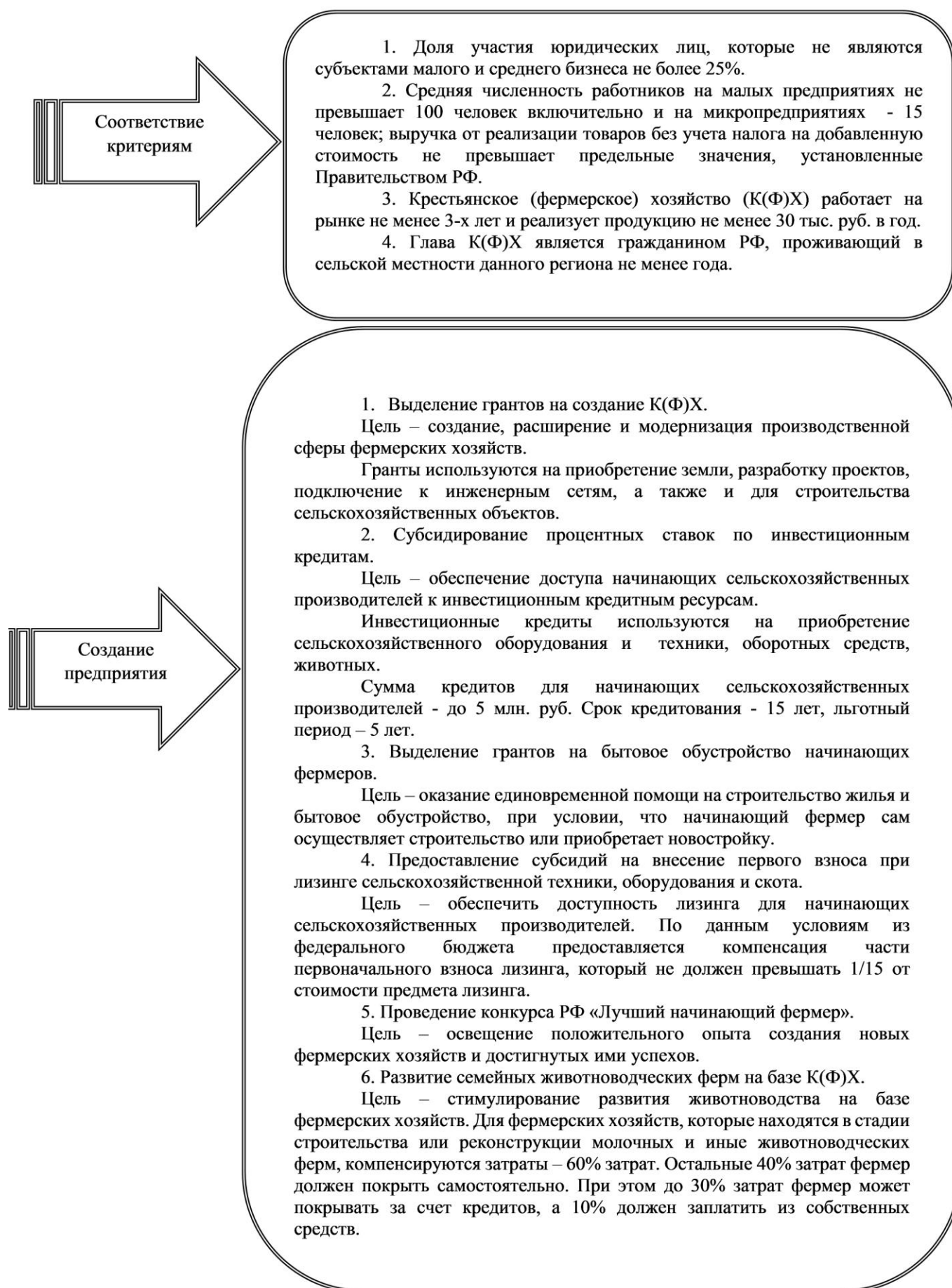
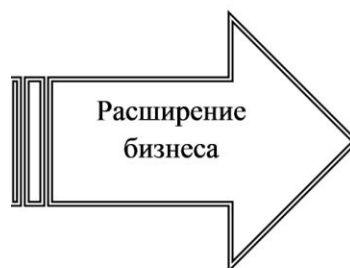


Рис. 1 – Схема государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей
(составлено автором по данным [1], [2])
(окончание на стр. 153)



1. Субсидии на возмещение части затрат по кредитам

Субсидии на возмещение части затрат по кредитам предоставляются в размере 100% ставки рефинансирования ЦБ РФ. Поддержка предоставляется на различные сроки и цели. Максимальный размер кредита – 40 млн. руб. на срок до восьми лет. Однако все зависит от целей кредита и юридической формы предприятия.

2. Предоставление поручительств залогового фонда

В случае недостаточности залогового обеспечения при оформлении кредита в коммерческих банках можно обратиться в специальные гарантийные фонды, которые сегодня функционируют почти во всех субъектах Российской Федерации при Департаментах по поддержке малого и среднего бизнеса.

3. Государственная поддержка сельскохозяйственных потребительских кооперативов, в том числе кредитных

Такая поддержка предусмотрена с целью увеличения объемов производства и реализации продукции членов сельскохозяйственных кооперативов, обеспечения доступа к рынкам сбыта и кредита, повышение уровня занятости и доходов сельского населения.

4. Помощь в оформлении земельных участков в собственность крестьянскими (фермерскими) хозяйствами.

Предусматривается компенсация расходов на проведение кадастровых работ в отношении земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения. Из федерального бюджета предоставляется компенсация порядка 500 руб. на 1 га, что составляет порядка 50 % от общей стоимости, остальные средства, необходимые для проведения кадастровых работ предоставляются из бюджетов субъектов Российской Федерации и их муниципальных образований.

Окончание рис. 1 – Схема государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей
(составлено автором по данным [1], [2])

По итогам 2015 г. сельское хозяйство стало лидирующим сектором экономики по темпам прироста объемов производства – показатель вырос на 3,5 % (рис. 2).

Затраты на закупки продовольствия за рубежом снизились почти в 2 раза и составили 23 млрд. долл.

В 2015 г. по сравнению с 2014 г. производство животноводства и птицеводства на убой возросло на 539 тыс. тонн или 4,2 % и составило 13,4 млн. тонн. Государство увеличило финансовую помощь на развитие сектора растениеводства в размере 29,2 млрд. руб. В рамках действующей нормативной базы данную поддержку получили 79 субъектов хозяйствования РФ [3].

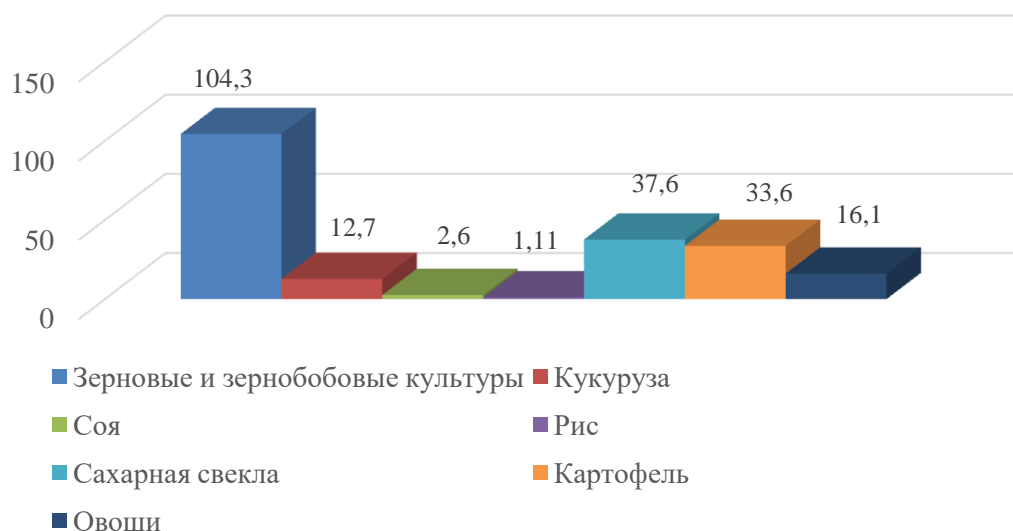


Рис. 2 – Показатели урожайности основных сельскохозяйственных культур за 2015 г. (млн. тонн) (составлено автором по данным [4])

В России большое внимание уделяется развитию малых форм хозяйствования. До 2020 г. более 84 млрд. руб. планируется выделить и направить на поддержку семейным животноводческим хозяйствам и начинающим фермерам. Более 25% предоставляемой всей финансовой помощи на развитие мясомолочной отрасли сельского хозяйства, составляют краткосрочные инвестиционные кредиты, направляемые также и на перерабатывающую отрасль [5, С. 9].

Впервые список получателей государственной поддержки был пополнен предприятиями, которые занимаются переработкой сельскохозяйственной продукции. Такие меры позволят выйти на хорошие положительные результаты снижения импорта по ряду продовольственных показателей, а также производить конкурентоспособную отечественную сельскохозяйственную продукцию.

Несмотря на положительную прогнозную динамику экономических показателей в области государственной поддержки сельскохозяйственной отрасли, нельзя не отметить следующие негативные факторы, которые оказывают давление на сельское хозяйство:

1. Административные барьеры, которые проявляются во множестве проводимых и не регламентированных проверок сельскохозяйственных товаропроизводителей, осуществляемые различными ведомствами, что приводит к применению государственных регулирующих механизмов.

2. Проблема организации сельскохозяйственной деятельности, что снижает качество управления процесса продвижения и использования продукции.

3. Слабое развитие инфраструктуры предоставления интегральной финансовой, материальной, информационной, консультационной и организационно-методической помощи сельскохозяйственным предприятиям, что ограничивает их доступ к новым видам деятельности, уменьшает их долю на мировом рынке товаров и услуг, увеличивает издержки производства, что в свою очередь снижает конкурентоспособность сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Для повышения эффективности развития сельскохозяйственных товаропроизводителей и стимулирования их деятельности автор считает целесообразным руководствоваться следующими рекомендациями:

- обеспечить оптимальные условия для привлекательности сельскохозяйственной отрасли РФ путем создания инфраструктуры, реализующей институциональную, финансовую, кредитную, налоговую и тарифную политики;
- расширить масштабы финансовой поддержки на первых этапах введения деятельности сельскохозяйственного производителя в рамках программ поддержки сельского хозяйства;
- создавать новые и совершенствовать уже существующие правовые, экономические и управленческие механизмы стимулирования вывода конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции на внутренние и внешние рынки;
- обеспечить баланс интересов государства и сельскохозяйственных товаропроизводителей;
- повысить спрос на сельскохозяйственную продукцию и привлечь частных инвесторов к финансированию высокотехнологичных проектов;
- совершенствовать практику налогового администрирования действующих налоговых льгот, которые направлены на стимулирование активности сельскохозяйственных предприятий в рамках снижения налоговой нагрузки;
- подготовить и информационно сопровождать сельскохозяйственных товаропроизводителей, как в текущей деятельности, так и в сфере их внешнеэкономической деятельности в целях повышения использования экспортно-импортного потенциала страны.

Список литературы / References

1. Российская Федерация. Законы. О развитии сельского хозяйства: федер. закон (ред. от 12.02.2015): [принят Гос. Думой 26 декабря 2006 г.: одобр. Советом Федерации 27 декабря 2006 г.] [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64930/ (дата обращения: 18.03.2017).
2. Российская Федерация. Постановления. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы: Постановление

Правительства РФ (ред. от 13.01.2017): [утверждена Постановлением Правительства РФ 14.07.2012 г.] [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_133795/ (дата обращения: 18.03.2017).

3. Компания Deloitte – исследовательский проект развития аграрного бизнеса [Электронный ресурс]. – URL: <http://ru.investinrussia.com/data/files/current-issues-of-agribusiness-in-russia-2015.pdf>. (дата обращения: 18.03.2017).

4. Перспективы развития сельского хозяйства в России в 2016–2018 годы. [Электронный ресурс]. – URL: https://agrovesti.net/novosti_apk/perspektivi_razvitiya_selskogo_chozyaystva_v_rossii_v_2016%E2%80%932018_godi.html. (дата обращения 19.03.2017).

5. Country report: Russian Federation / D. Rylko, D. Khotko, S. Abuzarova, N. Yunosheva, I. Glazunova. - June 2015. - P 50.

6. Russian Federation: Analysis of the Agribusiness Sector in Southern Russia // Report series - №. 13 - January 2009. - P 111.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Rossijskaja Federacija. Zakoni. O razvitii selskogo khozyajstva [Russian Federation. Laws. On the development of agriculture: Feder. the law (ed 12.02.2015): [adopted by State. Duma on December 26, 2006: approve. The Federation Council on December 27, 2006] [Electronic resource]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64930/ (accessed: 18.03.2017). [in Russian]

2. Rossijskaja Federacija. Postanovleniya. Gosydarstvennaya programma razvitiya selskogo khozyajstva i regyirovaniya rynkov sel'skoxozyajstvennoi prodyksii, sirya i prodovol'stviya na 2013-2020 godi [Russian Federation. Regulations. The state program of development of agriculture and regulation of markets of agricultural products, raw materials and food for 2013-2020: RF Government Decree (as amended on 13.01.2017): [approved by the Decree of the Government of the Russian Federation 14.07.2012.] [Electronic resource]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_133795/ (accessed: 18.03.2017). [in Russian]

3. Kompaniya Deloitte – issledovatel'skii proekt razvitiya agrarnogo biznesa [Deloitte – research project: development of agrarian business [Electronic resource]. – URL: <http://ru.investinrussia.com/data/files/current-issues-of-agribusiness-in-russia-2015.pdf>. (accessed: 18.03.2017). [in Russian]

4. Perspektivi razvitiya selskogo khozyajstva v Rossii [Prospects for the development of agriculture in Russia in the years 2016-2018. [Electronic resource]. – URL: https://agrovesti.net/novosti_apk/perspektivi_razvitiya_selskogo_chozyaystva_v_rossii_v_2016%E2%80%932018_godi.html. (accessed: 19.03.2017). [in Russian]

5. Country report: Russian Federation / D. Rylko, D. Khotko, S. Abuzarova, N. Yunosheva, I. Glazunova. - June 2015. - P 50.

6. Russian Federation: Analysis of the Agribusiness Sector in Southern Russia // Report series - №. 13 - January 2009. - P 111.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.159>

Полковникова В.И.¹, Першина Н.С.²

¹ORCID: 0000-0002-4252-4326, Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Пермская государственная сельскохозяйственная академия

²ORCID: 0000-0003-1822-6596, Кандидат сельскохозяйственных наук,
Пермская государственная сельскохозяйственная академия

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОСЕМЕНЕНИЯ ПЧЕЛИНЫХ МАТОК

Аннотация

Проанализирована методика племенной работы на пасеке: бонитировка пчелиных семей, отбор трутней и подбор их пчелиным маткам. Приведены процессы взятия спермы у трутней и искусственного осеменения пчелиных маток. Представлена организационно-экономическая характеристика предприятия. Эффективность метода инструментального осеменения доказана путем расчета затрат на использование этого метода и прибыли от его применения. Выявлено повышение продуктивности пчелиных семей. Результаты исследования инструментального осеменения маток показали, что он является весьма эффективным методом разведения пчел.

Ключевые слова: пчеловодство, матка, трутень, инструментальное осеменение, пчелиная семья.

Polkovnikova V.I.¹, Pershina N.S.²

¹ORCID: 0000-0002-4252-4326, PhD in Agriculture, associate Professor, Perm State Agricultural Academy,

²ORCID: 0000-0003-1822-6596, PhD in Agriculture,
Perm State Agricultural Academy

EFFICIENCY OF INSTRUMENTAL INSEMINATION USE OF BEE QUEENS

Abstract

The article describes the technique of breeding work at an apiary, and namely valuation of bee colonies, selection of male-bees and queens. The process of sperm extraction from male-bees and artificial insemination of bee queens is presented in the paper. Organizational and economic characteristics of the enterprise are provided. The effectiveness of the method of instrumental insemination is proved by calculating the costs of the method and the profit obtained from its use. We indicated an increase in the productivity of bee colonies. The results of the study of instrumental insemination of queens have shown that it is a very effective method of breeding bees.

Keywords: beekeeping, queen, male-bee, instrumental insemination, bee family.

Задача сохранения чистопородности пчел на сегодняшний день является актуальной. Инструментальное осеменение пчелиных маток – самый надежный способ контроля за спариванием. Его преимущество – это точная информация о происхождении родителей [2, С. 251], [4, С. 24-26].

Внедрение в селекционную практику метода искусственного осеменения может открыть большие возможности использования инбридинга в пчеловодстве для консолидации и закрепления выявленных ценных признаков. Этот метод является основным при разведении пород и линий пчел в чистоте, выведении новых линий и типов пчел, скрещивании определенных пород и линий для получения гетерозисных пчел. Матки, полученные таким способом, имеют высокие показатели яйценоскости и качественный расплод, а сроки начала яйцекладки наступают в среднем на 4–5 дней раньше по сравнению с матками естественного спаривания. К тому же оплодотворение осуществляется вне зависимости от погодных условий [1, С. 14], [3, С. 217].

Экономическая эффективность применения метода инструментального осеменения пчелиных маток исследована в 2016 году на пасеке «Медвежья поляна» племенного репродуктора «Парасоль». Была проанализирована методика племенной работы на пасеке: бонитировка пчелиных семей, отбор трутней и подбор их пчелиным маткам. Дана характеристика организационно-экономических условий пасеки за последние 3 года, определена экономическая эффективность метода искусственного оплодотворения маток.

Пасека «Медвежья поляна», расположенная недалеко от города Перми, создана как опытная, предназначенная для производства продуктов пчеловодства, внедрения научно-экспериментальных разработок и для обучения специалистов, в целях развития пчеловодческой отрасли. В 2014 году на пасеке была открыта лаборатория инструментального осеменения маток пчёл. Состав и структура товарной продукции ООО "ПАРАСОЛЬ" представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели производства продукции пчеловодства

Показатель	Год					
	2013		2014		2015	
	С семьи	Всего	С семьи	Всего	С семьи	Всего
Пчелиные семьи, шт.	109		112		120	
Валовой мед, кг	31,3	3411,7	34,7	3886,4	38,6	4632,0
в т.ч. товарный, кг	11,3	1231,7	14,7	1646,4	18,6	2232,0
в т.ч. кормовой, кг	20,0	2180,0	20,0	2240,0	20,0	2400,0
Воск, кг	0,5	54,5	0,5	56,0	0,5	60,0
Прополис, кг	0,1	10,9	0,1	11,2	0,1	12,0
Перга, кг	0,2	21,8	0,4	44,8	0,6	72,0
Пчелопакеты, шт.	-	75	-	68	-	70

Наиболее высокие показатели получения продукции были в 2015 году. Применение техники инструментального осеменения с 2014 года позволило повысить продуктивность семей и их количество. Валовой выход меда увеличился на 474,7 кг в 2014 году и на 745,6 кг в 2015, по сравнению с предыдущим годом.

Затраты на покупку лабораторного оборудования (операционный станок для искусственного осеменения маток пчел, термостат и электрокалорифер, лампа бактерицидная, микроскоп биологический стереоскопический с плавной регулировкой увеличения на специальной платформе, сосуд для анестезии и т.д.), а также обучения персонала технологии искусственного инструментального осеменения маток пчел составили около 300 тыс. рублей. Экономическая эффективность производства продукции пчеловодства представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Экономическая характеристика предприятия

Показатель	Год		
	2013	2014	2015
Площадь пасеки, га	4,0	4,0	4,0
Численность работников, чел.	2	2	2
Количество семей, шт.	109	112	120
Получено товарного меда, кг	1231,7	1646,4	2232,0
Цена реализации меда, руб.	350	400	500
Затраты на производство продукции, тыс. руб.	601,7	838,9	656,5
Выручка, тыс. руб.	886,8	1193,5	1758,8
Прибыль, тыс. руб.	285,1	354,6	1102,3

Увеличение прибыли наблюдается не только из-за ежегодного роста цен реализуемых продуктов, но также и объемов выпускаемой продукции. Благодаря применению технологии инструментального осеменения пчелиных маток в 2015 году хозяйство получило 1102,3 тыс. рублей прибыли, полностью окупив затраты на оборудование лаборатории.

Выбор пчелиных семей для разведения на пасеке начинался с комплексной оценки, включающей определение породности и происхождения, оценку хозяйственных признаков по данным зоотехнического учета, установление класса по совокупности признаков каждой пчелиной семьи.

Комплексная оценка пчелиных семей на пасеке «Медвежья поляна» проводилась осенью по окончании пчеловодного сезона. Бонитировка проходила путем осмотра пчелиных семей и анализа данных производственного учета (журналы пасечного учета, данные о породности и происхождении пчелиных семей, ведомости и акты ревизий, содержащие информацию о состоянии пчелиных семей, их продуктивности, зимостойкости, здоровье).

Породность и происхождение пчелиной семьи устанавливались по записям о происхождении маток и трутней. Семьи, соответствующие требованиям стандарта породы, получали 5 баллов. Зимостойкость оценивалась по 20-балльной шкале по результатам осенней и весенней ревизий. Плодовитость маток определялась по количеству печатного расплода, наиболее продуктивным присваивали 10 баллов. Сумма баллов за медовую и восковую продуктивность пчелиных семей составляла до 50. По 15-балльной шкале оценивался генотип маток пчел. Суммировав баллы за все бонитируемые признаки, пчелиные семьи распределяли по классам.

По результатам бонитировки 83% пчелиных семей получили при оценке более 80 баллов и были отнесены к классу элиты. Семьи, набравшие от 70 до 80 баллов, были отнесены к первому классу, 60–70 баллов – ко второму классу. Пчелиные семьи, получившие оценку менее 60 баллов, были отнесены к неклассным.

Осеменение неплодных маток, выведенных от элитных семей, осуществлялось инструментально спермой трутней из отцовских семей, отнесенных при бонитировке к классу элита или I классу.



Рис. 1 – Отбор спермы трутня

Для отбора спермы трутней в период активного лета залавливали в садок с прилетных досок, а в плохую погоду набирали непосредственно с крайних сотов гнезда, давая им возможность облетаться в лаборатории.левой рукой фиксировали трутня, придерживая пальцами за голову и грудь (рис. 1). Правой рукой собирали сперму в шприц. Т.к. средний объем спермы от одного трутня составлял 1 мм^3 , то для заполнения наконечника отбирали сперму от 6 трутней одной семьи. Процесс отбора спермы проводили под микроскопом при 8-кратном увеличении.

Осеменение маток проводили при достижении ими 6-дневного возраста. Зафиксировав матку в блоке маткодержателя, ее анестезировали углекислым газом (рис. 2). Когда матка засыпала, захватывали жало жалным зажимом, используя вентральный крючок, раскрывали камеру жала, вводили шприц со спермой в половые пути матки, осторожно впрыскивали 6 мм^3 семени под микроскопом при 16-кратном увеличении. После осеменения матку вынимали из маткодержателя, подрезали крылья и метили. Как только она начинала двигаться, помещали в клеточку и возвращали в семью-воспитательницу. Проводили двухкратное осеменение маток и 24-часовым интервалом. На осеменение одной матки затрачивалось в среднем от 10 до 15 минут.



Рис. 2 – Подготовка матки к осеменению

Осемененных маток подсаживали к семьям-воспитательницам и держали в течение одной недели. После инструментального осеменения все матки нормально откладывали оплодотворенные яйца. Их продолжительность жизни не отличались от маток спаривавшихся естественно.

Таким образом, в ходе проведенного исследования выявлено, что в условиях пасеки «Медвежья поляна» применение метода искусственного инструментального осеменения пчелиных маток эффективно. Использование данного способа разведения пчел значительно повысило продуктивность пчелосемей и качество селекционно-племенной работы за счёт получения племенного материала с заданными свойствами.

Список литературы / References

1. Брандорф А.З. Способы получения пчелиных маток и их качество / А.З. Брандорф, И.Н. Рычков // Пчеловодство. – 2010. – № 4. – С. 14.
2. Козин Р.Б. Пчеловодство: Учебник / Р.Б. Козин, Н.И. Кривцов, В.И. Лебедев и др. – СПб.: Лань, 2010. – 448с.
3. Рожков К.А. Медоносная пчела: содержание, кормление и уход: Учебное пособие / К.А. Рожков, С.Н. Хохрин, А.Ф. Кузнецов. – СПб.: Лань, 2014. – 432с.
4. Яранкин В.В. Мой взгляд на инструментальное осеменение пчелиных маток / В.В. Яранкин // Пчеловодство. – 2013. – №10. – С. 24-26.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Brandorf A.Z. Spособы polucheniya pchelinyh matok i ih kachestvo / A.Z. Brandorf, Rychkof I.N. [Methods of obtaining the bee wombs and their quality] // Pchelovodstvo [the bee-keeping]. – 2010. – № 4. – P. 14. [in Russian]
2. Kozin R.B. Pchelovodstvo: Uchebnik [The bee-keeping: the textbook] / R.B. Kozin, N.I. Krivcov, V.I. Lebedev and others. – SPb.: Lan', 2010. – 448p. [in Russian]
3. Rozhkov K.A. Medonosnaja pchela: soderzhanije, kormlenije i uhod: Uchebnoe posobije [The honeybee: keeping, feeding and care: The teaching aid] / K.A. Rozhkov, S.N. Hohrin, A.F. Kuznecov. – SPb.: Lan', 2014. – 432p. [in Russian]
4. Jarankin V.V. Moj vzgljad na instrumental'noje osemenenije pchelinyh matok [My view on the instrument insemination of the bee wombs] / V.V. Jarankin // Pchelovodstvo [the bee-keeping]. – 2013. – №10. – P. 24-26. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.114>

Риянова Э.Э.¹, Кострюкова Н.В.²

¹ORCID: 0000-0003-2954-5525, Магистрант,

ФГБОУ ВО Уфимский государственный авиационный технический университет

²ORCID: 0000-0001-5251-1054, Кандидат химических наук, доцент кафедры «Безопасность производства и промышленная экология», ФГБОУ ВО Уфимский государственный авиационный технический университет

ПОЛУЧЕНИЕ ПЕКТИНА ИЗ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА

Аннотация

Приведены результаты проведения экстракции пектина из свекловичного жома – отхода сахарного производства. Оптимизированы условия проведения экстракции с целью получения наибольшего выхода пектина. Разработана блок-схема получения пектина из свекловичного жома с выходом пектина 21...29%. Производство пектина позволит отказаться от импорта данного продукта из-за рубежа, а также снизить негативное воздействие сахарных заводов на окружающую среду. Разработанная схема является экологически безопасной.

Ключевые слова: свекловичный жом, пектин, экстракция, лимонная кислота, пеллеты.

Riyanova E.E.¹, Kostriukova N.V.²

¹ORCID: 0000-0003-2954-5525, Undergraduate, FSBEI of Higher Education Ufa State Aviation Technical University,

²ORCID: 0000-0001-5251-1054, Ph.d. in Chemistry, Associate Professor of "Safety of Production and Industrial Ecology" Department, FSBEI of Higher Education Ufa State Aviation Technical University

OBTAINING PECTIN FROM BEET PULP

Abstract

The paper contains the results of pectin extraction from beet pulp – the waste of sugar production. The conditions of performing extraction are optimized in order to obtain greater yield of pectin. We have developed the block diagram of obtaining pectin from beet pulp with a pectin yield of 21...29%. Obtaining pectin will allow refusing from import of this product from abroad, as well as reducing negative impact of sugar plants on the environment. The article offers an environmentally safe scheme.

Keywords: beet pulp, pectin, extraction, citric acid, pellets.

Введение

Пектин, являющийся естественным полисахаридом, в последние годы приобретает все большее значение. Учеными и потребителями отмечается польза натурального пектина, благодаря его биоразлагаемости. В течение многих лет он успешно используется в пищевой промышленности в качестве загустителя, гелеобразующего агента и коллоидного стабилизатора. Пектин также обладает уникальными свойствами, которые позволяют использовать его в качестве формы для захвата и/или доставки различных лекарственных веществ, белков и клеток [1].

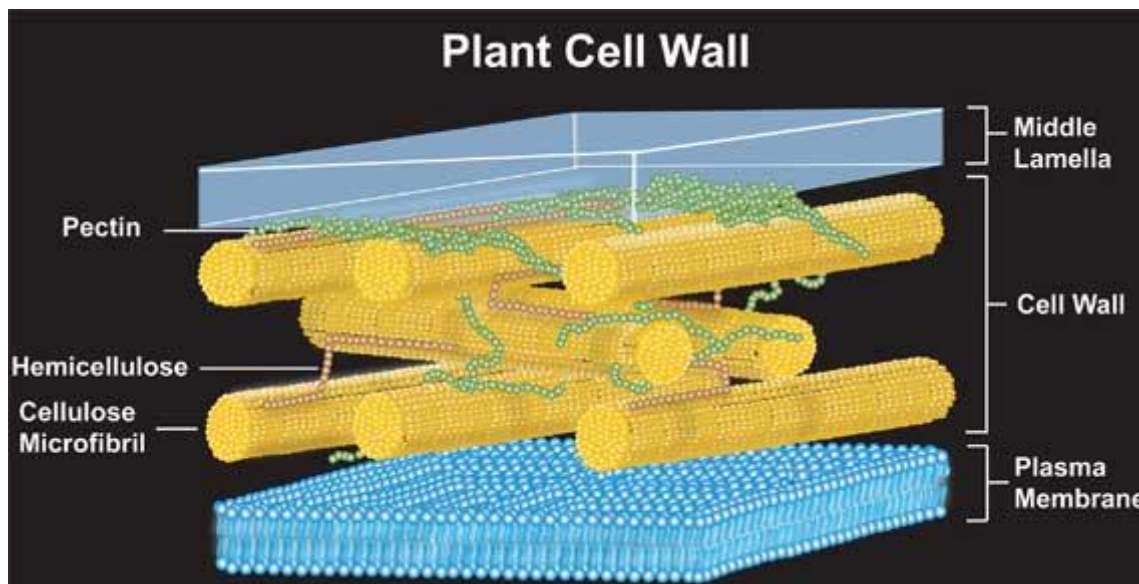


Рис. 1 – Состав клеточной стенки растения [3]

Пектин является сложным гетерополимером, который является составляющим межклеточного вещества клеточной стенки растения (рисунок 1). Они обычно включают в себя сложный метиловый эфир пектина, деэтерифицированные пектиновые кислоты и ее соли, и пектаты. Как и большинство других растительных полисахаридов, пектиновые вещества являются полидисперсными в составе и молекулярном размере, указывающее на то, что они неоднородны в отношении как химической структуры, так и молекулярной массы [2].

В основном, в промышленном масштабе пектины извлекаются из побочных продуктов производства фруктовых соков (яблочные выжимки и кожура citrusовых). Экстракцию проводят в кислых условиях, чтобы получить высокометоксилированные пектины и низкометоксилированные пектины. В пищевой промышленности высокометоксилированные пектины широко используются в качестве гелеобразующих агентов при производстве джемов, мармеладов, желе и кондитерских изделий, тогда как низкометоксилированные пектины часто используются в качестве стабилизаторов в подкисленных молочных напитках, включая кисломолочные продукты и смеси фруктового сока и молока [4].

В Российской Федерации существует значительный спрос на пектин. Однако, в России отсутствует собственное производство пектина с 1992 года. Весь пектин, представленный на российском рынке, является импортным.

Одной из главных причин, тормозивших развитие производства пектина, являлось отсутствие экологически безопасной технологии по комплексной переработке вторичных сырьевых ресурсов. Традиционная технология предусматривает применение химически агрессивных сред, что обуславливает высокие требования по коррозионной стойкости основного технологического оборудования, его взрыво- и пожаробезопасности [5].

В связи с этим, на сегодняшний день возобновление производства пектина на территории Российской Федерации является **актуальной** темой.

Материалы и методы исследования

В рамках научной стажировки в Университете г. Салерно (Италия, Università degli studi di Salerno) в лабораториях Химической и Пищевой Технологии (Ingegneria Chimica e Alimentare) кафедры Промышленной инженерии (Departimento di Ingegneria Industriale DIIN) проведены исследования по определению характеристик свекловичного жома, получению пектина из свекловичного жома и определению характеристик полученного пектина.

Сырой свекловичный жом предоставлен в конце октября 2016 года Сельскохозяйственным кооперативом производителей свеклы (Cooperativa Produttori Bieticoli Cooperativa Agricola – COPROB), расположенным в коммуне Минербио провинции Болонья региона Эмилия-Романья на севере Италии. В работе [6] изложены результаты исследования характеристик предоставленного свекловичного жома.

В ходе исследования оптимизированы условия извлечения пектина, ниже представлен порядок проведения экстракции с наивысшим выходом пектина.

Сырой свекловичный жом высушен при температуре 60°C в течение 16 часов в конвективной сушилке B80FSV/E6L3 Termax Norway, затем измельчен с помощью ножевой мельницы Grindomix GM 300 (размеры частиц <1 мкм, <1мм). Высушенный и измельченный свекловичный жом (0.400...1.000 мм) растворен в лимонной кислоте (20%-ный раствор) в соотношении твердой и жидкой составляющих 1:30. С помощью 20%-ного раствора соляной кислоты HCl достигнуто значение pH = 1.5. Проведена экстракция пектина путем нагревания раствора в термованне FALC в течение 4 часов при 90°C. После охлаждения и дальнейшего фильтрования, к экстракционному раствору добавлен 95%-ный раствор этанола (в соотношении 1:3) для того, чтобы выделить пектин. Далее осуществлено осаждение пектина в центрифуге ALC PK 110, использованный этанол извлечен и отправлен на рекуперацию путем дистилляции. Осажденный пектин высушен при температуре 50°C в течение трех часов в конвективной сушилке B80FSV/E6L3 Termax Norway.

Выход пектина рассчитан по следующей формуле:

$$Y_{\text{пектин}} = m_{\text{высушенный пектин}} / m_{\text{высушенный свекловичный жом}},$$

где $m_{\text{высушенный пектин}}$ – масса полученного высушенного пектина, г;

$m_{\text{высушенный свекловичный жом}}$ – масса использованного для экстракции высушенного свекловичного жома, г.

Результаты и их обсуждение

Проведен литературный обзор исследований по получению пектина из свекловичного жома и других отходов. Отмечено, что наибольший выход пектина с использованием в качестве экстрагента органической кислоты наблюдается при следующих условиях: $\text{pH}=1.0\ldots 2.0$, $t = 80\ldots 90^\circ\text{C}$. В работе проведено четыре экстракции, в ходе которых оптимизированы условия извлечения пектина из свекловичного жома.

После первой экстракции с выходом $2.54\pm 0.05\%$ влажного пектина, отмечена необходимость измельчения свекловичного жома до размеров частиц <400 мкм, а также понижения значения pH с 2.0 до 1.5.

После второй экстракции с выходом $2.64\pm 0.05\%$ высушенного пектина, предложено использовать термованну с целью равномерного процесса нагревания, провести центрифугирование для осаждения пектина после взаимодействия с этанолом, а также использовать свекловичный жом с размером частиц <1 мм.

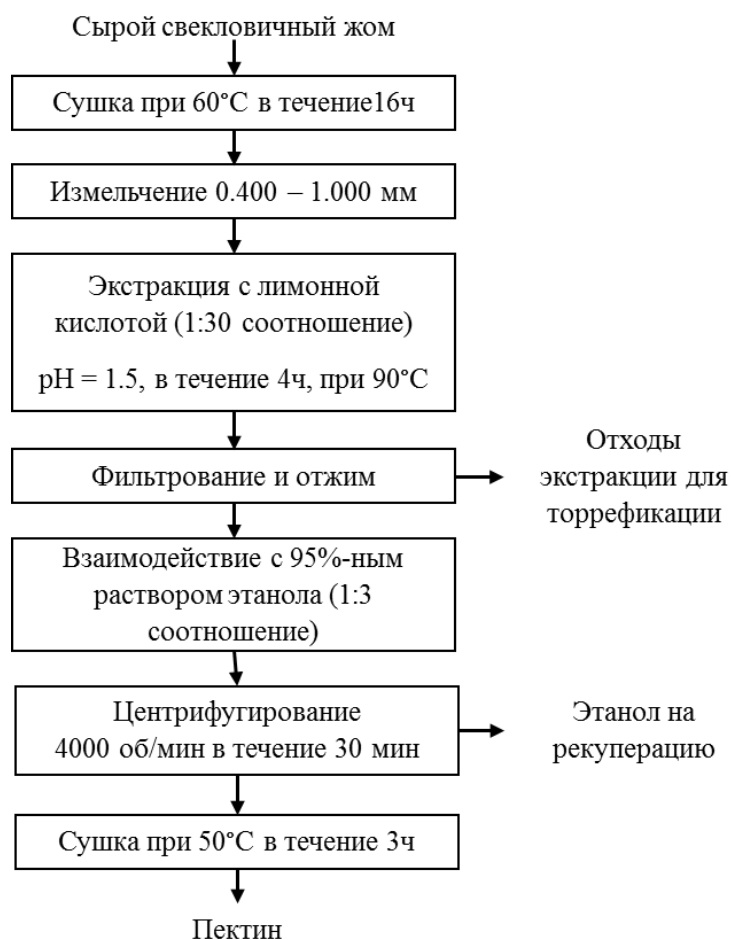


Рис. 2 – Блок-схема разработанного способа получения пектина из свекловичного жома

Выход высушенного пектина в ходе третьей экстракции составил $21.95\pm 0.05\%$. Сделан вывод о том, что условия проведения экстракции являются оптимальными.

Для подтверждения полученных результатов проведена четвертая экстракция при тех же условиях, что и в третьей экстракции, при этом выход высушенного пектина составил $29.72\pm 0.05\%$.

На рисунке 2 представлена блок-схема разработанного способа получения пектина из свекловичного жома, предусматривающий получение высушенного пектина, а также использование отходов от экстракции пектина для получения биотоплива (пеллет). В данном способе этанол подвергается восстановлению путем дистилляции.

Выводы

В данной работе оптимизированы условия экстракции пектина из отхода сахарного производства – свекловичного жома. Разработанный способ получения пектина позволяет получить пектин с выходом, равным $20\ldots 30\%$, что соответствует данным из литературных источников. В работе отмечено, что отходы от экстракции пектина возможно использовать для получения биотоплива (пеллет) путем их торрефикации.

Разработанный способ отличается экологичностью и безотходностью, так как в экстракции использованы отходы сахарного завода, а в качестве экстрагента – слабая и дешевая кислота, которую можно получить из отходов лимонов. Также этанол, который используется для выделения пектина, можно восстанавливать дистилляцией, а отходы от экстракции пектина использовать для получения биотоплива (пеллет).

Список литературы / References

1. Pornsak S. Chemistry of Pectin and Its Pharmaceutical Uses: A Review [Electronic resource]. URL: <http://www.journal.su.ac.th/index.php/suij/article/viewFile/48/48> (Access date: 20.03.2017).
2. Arantzazu V. Natural Pectin Polysaccharides as Edible Coatings / Arantzazu V., Nuria B., Alfonso J. and María Carmen G. // Coatings. – 2015. – №5 (4). – P. 865 – 886.
3. All about fiber [Electronic resource]. URL: <http://www.precisionnutrition.com/all-about-fibre> (Access date: 19.03.2017).
4. Agata Z. Extraction of Green Labeled Pectins and Pectic Oligosaccharides from Plant Byproducts / Agata Z., Marie-Helene B., Hanna K., Johanna B., Jean-Francois T., Estelle B. // Agricultural and food chemistry. – 2008. – №56. – P. 8926 – 8935.
5. Донченко Л. В. Пектин: основные свойства, производство и применение / Л. В. Донченко, Г. Г. Фирсов – М.: ДеЛи принт, 2007. – 276 с.
6. Риянова Э. Э. Физико-химический анализ свекловичного жома / Э. Э. Риянова, Н. В. Кострюкова [Электронный ресурс] // SCI-ARTICLE.RU. 2017. URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1488193767> (Дата обращения: 30.03.2017).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Pornsak S. Chemistry of Pectin and Its Pharmaceutical Uses: A Review [Electronic resource]. URL: <http://www.journal.su.ac.th/index.php/suij/article/viewFile/48/48> (Access date: 20.03.2017).
2. Arantzazu V. Natural Pectin Polysaccharides as Edible Coatings / Arantzazu V., Nuria B., Alfonso J. and María Carmen G. // Coatings. – 2015. – №5 (4). – P. 865 – 886.
3. All about fiber [Electronic resource]. URL: <http://www.precisionnutrition.com/all-about-fibre> (Access date: 19.03.2017).
4. Agata Z. Extraction of Green Labeled Pectins and Pectic Oligosaccharides from Plant Byproducts / Agata Z., Marie-Helene B., Hanna K., Johanna B., Jean-Francois T., Estelle B. // Agricultural and food chemistry. – 2008. – №56. – P. 8926 – 8935.
5. Dochenko L. V. Pectin: osnovnye svoystva, proizvodstvo i primeneniye [Pectin: main properties, production and application] / Donchenko L. V., G. G. Firsov. – Moscow: DeLi print, 2007. – 276 p. [in Russian]
6. Riianova E.E. Fiziko-chimicheskiy analiz sveklovichnogo ghoma [Physic-chemical analysis of sugar beet pulp] / E. E. Riianova, N. V. Kostryukova [Electronic resource] // SCI-ARTICLE.RU. 2017. URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1488193767> (accessed: 30.03.2017).

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.023>Салова Т.Ю.¹, Громова Н.Ю.²¹Доктор технических наук,

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет (ФГБОУ ВО СПбГАУ),

²кандидат технических наук,

Тверской государственный технический университет (ФГБОУ ВО ТвГТУ)

ПОВЫШЕНИЕ БИОЭНЕРГЕТИКИ ПОЧВ РОССИИ

Аннотация

Проведена оценка безопасности техногенных почв Тверского региона в рамках биомониторинга методом биотестирования. Предложена модель рекультивации почв, в основе которой лежат методы биоконверсии техногенных отходов, гумификации почв, биотестирования. Метод биотестирования проводится с использованием наиболее устойчивого теста растения. Эффективные гумифицированные продукты используются для повышения содержания органического вещества почв и продуктивности энергетических растений и снижения материальных и энергетических затрат на рекультивацию почв.

Ключевые слова: почвы, мониторинг, биотестирование, гумификация, рекультивация.

Salova T.Yu.¹, Gromov N.Yu.²¹PhD in Engineering, Saint-Petersburg agrarian University,²PhD in Engineering, Tver state technical University

INCREASING BIOPOWER OF RUSSIAN SOILS

Abstract

The author has estimated the safety of technogenic soils in the Tver region as a part of biomonitoring with the help of biotesting method. A model of soil reclamation is proposed as well, it is based on bioconversion methods of man-made wastes, humification of soils, and biotesting; the biotesting method includes the most stable tests of plants. Effective humified products are used to increase the organic matter content of soils and the productivity of energy plants and to reduce the material and energy costs for soil reclamation.

Keywords: soils, monitoring, biotesting, humification, reclamation.

Производство энергии из возобновляемых источников, включая биомассу, динамично развивается в большинстве европейских стран. Значительное внимание в мире уделяется проблеме переработки биомассы с целью получения биотоплива с использованием биоэнергетического сырья (высокопродуктивных неприхотливых к выращиванию растений). Выращивание таких культур (многолетние травы, рапс, соя, подсолнечник, кукуруза,

мискантус, свитчграс, ива, тополь и другие) зависит от типа почв, местонахождения участка и доступа к влаге, вида ландшафта и его плодородия. Энергетические растения используются в системах (Швеции и Дании) отопления комбинированного производства тепловой и электрической энергии.

Почвы являются универсальным регулятором состояния стабильности природных экосистем, качество которых оценивается ее плодородием, индексом биологического разнообразия, продуктивностью растений.

Антропогенная деятельность приводит к интенсивному накоплению токсичных отходов в поверхностном слое почвы, где происходит постепенное их депонирование, что в свою очередь, приводит к изменению химических и физико-химических свойств почвенно-биотического комплекса, к изменению видового разнообразия, гибель или угнетению наиболее чувствительных видов, нарушению миграции подвижных элементов питания, угнетению (изреженности) растительного покрова.

Оценку безопасности функционирования техногенных систем во многих странах (Германии, Франции, Великобритании, Канаде, США, Японии и других) проводят методом биотестирования. При длительном воздействии токсичных веществ, живые организмы испытывая стресс, суммируют все без исключения биологически важные изменения. Выявить начало снижения защитных функций живых организмов бывает чрезвычайно трудно.

Возобновление органического вещества почв в естественных биоценозах за счет эффективных гумифицированных продуктов позволит ускорить процесс гумификации, повысить продуктивность энергетических растений и снизить материальные и энергетические затраты на гумификацию почв [1, С. 32].

Биотестирование природных и техногенных почв Твери проводили в соответствии с Международным стандартом ИСО 11269-2 с помощью тест растений, типичных для данного региона и оценка миграции основных биогенных элементов (азота) методом меченых атомов.

В качестве объектов исследования использовали следующие варианты почв Тверского региона: строительный песок (контроль 1), почвы известного состава (ТУ 0391-030-57302407-05) (контроль 2), техногенные почвы неизвестного состава: санитарно-защитные зоны ТЭЦ-1 (зона 3), Механического завода (зона 4), природные дерново-подзолистые почвы. Основные агрохимические показатели контроля 2 $pH = 5,5-6,5$, содержание азота - 300-550 мг/кг, фосфора (P_2O_5) - 300-550 мг/кг, калия (K_2O) - 450-850 мг/кг. Биотесты почв – семена растений ячменя, кресс – салата.

При мониторинге почв Тверского региона интегральную оценку изменений в почвенно-биотическом комплексе природных и техногенных систем проводили методом биотестирования (Рис. 1).

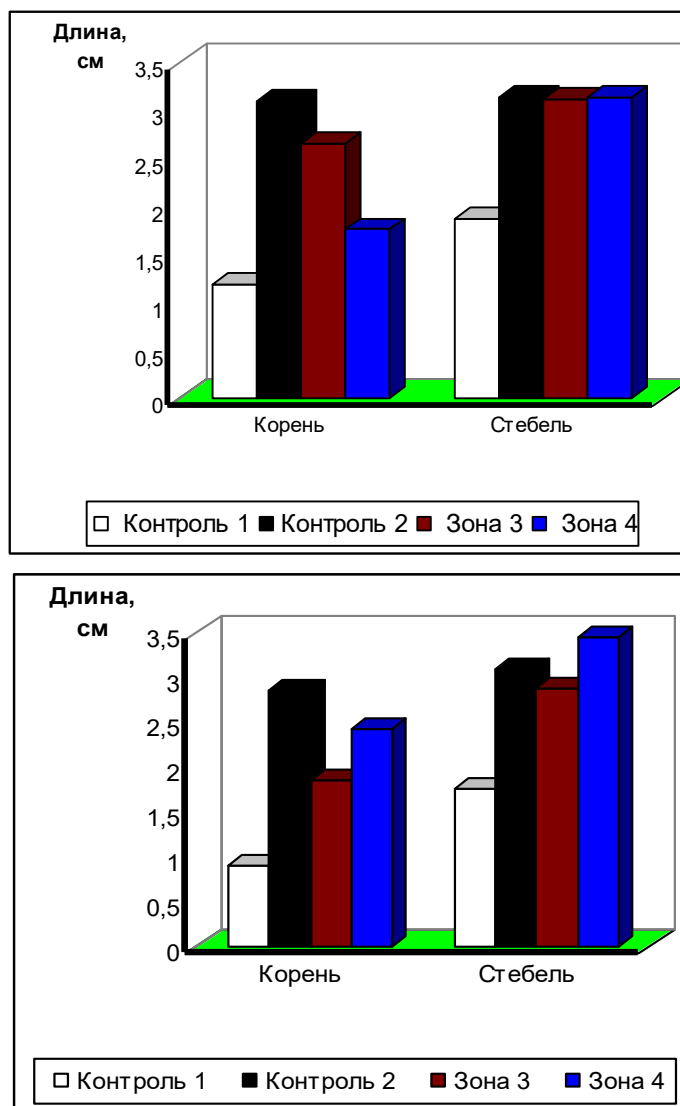


Рис. 1 – Изменение длины корней и стеблей салата при поливе: а – дистиллированной, б– водопроводной водой

В контрольных субстратах развитие корневой системы и надземной вегетативной массы салата при поливе дистиллированной и водопроводной водой происходит равномерно (Рис. 1 а, б). Длина корней и стеблей в контроле 2 в два раза больше, чем в контроле 1, что связано с присутствием как минеральной, так и органической составляющей почвы. В техногенных зонах 3 и 4 при поливе дистиллированной водой рост корней замедляется \approx в 1,5 раза, а стеблей не изменяется. При этом замедление роста корней в зоне 4 больше, чем в зоне 3 (Рис. 1а). При поливе водопроводной водой длина корне в зоне 4 увеличивается, а в зоне 3 уменьшается. Длина стеблей изменяется незначительно (Рис. 1б). Присутствие минеральных солей в воде стимулирует рост корней и тем самым снижает негативное действие техногенной зоны 4. При поливе водой из реки Тьмака наблюдается уменьшение длины корневой системы ячменя. На рост корней и стеблей салата смена водопроводной воды на речную воду не оказывает влияния.

В связи с тем, что влияние антропогенного фактора не одинаково на рост корней и стеблей тест растений в работе было изучено влияние типа воды на степень прироста (Рис. 2 а, б).

Анализируя данные, представленные на рисунке 2 а можно заметить, что степень прироста салата во всех зонах меньше, чем в контрольных субстратах и уменьшается в ряду при поливе речной водой: Зона 3 > зона 4 > зона 1. Таким образом, при биотестировании техногенных зон г. Твери в данной работе выявлено, что наибольшую опасность для здоровья людей представляют зоны, расположенные вблизи тепловых электростанций (ТЭЦ-3 или ТЭЦ -1). Наиболее загрязнена река Тверца в устье р. Волга, что согласуется с санитарно-токсикологическими показателями качества.

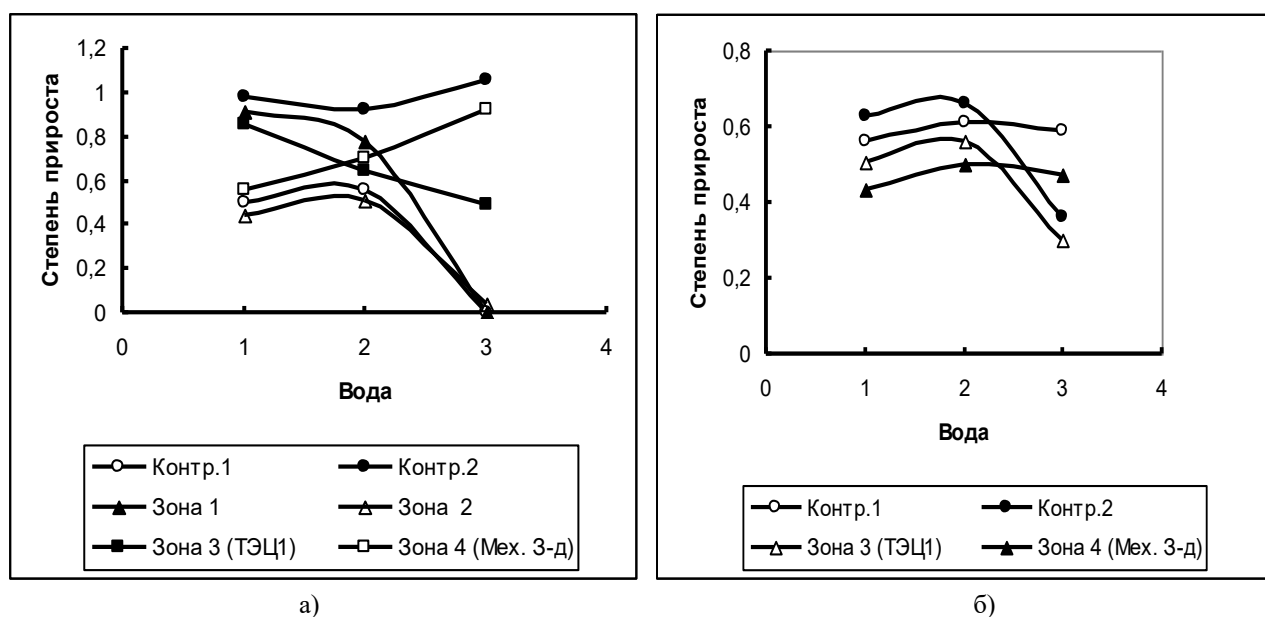


Рис. 2. Изменение степени прироста тест растений а) салата, б) ячменя при поливе водой: 1 – дистиллированной, 2 – водопроводной, 3 – речной.

Для повышения качества техногенных почв используют травянистые растения семейства бобовых. По результатам исследований были выбраны наиболее опасные почвы (санитарно-защитных зон ТЭЦ-3, ТЭЦ-1, экскаваторного завода, механического завода) для формирования стабильного фитоценоза.

Биологический этап рекультивации этих почв предложено проводить с помощью гумифицированной почвы, полученной анаэробной ферментацией эффективными микроорганизмами целлюлозо-лигнинных отходов (ЭМ-технологии) [2, С. 233].

Для получения гумифицированного продукта по инновационной технологии (ЭМ-технологии) использовали сообщество эффективных микроорганизмов, которые содержатся в биологически активном препарате «Тамир», и целлюлозо-лигнинные отходы: пищевые отходы, промышленные (опилки), сельскохозяйственные (солома ячменя).

Препарат «Тамир» разработан на основе японского аналога ЭМ Waste Treatment и предназначен для ускоренной утилизации бытовых и сельскохозяйственных отходов (остатков пищи, ботвы, сорных растений), а также для восстановления дренажа, устранения неприятных запахов [3, С. 270]. Основным преимуществом анаэробной ферментативной переработки целлюлозо-лигнинных отходов от других систем утилизации является минимальная затрата энергии на процесс ферментации и производство дополнительной энергии в виде биогаза. Установка получения гумифицированных продуктов занимает небольшую площадь и, благодаря герметичности ферментаторов, в атмосферный воздух не выделяются токсичные выбросы. Для перемешивания субстрата при ферментации используется гидравлическая система, система подачи биомассы в реактор в зависимости от влажности гумифицированного продукта осуществляется при помощи насосов (при 85 - 98 %-й влажности) или шнекового устройства (при 75 - 80 %-й влажности). Получаемый биогаз – побочный продукт производства, собирается во внешних газгольдерах и используется в виде топлива на технологические нужды (подогрев воды в теплообменнике), что позволяет снизить долю энергетических затрат в себестоимости готовой продукции. В основе методологии количественной оценки факторов риска лежат принципы безопасного и стабильного функционирования экосистем путем регулярных наблюдений (мониторинга биосферы или техносферы) в пространстве и времени по приоритетным стандартным показателям безопасности [4].

По проведенным результатам исследования предложена модель рекультивации почв, в основе которой лежат методы биоконверсии техногенных отходов, гумификации почв, биотестирования.

1. Оценку безопасности функционирования техногенных систем целесообразно проводить методом биотестирования с использованием наиболее устойчивого тест растения, затем провести подготовку техногенной почвы к посеву тест культур внесением гумификатора.

2. Внесение гумифицированной почвы в техногенную почву ускоряет корнеобразование, всхожесть, цветение, плодоношение. Эффективность действия гумификатора почв оценивается приростом урожая тест культур. Процесс рекультивации заканчивается формированием стабильного фитоценоза.

Список литературы / References

1. Салова Т.М. Основная обработка почвы и урожай / Т.М. Салова, Ю.С. Адомяко // Земледелие. - 1985. - №7. - С. 31-32.
2. Громова Н.Ю., Салова Т.Ю. Техногенные системы и экологический риск / Н.Ю. Громова, Т.Ю. Салова // Санкт-Петербург: Политехнический университет. - 2011. - 305 с.
3. Громова Н.Ю. Влияние гумифицированного продукта на рост и развитие тест растений в техногенных системах / Н.Ю. Громова // Энергетический вестник Санкт-Петербургского аграрного университета. - Санкт-Петербург. - 2010. - С. 259-272.
4. Способ получения гумифицированной почвы / Салова Т.Ю., Громова Н.Ю., Громова Е.А. // Бюллетень изобретений и полезных моделей. - 2014. - № 6. - Пат. РФ № 2508281.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Salova T.M. Osnovnaya obrabotka pochvy i urozhay [Basic Soil Cultivation and Harvest] / T.M. Salova, Yu.S. Adomyako // Zemledeliye [Agriculture] - 1985. - No 7. - P. 31-32. [in Russian]
2. Gromova N.Yu., Salova T.Yu. Tekhnogennye sistemy i ekologicheskiy risk [Technogenic Systems and Environmental Risk] / N.Yu. Gromova, T.Yu. Salova // St. Petersburg: Polytechnic University. - 2011. - 305 p. [in Russian]
3. Gromova N.Yu. Vliyaniye gumifitsirovannogo produkta na rost i razvitiye test rasteniy v tekhnogennykh sistemakh [Influence of Humified Product on Growth and Development of Test Plants in Technogenic Systems] / N.Yu. Gromova // Energeticheskiy vestnik Sankt-Peterburgskogo agrarnogo universiteta [Energetic Bulletin of the St. Petersburg Agrarian University] - St. Petersburg. - 2010. - P. 259-272. [in Russian]
4. Sposob polucheniya gumifitsirovannoy pochvy [Method for Obtaining Humified Soils] / Salova T.Yu., Gromova N.Yu., Gromova E.A. // Bulletin izobreteniy i poleznykh modeley [Bulletin of Inventions and Utility Models]. - 2014. - No. 6. - Pat. No. 2508281. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.136>

Шеуджен А.Х.¹, Гуторова О.А.², Хурум Х.Д.³, Лебедовский И.А.⁴, Осипов И.А.⁵, Есипенко С.В.⁶

¹Академик РАН, доктор биологических наук, профессор, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина; ²кандидат биологических наук, Всероссийский научно-исследовательский институт риса,

³доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, ^{4,5,6}кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина

ФИЗИЧЕСКИЕ, ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

Аннотация

В статье рассматриваются физические, водно-физические и физико-химические свойства чернозема выщелоченного, используемого в 11-польном зерно-травяно-пропашном севообороте. Установлено, что для формирования высокопродуктивного биоценоза почва обладает благоприятными физическими (плотность сложения 1,30 г/см³, плотность твердой фазы 2,67 г/см³, общая пористость 51,9 %, пористость аэрации 27,8 %) и водно-физическими (полная влагоемкость 34,0 %, наименьшая влагоемкость 29,8 %, максимальная гигроскопичность 9,49 %, влажность завядания 14,2 %, диапазон активной влаги 15,6 %) свойствами. Почва имеет неплохие запасы гумуса в толще А+В, равные 468,2 т/га, а также большую сумму поглощенных оснований в горизонте А_{пах} – 42,8 мг.-экв./100 г с преобладанием в почвенно-поглощающем комплексе катиона Са²⁺, высокую намагниченность пахотного слоя $\chi = 1,045 \times 10^{-3}$ ед. СИ и хорошо обеспечена оксидами кремния, алюминия и железа.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, гранулометрический состав почвы, плотность почвы, пористость почвы, гумус, магнитная восприимчивость.

Sheudzhen A.Kh.¹, Gutorova O.A.², Hurum H.D.³, Lebedovskiy I.A.⁴, Osipov M.A.⁵, Yesipenko S.V.⁶

¹Academician of Russian Academy of Science, PhD in Biology, professor, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, ²PhD in Biology, All-Russian Rice Research Institute, ³PhD in Agriculture, professor,

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, ^{5,6,7}PhD in Agriculture, associate professor,

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin

PHYSICAL, HYDROPHYSICAL, PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF LEACHED CHERNOZEM

Abstract

The physical, hydrophysical, physical and chemical properties of leached chernozem, used in 11-field grain-grass-tilled crop rotation, are considered in the paper. It is found that in order to form the highly productive biocenosis, the soil has favorable physical (bulk density – 1.30 g/cm³, solid phase density – 2.67 g/cm³, total porosity – 51.9%, aeration porosity – 27.8%) and hydrophysical (total moisture capacity – 34.0%, lowest moisture capacity – 29.8%, maximum hygroscopicity – 9.49%, wilting moisture – 14.2%, active moisture range 15.6%) properties. The soil has good reserves of humus in the depth of A + B, equal to 468.2 tonnes/hectare, as well as a large amount of absorbed bases in the horizon A_{cult} - 42.8 mg-eq/100 g, with

predominance in the soil-absorbing complex of the Ca^{2+} cation, high magnetization of top soil $\chi=1,045 \times 10^{-3}$ units. SI and is well provided with oxides of silicon, aluminum and iron.

Keywords: leached chernozem, soil texture, soil density, soil porosity, humus, magnetic susceptibility.

Почва – самостоятельное естественно-историческое органо-минеральное природное тело, возникшее на поверхности Земли в результате длительного воздействия абиотических, биотических и антропогенных факторов, состоящее из твердых минеральных органических частиц, воды, воздуха и имеющее специфические генетико-морфологические признаки, свойства, создающие для роста и развития растений соответствующие условия. Почва характеризуется гранулометрическим, минералогическим и химическим составом, сложением, структурой и порозностью [1].

К важнейшим свойствам почвы, определяющим её плодородие относятся физические, водно-физико-химические свойства и биологическая активность [2]. Как показали результаты многочисленных исследований, проведенными разными авторами, характеристики и свойства почвы изменяются в процессе агрогенеза [3], [4], [5], [6], [7]. Для оценки состояния свойств почвы необходимо проводить мониторинговые исследования. В связи с этим на опытном поле кафедры Кубанского государственного аграрного университета им. И.Т. Трубилина (КубГАУ), расположенного в учебном хозяйстве "Кубань" г. Краснодара, с 1981 г. проводится длительный полевой опыт агроэкологического мониторинга. Основной целью этого эксперимента является оценка свойств почвы, продуктивности севооборота и эколого-экономическое обоснование системы применения минеральных удобрений в 11-польном зерно-травяно-пропашном севообороте.

Методика исследований. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный слабогумусный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках, характеризующийся низким содержанием гумуса (3,24 %), средним – фосфора подвижного (120 мг/кг) и высоким – калия подвижного (150 мг/кг) [3]. На участке был заложен полнопрофильный почвенный разрез (45°3'50.74", N и 38°51'19.61", E). Почвенные образцы отбирали из каждого почвенно-генетического горизонта. В них определяли: наименьшую влагоемкость (НВ) – методом Качинского; максимальную гигроскопичность (МГ) – по методу Николаевой при насыщении почвы сернокислым калием; влажность завядания (ВЗ) – расчетным методом с применением коэффициента 1,5 от МГ; диапазон активной влаги (ДАВ) – расчетным методом по разнице НВ-ВЗ; полную влагоемкость (ПВ) – расчетным методом по общей пористости; плотность сложения – методом Качинского; плотность твердой фазы – пикнометрическим методом; общую пористость и пористость аэрации – расчетным методом; гранулометрический состав – методом пипетки с обработкой почвы пиррофосфатом натрия; общий гумус – по Тюрину со спектрофотометрическим окончанием; запасы гумуса – расчетным методом; $\text{pH}_{\text{вод}}$ – потенциометрическим методом; обменные катионы (Ca^{2+} и Mg^{2+}) – комплексонометрическим методом; валовой состав – методом кислотного разложения почвы с атомно-абсорбционным окончанием [8], [9], [10]. Магнитную восприимчивость (МВ, χ) почвы измеряли капаметром КМ-7 (Чехия).

Результаты и их обсуждение. Профиль чернозема выщелоченного хорошо дифференцирован на почвенно-генетические горизонты постепенно сменяющих друг друга: $A_{\text{пах}}$ – A – AB_1 – AB_2 – B – C . Для профиля свойственна однородная темно-серая окраска с буроватым оттенком, начинающаяся с горизонта AB_1 . Чернозем выщелоченный при достаточно небольшом содержании органических веществ имеет сверхмощную толщу гумусового слоя ($A+AB=148$ см). Профиль почвы промыт от карбонатов кальция вплоть до горизонта C и имеет средне уплотненное сложение. Подробное морфологическое описание чернозема выщелоченного приведено в ранее опубликованной работе [11].

В гранулометрическом составе чернозема выщелоченного фракция физической глины (< 0,01 мм) в пахотном горизонте составляет 61,2 %. В составе фракций преобладают частицы пыли (57,1 %) и ила (38,4 %). По соотношению сумм фракций чернозем выщелоченный относится к иловато-пылевой легкоглинистой разновидности (табл. 1).

В пределах почвенного профиля гранулометрический состав не однороден. В нижней части профиля, начиная с горизонта AB_2 вплоть до почвообразующей породы, легкоглинистый гранулометрический состав сменяется на тяжелосуглинистый. Это происходит в результате уменьшения фракций ила и увеличения пылевых и песчаных частиц.

Таблица 1 – Гранулометрический состав чернозема выщелоченного

Горизонт	Содержание фракций в % от абсолютно сухой почвы (размер частиц в мм)						Сумма фракций		
	1,0-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	< 0,01	0,05-0,001	1,0-0,05
$A_{\text{пах}}$	–	4,5	34,3	10,8	12,0	38,4	61,2	57,1	4,5
A	–	4,6	34,4	10,5	12,4	38,1	61,0	53,3	4,6
AB_1	0,1	4,6	34,6	9,7	13,1	37,9	60,7	57,4	4,7
AB_2	0,1	4,7	36,2	8,4	13,6	37,0	59,0	58,2	4,8
B	0,3	5,3	36,9	8,5	14,8	34,2	57,5	60,2	5,6
C	0,4	6,0	36,2	8,8	15,3	33,3	57,4	60,3	6,4

Гранулометрический состав почвы во многом определяет физические, и водно-физические свойства. Чернозем выщелоченный обладает благоприятными для роста и развития растений физическими показателями (табл. 2).

Таблица 2 – Физические свойства чернозема выщелоченного

Горизонт	Глубина горизонта, см	Плотность сложения, г/см ³	Плотность твердой фазы, г/см ³	Общая пористость, %	Пористость аэрации, %
A _{пах}	0-25	1,30	2,67	51,9	27,8
A	26-62	1,35	2,70	50,0	25,3
AB ₁	63-109	1,39	2,72	48,9	23,4
AB ₂	110-148	1,45	2,73	46,8	20,3
B	149-177	1,47	2,74	46,3	20,2
C	> 177	1,47	2,74	46,3	20,0

Плотность почвы пахотного горизонта составляет 1,30 г/см³ и увеличивается с глубиной до 1,45-1,47 г/см³. Наименьшая плотность твердой фазы характерна для пахотного горизонта (2,67 г/см³), обогащенного гумусом и полуразложившимися растительными остатками. Вниз по почвенному профилю плотность твердой фазы постепенно увеличивается до 2,74 г/см³. Почва характеризуется высокой общей пористостью, колеблющейся от 51,9 в горизонте A_{пах} до 46,3 % в почвообразующей породе. Достаточно высока и пористость аэрации (воздухообеспеченность), варьирующая в пределах профиля от 27,2 до 20,0 %. Такие показатели свидетельствуют о хорошей оструктуренности чернозема выщелоченного. Эти изменения коррелируют с содержанием гумуса в различных горизонтах почвы.

Чернозем выщелоченный в пахотном слое имеет достаточно высокую полную (34,0 %) и наименьшую (29,8 %) влагоемкости, максимальная гигроскопичность невысокая – 9,49 %, влажность устойчивого завядания растений также сравнительно небольшая – 14,2 %, а диапазон активной влаги равен 15,6 % (табл. 3).

Таблица 3 – Водно-физические свойства чернозема выщелоченного, %

Горизонт	Глубина горизонта, см	МГ	ПВ	ВЗ	НВ	ДАВ
A _{пах}	0-25	9,49	34,0	14,2	29,8	15,6
A	26-62	8,85	31,4	13,3	27,0	13,7
AB ₁	63-109	8,73	29,4	13,1	26,4	13,3
AB ₂	110-148	8,66	26,6	13,0	25,9	12,9
B	149-177	8,60	26,1	12,9	25,6	12,7
C	> 177	8,51	26,1	12,8	23,8	11,0

Примечание: МГ – максимальная гигроскопичность; ПВ – полная влагоемкость, ВЗ – влажность завядания, НВ – наименьшая влагоемкость, ДАВ – диапазон активной влаги

Анализ водно-физических свойств чернозема показал характерную для почв черноземного ряда [2] дифференциацию по горизонтам. Наиболее благоприятными для роста и развития растений водно-физическими свойствами характеризуется пахотный горизонт. С глубиной профиля и увеличением плотности сложения почвы значения показателей, характеризующих её водно-физические свойства, заметно снижаются. Такой характер изменения их связан с уменьшением к низу содержания в почве гумуса [12].

Гранулометрический состав во многом определяет не только водно-физические, но и физико-химические свойства почвы. Наиболее заметно это проявляется в отношении почвенного поглощающего комплекса (ППК). Это подтверждается и полученными нами данными на черноземе выщелоченном (табл. 4).

Таблица 4 – Физико-химические свойства и запас гумуса чернозема выщелоченного

Горизонт	Глубина, см	рН _{вод.} , ед.	Поглощенные катионы, мг.-экв./100 г почвы			Гумус, %	Запас гумуса, т/га		
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	сумма		по горизонтам	в слое A+B	в слое 0-200 см
A _{пах}	0-25	6,5	31,2	11,6	42,8	3,2	104,0		
A	26-62	6,6	31,0	11,7	42,7	2,7	131,2		
AB ₁	63-109	6,7	31,4	10,9	42,3	1,9	121,5		
AB ₂	110-148	7,0	31,3	10,3	41,6	1,5	82,7		
B	149-177	7,7	26,2	9,0	35,2	0,7	28,8	468,2	
C	> 177	8,0	23,5	7,4	30,9	0,4	13,5		481,7

Наибольшее содержание суммы поглощенных оснований отмечено в пахотном и подпахотном горизонтах почвы. С глубиной почвенного профиля их количество заметно уменьшается, что связано, прежде всего, со снижением содержания гумуса и илистых частиц в составе гранулометрических фракций. В ППК преобладает катион кальция, количество которого почти в 3 раза превышает содержание обменного магния. Соотношение двухвалентных катионов Ca²⁺: Mg²⁺ изменяется в пределах почвенного профиля от 2,7 в пахотном слое до 3,2 в горизонте C. Реакция среды пахотного горизонта слабокислая, которая с глубиной профиля переходит в нейтральную и достигает в почвообразующей породе щелочных значений.

Чернозем выщелоченный слабогумусный: в горизонте $A_{\text{пах}}$ гумуса содержится 3,2 %. В тоже время гумус, при постепенном уменьшении вниз по профилю, проникает на значительную глубину почвы. В иллювиальном горизонте **В** его содержание составляет 0,7 %. При этом гумусовые затеки обнаруживаются и в почвообразующей породе. Расчет валового запаса гумуса чернозема выщелоченного показал, что в системе горизонтов **A+B** его содержится 468,2 т/га, в 2-х метровом слое почвы – 481,7 т/га.

Все компоненты почв обладают определенной магнитной активностью, одной из характеристик которой является магнитная восприимчивость (χ), отражающая образование сильномагнитных минералов железа в хорошо оструктуренной и аэрированной почве и может служить дополнительным критерием, характеризующим водно-воздушные и структурные свойства почвы [13].

Магнитная восприимчивость верхних горизонтов автоморфных почв всегда выше магнитной восприимчивости материнских пород, а в гидроморфных почвах чаще наоборот [13]. При этом автоморфные почвы обладают значительно большей магнитной восприимчивостью, чем гидроморфные почвы [13], [14].

Чернозем выщелоченный обладает достаточно высокой магнитной восприимчивостью, колеблющейся в пределах от 1,045 в пахотном горизонте до $0,797 \times 10^{-3}$ ед. СИ в почвообразующей породе. Почва имеет аккумулятивный характер магнитного профиля: с глубиной значения магнитной восприимчивости постепенно уменьшаются. В верхнем аэрируемом слое формируются сильномагнитные минералы железа, поэтому пахотный горизонт обладает наибольшей намагниченностью (рис. 1).

Таким образом, магнитная восприимчивость чернозема выщелоченного наибольшая в горизонте аккумуляции гумуса, что безусловно характеризует процессы гумусообразования.

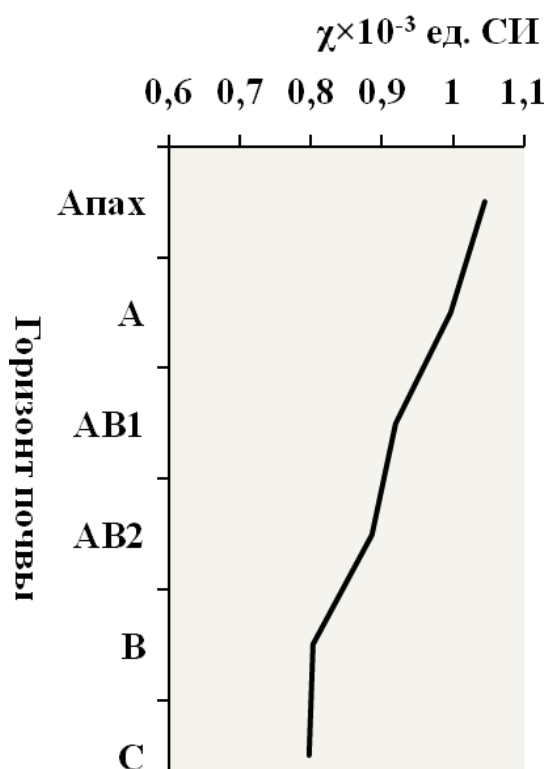


Рис. 1 – Изменение магнитной восприимчивости (χ) по профилю чернозема выщелоченного

Валовой состав минеральной части почвы выражен в виде процентного содержания оксидов макро- и микроэлементов на прокаленную бескарбонатную навеску (табл. 5). Эти данные отражают характер преобразования почвообразующей породы и дифференциацию почвенного профиля по химическому составу в процессе почвообразования. Чернозем выщелоченный формируется под влиянием литосферы, атмосферы, гидросферы и живых организмов и, в той или иной степени, наследует их химический состав, в тоже время приобретая их индивидуальные особенности.

Большая глинистость чернозема выщелоченного обуславливает образование в нем значительных количеств оксидов кремния, алюминия и железа. В пахотном слое почвы в убывающем порядке располагаются оксиды калия, магния, кальция, натрия, титана, фосфора, марганца и серы. Доля других химических элементов в прокаленной бескарбонатной почве не превышает 0,5 %. При продвижении вниз по профилю почвы содержание оксидов кремния, железа, кальция, магния и натрия увеличивается, а алюминия, калия, титана, фосфора, марганца и серы – уменьшается. Разное содержание химических элементов связано с различием в составе исходной почвообразующей породы, а также с трансформацией и миграцией в процессе почвообразования.

Таблица 5 – Валовой химический состав чернозема выщелоченного, % на прокаленную и бескарбонатную почву

Горизонт	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SO ₃
A _{пах}	64,67	18,10	6,90	2,73	2,10	2,41	1,38	0,80	0,22	0,10	0,11
A	64,68	18,06	7,03	2,71	2,22	2,42	1,42	0,76	0,20	0,10	0,10
AB ₁	64,70	18,01	7,11	2,69	2,30	2,44	1,46	0,70	0,19	0,09	0,08
AB ₂	64,72	17,68	7,26	2,63	2,54	2,50	1,51	0,60	0,18	0,09	0,07
B	64,75	17,30	7,32	2,60	2,77	2,53	1,60	0,56	0,17	0,08	0,05
C	64,78	17,25	7,38	2,50	2,81	2,54	1,63	0,52	0,15	0,06	0,04

Выводы. Чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках хорошо дифференцирован на почвенно-генетические горизонты: A_{пах}–A–AB₁–AB₂–B–C. По гранулометрическому составу почва пылевато-иловатая легкоглинистая. Для формирования высокопродуктивного биоценоза почва обладает благоприятными физическими (плотность сложения 1,30 г/см³, плотность твердой фазы 2,67 г/см³, общая пористость 51,9 %, пористость аэрации 27,8 %) и водно-физическими (ПВ=34,0 %, НВ=29,8 %; МГ=9,49 %; ВЗ=14,2 %, ДАВ=15,6 %) свойствами. Почва имеет достаточно большие запасы гумуса в толще A+B, равные 468,2 т/га; сумму поглощенных оснований в горизонте A_{пах} – 42,8 мг.-экв./100 г с преобладанием в ППК катиона Ca²⁺; высокую намагниченность в пахотном слое $\chi=1,045 \times 10^{-3}$ ед. СИ и хорошо обеспечена оксидами кремния, алюминия и железа.

Список литературы / References

1. Шеуджен А.Х. Агрохимия. Часть 4. Фундаментальная агрохимия / А.Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 529с.
2. Куприченко М.Т. Почвы Ставрополя / М.Т. Куприченко. –Ставрополь: Ставропольская краевая типография, 2005. – 424 с.
3. Шеуджен А.Х. Агрохимия чернозема / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: Полиграф-Юг, 2015. – 232 с.
4. Кумахов В.И. Почвы Кабардино-Балкарской республики / В.И. Кумахов. – Нальчик: Изд-во М. и Котляровых, 2015. – 244 с.
5. Вальков В.Ф. Почвоведение (почвы Северного Кавказа) / В.Ф. Вальков, Ю.А. Штомпель, В.И. Тюльпанов. – Краснодар: Изд-во «Советская Кубань», 2002. – 300 с.
6. Ковда В.А. Почвы Прикаспийской низменности / В.А. Ковда. – Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – 255 с.
7. Белов Н.П. Почвы Мурманской области / Н.П. Белов, А.В. Барановская. – Л.: Наука, 1969. – 148 с.
8. Агрохимические методы исследования почв / Под ред. А.В. Соколова. – М.: Изд-во Наука, 1975. – 656 с.
9. Теория и практика химического анализа почв / Под ред. Л.А. Воробьевой. – М.: ГЕОС, 2006. – 400 с.
10. Практикум по почвоведению / Под ред. И.С. Кауричева. – 3-е изд., перераб. и допол. – М.: Колос, 1980. – 272 с.
11. Шеуджен А.Х. Микрофлора чернозема выщелоченного при длительном применении минеральных удобрений / А.Х. Шеуджен, С.А. Кольцов, О.А. Гуторова, И.А. Лебедевский, Л.М. Онищенко, М.А. Осипов, С.В. Есипенко // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 02 (56) – С. 89-94.
12. Долгов С.И. Исследование подвижности почвенной влаги и её доступности для растений // С.И. Долгов. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. – 207 с.
13. Вадюнина А.Ф. Магнитная восприимчивость некоторых почв СССР / А.Ф. Вадюнина, В.Ф. Бабанин // Почвоведение, 1972. – № 10. – С. 55-66.
14. Шеуджен А.Х. Морфологические особенности и изменение магнитной восприимчивости почв рисового агроценоза и богары / А.Х. Шеуджен, О.А. Гуторова, Т.А. Зубкова, Штуц Р.В., Кашиц В.П., Максименко Е.П., Филипенко А.С., Минаев Н.С. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 9-3 (51). – С. 133-137.

Список литературы латинскими символами / References in English

1. Sheudzhen A.H. Agrohimija. Chast' 4. Fundamental'naja agrohimija [Agrochemistry. Part 4. Fundamental agrochemistry] / A.H. Sheudzhen. – Krasnodar: KubGAU [Kuban State Agrarian University], 2016. – 529 p. [in Russian]
2. Kuprichenkov M.T. Pochvy Stavropol'ja [Soil of the Stavropol Territory] / M.T. Kuprichenkov. –Stavropol': Stavropol'skaja kraevaja tipografija [Stavropol Regional Printing House], 2005. – 424 p. [in Russian]
3. Sheudzhen A.H. Agrohimija chernozema [Agrochemistry of chernozem] / A.H. Sheudzhen. – Majkop: Poligraf-Jug, 2015. – 232 p. [in Russian]
4. Kumahov V.I. Pochvy Kabardino-Balkarskoj respubliki [Soil of the Kabardino-Balkarian Republic] / V.I. Kumahov. – Nal'chik: Izd-vo M. i Kotljarovyh, 2015. – 244 p. [in Russian]
5. Val'kov V.F. Pochvovedenie (pochvy Severnogo Kavkaza) [Soil science (soils of the North Caucasus)] / V.F. Val'kov, Ju.A. Shtompel', V.I. Tjul'panov. – Krasnodar: Izd-vo «Sovetskaja Kuban'», 2002. – 300 s. [in Russian]
6. Kovda V.A. Pochvy Prikaspijskoj nizmennosti [Soils of the Caspian lowland] / V.A. Kovda. – L.: Izd-vo AN SSSR, 1950. – 255 p. [in Russian]
7. Belov N.P. Pochvy Murmanskoj oblasti [Soil of the Murmansk region] / N.P. Belov, A.V. Baranovskaja. – L.: Nauka, 1969. – 148 p. [in Russian]
8. Agrohimicheskie metody issledovanija pochv [Agrochemical methods of soil investigation] / Pod red. A.V. Sokolova. – M.: Izd-vo Nauka, 1975. – 656 p. [in Russian]
9. Teorija i praktika himicheskogo analiza pochv [Theory and practice of chemical soil analysis] / Pod red. L.A. Vorob'evoj. – M.: GEOS, 2006. – 400 p. [in Russian]

10. Praktikum po pochvovedeniju [Workshop on soil science] / Pod red. I.S. Kauricheva. – 3-e izd., pererab. i dopol. – M.: Kolos, 1980. – 272 p. [in Russian]
11. Sheudzhen A.H. Mikroflora chernozema vyshhelochennogo pri dlitel'nom primenenii mineral'nyh udobrenij [Microflora of chernozem leached during prolonged use of mineral fertilizers] / A.H. Sheudzhen, S.A. Kol'cov, O.A. Gutorova, I.A. Lebedovskij, L.M. Onishhenko, M.A. Osipov, S.V. Esipenko // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Scientific and Research Journal]. – 2016. – № 02 (56) – P. 89-94. [in Russian]
12. Dolgov S.I. Issledovanie podvizhnosti pochvennoj vlagi i ejo dostupnosti dlja rastenij [Study of the mobility of soil moisture and its accessibility to plants] // S.I. Dolgov. – M.-L.: Izd-vo AN SSSR, 1948. – 207 p. [in Russian]
13. Vadjunina A.F. Magnitnaja vospriimchivost' nekotoryh pochv SSSR [Magnetic susceptibility of some soils of the USSR] / A.F. Vadjunina, V.F. Babanin // Pochvovedenie [Soil Science], 1972. – № 10. – P. 55-66. [in Russian]
14. Sheudzhen A.H. Morfologicheskie osobennosti i izmenenie magnitnoj vospriimchivosti pochv risovogo agrocenoza i bogary [Morphological features and changes in the magnetic susceptibility of soils of rice agrocenosis and bogara] / A.H. Sheudzhen, O.A. Gutorova, T.A. Zubkova, Shtuc R.V., Kashhi V.P., Maksimenko E.P., Filipenko A.S., Minaev N.S. // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Scientific and Research Journal]. – 2016. – № 9-3 (51). – P. 133-137. [in Russian]