

**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

**№ 01 (55) 2017
Часть 2
Январь**

Подписано в печать 25.01.2017.
Тираж 900 экз.
Заказ 26171.
Отпечатано с готового оригинал-макета.
Отпечатано в типографии ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ",
623701, г. Березовский, ул. Театральная, дом № 1, оф. 88.

Сборник по результатам LVIII 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: **ПН № ФС 77 – 51217**.

Члены редколлегии:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY

АДАПТАЦИОННЫЕ РЕАКЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА.....	6
К ВОПРОСУ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕЛЕНЫМ ФОНДОМ ГОРОДА.....	8
ПРОБЛЕМЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ СТАРТОВЫХ ЖИВЫХ КОРМОВ ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРЫ	13
ОПТИМИЗАЦИЯ ФЕРМЕНТАЦИОННОЙ СРЕДЫ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ШТАММА <i>AMYCOLATOPSIS ORIENTALIS</i> VKM Ac-2717D – ПРОДУЦЕНТА АНТИБИОТИКА ЭРЕМОМИЦИНА	16
ВЛИЯНИЯ БЕТА – АГОНИСТА КЛЕНБУТЕРОЛА НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН И МАССУ КУР	21

ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ / VETERINARY SCIENCE

ДИНАМИКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ ЖИВОТНЫХ, ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ КОТОРЫХ ПО РАЗНЫМ ПОКАЗАНИЯМ ПРИМЕНЯЛИ ПРЕПАРАТ НИАЦИД-ПРЕМИКС	24
ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ИОНИЗИРОВАННОГО СЕРЕБРА НА БИОПЛЕНКООБРАЗОВАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ	27

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOGRAPHY

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРА ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА РЕГИОНА ЗАПАДНОЕ ПРЕДКАМЬЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН	29
--	----

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOLOGY AND MINERALOGY

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ АПТ-АЛЬБ-СЕНОМАНСКОГО КОМПЛЕКСА КАМЕННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ	38
ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЮПЕЛЬСКО-ХАТТСКОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	41
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ТИПИЗАЦИЯ ГРУНТОВ ГОРОДА ХАНОЙ	43
МАКРОКОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НИЖНЕЮРСКОГО ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ТАЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ	50
ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ СЛОИСТОСТИ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД ЧЕРНОГОМОРЯ ПОЗДНЕЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДСТВ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ.....	53

НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ ЗАТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПО ЦИФРОВОЙ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ	58
ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ДЕФОРМАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ	60
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИБОРТОВОГО РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ БОРТОВ КАРЬЕРОВ	64
ПРОГНОЗ ТРАЕКТОРИЙ ДРЕЙФА ПЛАВАЮЩИХ ОБЪЕКТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ.....	68
ОПЕРАТИВНОЕ ПОДЗЕМНОЕ ХРАНИЛИЩЕ ГЕЛИЙСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА	72
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ОХРАНЯЕМЫХ ОБЪЕКТОВ С УЧЕТОМ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗЛОМОВ.....	78

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

ОБ ОДНОМ ЧАСТНОМ РЕШЕНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЗАДАЧИ ГИПЕРЗВУКОВОГО ОБТЕКАНИЯ ТОНКОГО КРЫЛА ПЕРЕМЕННОЙ ФОРМЫ.....	82
О СКОРОСТИ ГРАВИТАЦИИ.....	87
СПОСОБ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЙ ВЕЩЕСТВА	90
О НЕКОТОРЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО УСТАНОВЛЕННЫХ ЭФФЕКТАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ	93
О КОРРЕКТНОСТИ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРЫ $\{u, \sigma\}$, В СЛУЧАЕ ПРОСТОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЙ	95

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY

СИНТЕЗ НОВЫХ СЕЛЕНОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПИРОКАТЕХИНА И СЕЛЕНА	104
--	------------

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES

ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ АДГЕЗИИ ГРУНТОВ К РАБОЧИМ ОРГАНАМ МАШИН.....	107
DIETARY FIBERS AND AVENINS IN GRAIN OF THE NEWLY BRED NAKED OAT CULTIVARS	111
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕБИОТИКА КОРМОМИКС-МОС В РАЦИОНАХ ТЕЛЯТ МОЛОЧНОГО ПЕРИОДА ВЫРАЩИВАНИЯ	117
НАСЛЕДУЕМОСТЬ РЕПРОДУКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПОРОДЫ ЙОРКШИР.....	119
ПОДБОР ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПО ПРИЗНАКАМ КОРОТКОСТЕБЕЛЬНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ К ПОЛЕГАНИЮ.....	123
ВЛИЯНИЕ КУЛЬТУРАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СЕМЯН КОРНЕПЛОДОВ.....	127
ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ВОЗВРАЩЕНИЯ В ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБОРОТ ТЕРРИТОРИЙ, ВРЕМЕННО ВЫВЕДЕННЫХ ИЗ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧАЭС	130

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.004

Дерюгина А.В.¹, Таламанова М.Н.², Хламова Ю.Н.³, Куваева С.С.⁴, Шабалин М.А.⁵, Ошевенский Л.В.⁶, Цветков А.И.⁷, Глявин М.Ю.⁸¹ORCID: 0000-0001-8812-8559, Доктор биологических наук, Доцент,²ORCID: 0000-0003-0512-6940, Кандидат биологических наук, ^{3,4}Студент,⁵Ведущий инженер, ⁶Кандидат биологических наук, Доцент,

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,

⁷Кандидат технических наук, ⁸Доктор физико-математических наук, Доцент,

Федеральный исследовательский центр «Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН)

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №15-44-02358 p_поволжье_a***АДАПТАЦИОННЫЕ РЕАКЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА****Аннотация**

Исследовано действие электромагнитного излучения терагерцового диапазона на частоте 263 ГГц при плотности мощности излучения 0,1 – 0,5 мВт/см², 0,01 – 0,05 мВт/см², 0,001 – 0,005 мВт/см² в импульсном режиме на эритроциты крови крыс в экспериментах in vitro. Проведено изучение электрофоретической подвижности эритроцитов (ЭФПЭ) методом микроэлектрофореза и концентрации в них АТФ неэнзимотическим методом. Показано, что при плотности мощности 0,1 - 0,5 мВт/см² наблюдалось увеличение концентрации АТФ и ЭФПЭ. Уменьшение плотности мощности излучения приводило к нивелированию выявленных эффектов.

Ключевые слова: терагерцовое излучение, эритроциты.Deryugina A.V.¹, Talamanova M.N.², Hlamova Ju.N.³, Kuvaeva S.S.⁴, Shabalin M.A.⁵, Oshevenski L.V.⁶, Cvetkov A.I.⁷, Glyavin M.Yu.⁸¹ORCID: 0000-0001-8812-8559, PhD in Biology, Associate professor, ²ORCID: 0000-0003-0512-6940, PhD in Biology,^{3,4}Student, ⁵Engineer, ⁶PhD in Biology, Associate professor,

National Research Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod,

⁷PhD in Engineering, ⁸PhD in Physics and Mathematics, Associate professor,

Federal state budgetary institution of science Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences (IAP RAS)

*This work was supported by grant RFBR №15-44-02358 r_povolzhe_a***THE ADAPTIVE RESPONSE OF ERYTHROCYTES UNDER THE ACTION OF ELECTROMAGNETIC RADIATION IN THE TERAHERTZ RANGE****Abstract**

Studied the effect of electromagnetic radiation in the terahertz frequency of 263 GHz at a power density of radiation of 0.1 - 0.5 mW / cm², 0.01 - 0.05 mW/cm², 0.001 - 0.005 mW/cm² in pulsed mode on erythrocytes of rats in the experiments in vitro. The electrophoretic mobility of erythrocytes (EPME) was investigated by microelectrophoresis and the concentration of ATP in erythrocytes was investigated by neenzimotichesky method. It is shown that at a power density of 0.1 - 0.5 mW/cm² was observed increase of the concentration of ATP and EPME. Reducing radiation power density resulted in a leveling of the identified effects.

Keywords: terahertz radiation, erythrocytes.

В патогенезе многих заболеваний значимым процессом является расстройство гемодинамики, особенно явно проявляющееся на уровне микроциркуляторного русла. При ухудшении микроциркуляции ткани испытывают гипоксию, что приводит к усугублению патологического процесса. В современной клинической практике применяют различные медикаментозные препараты, обладающие антигипоксическим действием, однако их использование не всегда эффективно. Поэтому на сегодняшний день актуальным является поиск методов и средств воздействия уменьшающих ишемию органов и тканей, что позволит адаптировать организм и окажет благотворный эффект на последующее течение заболевания. Одним из таких методов может явиться электромагнитное излучение терагерцового диапазона частот (ЭМИ ТГц). Накоплено большое количество данных свидетельствующих о влиянии терагерцовых волн на систему крови, и, в частности, на микроциркуляцию. Выявлено восстановление нарушенной вязкости крови у животных, находящихся в состоянии острого иммобилизационного стресса [1, С.61], установлена нормализация внутрисосудистого компонента микроциркуляции под влиянием терагерцовых волн на частотах молекулярных спектрах излучения и поглощения оксида азота 150,176 – 150,664 ГГц у крыс-самцов в состоянии острого и длительного иммобилизационного стресса [2, С.586], установлена нормализация нарушенных вязкостных свойств цельной крови, агрегационной способности и деформируемости эритроцитов больных нестабильной стенокардией [3, С.36]. Данный фактический материал диктует необходимость исследования механизмов действия ЭМИ ТГц на микрореологические показатели крови. На микроциркуляцию и реологию крови существенное влияние оказывают эритроциты. Эритроциты, обладающие отрицательным поверхностным зарядом, не агрегируют между собой в сосудистом русле. Уменьшение отрицательного заряда приводит к повышению агрегации эритроцитов, нарушает текучесть крови, способствует замедлению кровотока в капиллярах, что может явиться причиной стаза крови. Поверхностный заряд клеток определяется структурой мембран и непосредственно связан с физико-химическими превращениями, происходящими на клетках.

Целью работы ставилось исследование действия ЭМИ ТГц-диапазона на функциональные характеристики эритроцитов. Поскольку точкой приложения ТГц-излучения, могут быть как структуры мембраны, так и процессы метаболизма в работе был проведен анализ изменения концентрации аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ),

характеризующей интенсивность метаболических процессов и электрофоретической подвижности эритроцитов (ЭФПЭ), являющейся функцией клеточных мембран и зависящей от ее структуры.

В работе проводили исследование действие различных режимов ЭМИ ТГц-излучения в экспериментах *in vitro*. В качестве объекта исследования использовали кровь белых крыс. Облучение крови крыс проводили дозированным по мощности излучением, источником которого служил автоматизированный микроволновый комплекс на базе гиротрона с рабочей частотой 263 ГГц, разработанный и изготовленный ИПФ РАН-ЗАО НПП ГИКОН [4, Р.054705]. Проводили импульсный режим генерации ТГц длительностью 200 мс сериями по 300 импульсов со скажностью $\frac{1}{2}$, таким образом, что суммарное время облучения составляло 1 мин. при плотности потока мощности излучения: в первой серии 0,1 – 0,5 мВт/см², во второй серии – 0,01– 0,05 мВт/см², в третьей серии – 0,001– 0,005 мВт/см². При исследовании действия каждого режима воздействия был проведен анализ 10 проб. Контролем служили образцы, находящиеся в тех же условиях, только без воздействия ЭМИ. Измерение электрофоретической подвижности эритроцитов (ЭФПЭ) осуществляли методом микроэлектрофореза [5, С.1298]. Содержание АТФ в суспензии отмытых эритроцитов исследовали неэнзиматическим методом, определяя неорганический фосфор в гидролизатах эритроцитов [6, С.39]. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием Т-критерия Стьюдента.

Проведенное исследование показало, что действие импульсного режима ЭМИ ТГц при плотности мощности излучения 0,1 – 0,5 мВт/см² определило увеличение концентрации АТФ более чем в 2 раза по сравнению с показателями контрольной группы. Снижение плотности мощности излучения (0,01 – 0,05 мВт/см²) не вызывало значимых изменений, тогда как уменьшение плотности мощности до 0,001 – 0,005 мВт/см² определило уменьшение АТФ до 50% от значений контроля. Исследование ЭФПЭ, характеризующую поверхностный заряд эритроцитов, выявило следующую направленность изменения данного показателя: при плотности мощности излучения 0,1 – 0,5 мВт/см² и 0,01 – 0,05 мВт/см² ЭФПЭ увеличивалась на 15-20% от значений контроля, при плотности мощности до 0,001 – 0,005 мВт/см² имела тенденцию к уменьшению показателя. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют об увеличении АТФ и ЭФПЭ при плотности мощности 0,1 – 0,5 мВт/см² и снижении исследуемых показателей при уменьшении плотности мощности ЭМИ ТГц-диапазона. Анализируя полученные реакции можно говорить, что АТФ служит донором фосфата для протеинкиназных реакций, осуществляющих фосфорилирование мембранных белков. В эритроцитах выявлено наличие различных протеинкиназ: цАМФ-зависимая протеинкиназа, цАМФ-независимая протеинкиназа, кальцийзависимая протеинкиназа, протеинкиназа С. Большинство белков цитоскелета являются фосфопротеинами, контроль за которыми обеспечивается через изменение уровня фосфорилирования белковых компонентов. В эритроцитарной мембране в наибольшей степени фосфорилированы молекулы белков полос 3, 4.1, 4.9, спектрина, анкирина [7, Р.235], [8, Р.1766]. Результатом увеличения уровня фосфорилирования белковых компонентов служит уменьшение сродства между их молекулами, что вызывает перестройку молекулярной архитектуры поверхности эритроцита. Учитывая, что белок полосы 3 является основным сialogликопротеином мембраны и на 60-90% определяет отрицательный поверхностный заряд эритроцитов, можно полагать, что перераспределение поверхностного отрицательного заряда эритроцитов связано с модификацией как интегральных белков, так и белков цитоскелета при изменении концентрации АТФ. Кроме того, варьирование внутриэритроцитарного содержания АТФ не изменяет упорядоченности фосфолипидов в мембране, но их подвижность максимальна при высоких концентрациях АТФ [9, Р.363]. Липидные молекулы, являясь важными структурными и функциональными компонентами мембраны эритроцита, регулируют подвижность и активность внутримембранных белков, что так же будет оказывать влияние на характер липидно-белковых взаимодействий в мембране эритроцита. Следовательно, одним из возможных молекулярных механизмов увеличения ЭФПЭ при действии терагерцовых волн является изменение метаболизма, опосредующее рост концентрации АТФ. В свою очередь, увеличение ЭФПЭ при действии терагерцовых волн может уменьшать агрегационные показатели эритроцитов, что существенно улучшает микроциркуляцию крови, и, соответственно, повысит адаптационные возможности организма.

Таким образом, повышение ЭФПЭ и концентрации АТФ при действии ЭМИ ТГц диапазона плотностью потока мощности излучения 0,1 – 0,5 мВт/см² можно рассматривать как механизм, обеспечивающий улучшение микроциркуляции и гемодинамики, повышающих общую неспецифическую резистентность организма.

Список литературы / References

1. Киричук В.Ф. Сравнительная эффективность различных режимов облучения волнами терагерцового диапазона на восстановление реологических свойств крови при стресс-реакции у белых крыс / В.Ф. Киричук, О.Н. Антипова, Е.В. Андронов и др. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2009. – № 6. – С. 55–62.
2. Киричук В.Ф. Изменения активности гликопротеидных рецепторов эритроцитов у белых крыс в состоянии стресса и их коррекция терагерцовыми волнами на частоте оксида азота / В.Ф. Киричук, С.В. Свистунов, Е.В. Андронов и др. // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2011. – Т.7, №3. – С. 583-587.
3. Киричук В.Ф. Влияние терагерцовых волн на частоте оксида азота, находящихся в скрещенных магнитном и электрическом полях, на реологические свойства крови больных нестабильной стенокардией / В.Ф. Киричук, Е.В. Андронов, Н.В. Мамонтова и др. // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2005. – № 3. – С. 34–38.
4. Glyavin M.Y. Experimental tests of 263 GHz gyrotron for spectroscopy applications and diagnostic of various media / Glyavin M.Y., Chirkov A.V., Denisov and others // Rev. Sci. Instr. – 2015. – V 86, № 5. – P. 054705. doi: 10.1063/1.4921322
5. Крылов В.Н. Электрофоретическая подвижность и активность Na,K-АТФазы эритроцитов у крыс при стрессе / В.Н. Крылов, А.В. Дерюгина, А.И. Константинова // Росс. физиол. журнал им. И.М. Сеченова. – 2014. – Т.100, №11. – С. 1297-1302.
6. Крылов В.Н. Содержание АТФ и 2,3 ДФГ в эритроцитах при консервации и воздействии озона / В.Н. Крылов, А.В. Дерюгина, И.С. Симутис и др. // Биомедицина. – 2014. – №2. – С.37-43
7. Daleke D.L. Regulation of transbilayer plasma membrane phospholipid asymmetry / D.L. Daleke. // J.Lipid Research. – 2003. – V.44. – P.233-242.

8. Eder P. Phosphorylation reduces the affinity of protein 4.1 for spectrin / P Eder, C Soong, M Nao // Biochemistry. – 1986. – V.25, №7. – P.1764-1770.

9. Mosior M. The effect of ATP on the order and the mobility of lipids in bovine erythrocyte membrane / M Mosior, A Mikotazak, J Gomutkiewicz // Biochim. et biophys. acta biomembranes. – 1990. – V.1022, №3. – P.361-364.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kirichuk V.F. Sravnitel'naja jeffektivnost' razlichnyh rezhimov obluchenija volnami teragercevoogo diapazona na vosstanovlenie reologicheskikh svojstv krovi pri stress-reakcii u belyh kryss [Comparative effectiveness of different radiation wave terahertz regime to restore the rheological properties of blood in stress-response of white rats] / V.F. Kirichuk, O.N. Antipova, E.V. Andronov and others // Biomedicinskaja radioelektronika [Biomedical Radioelectronics]. – 2009. – № 6. – P. 55–62. [in Russian]

2. Kirichuk V.F. Izmenenija aktivnosti glikoproteidnyh receptorov jeritocitov u belyh kryss v sostojanii stressa i ih korekcija teragercovymi volnami na chastote oksida azota [Changes in the activity of glycoprotein receptor of red blood cells in white rats under stress and their correction terahertz waves at a frequency of nitric oxide] / V.F. Kirichuk, S.V. Svistunov, E.V. Andronov and others // Saratovskij nauchno-medicinskij zhurnal [Saratov Journal of Medical Scientific Research]. – 2011. – V.7, №3. – P. 583-587. [in Russian]

3. Kirichuk V.F. Vlijanie teragercovykh voln na chastote oksida azota, nahodjashhihsja v skreshhennykh magnitnom i jelektricheskom poljah, na reologicheskie svojstva krovi bol'nyh nestabil'noj stenokardiej [Influence of terahertz waves at frequency of nitric oxide, which is in crossed magnetic and electric fields on the rheological properties of blood in patients with unstable angina] / V.F. Kirichuk, E.V. Andronov, N.V. Mamontova and others // Biomedicinskie tehnologii i radioelektronika [Biomedical technology and radioelectronics]. – 2005. – № 3. – P. 34–38. [in Russian]

4. Glyavin M.Y. Experimental tests of 263 GHz gyrotron for spectroscopy applications and diagnostic of various media / Glyavin M.Y., Chirkov A.V., Denisov and others // Rev. Sci. Instr. – 2015. – V 86, № 5. – P. 054705.

5. Krylov V.N. Jelektroforeticheskaja podvizhnost' i aktivnost' Na,K-ATFazy jeritocitov u kryss pri stresse [Electrophoretic mobility and activity of Na, K-ATPase in rats under stress] / V.N. Krylov, A.V. Derjugina, A.I. Konstantinova // Ross. fiziol. zhurnal im. I.M. Sechenova [Sechenov Physiology Journal]. – 2014. – V.100, №11. – P. 1297-1302. [in Russian]

6. Krylov V.N. Soderzhanie ATF i 2,3 DFG v jeritocitah pri konservacii i vozdejstvii ozona [The ATF and 2,3 DFG in erythrocytes in preservation and ozone] / V.N. Krylov, A.V. Derjugina, I.S. Simutis and others // Biomedicina [Biomedicine]. – 2014. – №2. – P.37-43. [in Russian]

7. Daleke D.L. Regulation of transbilayer plasma membrane phospholipid asymmetry / D.L. Daleke. // J.Lipid Research. – 2003. – V.44. – P.233-242.

8. Eder P. Phosphorylation reduces the affinity of protein 4.1 for spectrin / P Eder, C Soong, M Nao // Biochemistry. – 1986. – V.25, №7. – P.1764-1770.

9. Mosior M. The effect of ATP on the order and the mobility of lipids in bovine erythrocyte membrane / M Mosior, A Mikotazak, J Gomutkiewicz // Biochim. et biophys. acta biomembranes. – 1990. – V.1022, №3. – P.361-364.

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.051

Ковальчук А.Г.¹, Соколов Р.А.², Бухарина И.Л.³, Ведерников К.Е.⁴

^{1,2}Магистр, ³доктор биологических наук, ⁴кандидат биологических наук,

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»

К ВОПРОСУ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕЛЕНЫМ ФОНДОМ ГОРОДА

Аннотация

Озелененные территории – неотъемлемая часть городской инфраструктуры. В настоящее время зеленый фонд городов, включая Ижевск, находится в кризисном состоянии: большой возраст насаждений, отсутствие плановых инвентаризаций, проблемы ухода за насаждениями и ряд других. Наиболее остро стоит проблема эффективного управления зеленым фондом города. Анализ правовой и организационной сторон решения проблем управления и организации зеленого фонда города на примере МО "Город Ижевск" представлены в данной статье.

Ключевые слова: зеленый фонд, категории городских насаждений, инвентаризация, таксация, состояние насаждений.

Kovalchuk A.G.¹, Sokolov R.A.², Bukharina I.L.³, Vedernikov K.E.⁴

^{1,2}Master, ³PhD in Biology, ⁴PhD in Biology,

Udmurt State University, Russia

ON THE QUESTION OF AN ORGANIZATION'S MANAGEMENT FUND GREEN CITY

Abstract

Green spaces is an integral part of the urban infrastructure. Currently, the Green City Fund, including Izhevsk, is in crisis: a great age of trees that have lost their physiological and ecological functions due to the lack of planning of inventories, the problem of care for plants and other factors. The most acute problem is effective management of the green fund of the city. The article presents an analysis of solutions in the field of legal and institutional green fund management on the example of the city of Izhevsk.

Keywords: green fund, the category of urban spaces, inventory, taxation, state forest.

Зеленые насаждения являются составляющей частью как городского ландшафта, так и инфраструктуры города. В настоящее время зеленый фонд городов РФ находится в кризисном состоянии: доминирующая часть деревьев зеленых насаждений находятся в генеративной фазе старения. Старение растений напрямую связано с

утратой физиологического потенциала и соответственно снижением декоративных и экологических качеств. Особенно ухудшает ситуацию, что территории ограниченного пользования и специального назначения практически не охвачены уходом и воспроизводством [2, С. 216] [4, С. 204] [5, С. 152].

Реконструкция и развитие насаждений невозможна без устранения проблем в области управления насаждениями и их инвентаризации.

Решение актуальных вопросов в области управления зеленым фондом, возможно лишь имея в основе соответствующую нормативно-правовую базу.

В городе Ижевске инвентаризация древесно-кустарниковой растительности проводилась в 70-е годы XX столетия. В 90-е годы, прошлого века, была предпринята попытка по актуализации существующих данных, но из-за недостаточного финансирования работы были прекращены, поэтому проблема оценки состояния зеленых насаждений для города Ижевска весьма актуальна [1, С. 52] [3, С. 184].

Основная часть. Теоретическая часть исследований

Организация благоустройства и озеленения в городах РФ в основном отнесена к компетенции органов власти населенных пунктов.

Проведенный нами анализ национальных законов показывает, что в настоящее время нормы, определяющие правовой статус насаждений, отсутствуют. Так, например, в нормативно-правовой литературе нет четкого обозначения озелененных территорий, как объекта правового отношения (в различных источниках используются термины: зеленый фонд, зеленые зоны, древесно-кустарниковая растительность и др.) [7].

В отсутствии единого федерального закона, который бы учитывал особенности местной специфики, управление зеленым фондом населенных пунктов осуществляется не на должном уровне. В настоящее время основным нормативным документом, сфере взаимоотношения общества и растительного мира, являются Правила создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах РФ (Далее – Правила) [10], а также муниципальное законодательство.

Для придания правового статуса области регулирования озелененных территорий, их охраны необходимо придать Правилам законодательное закрепление за органами власти на уровне муниципалитета, в том числе контрольных.

В целом же охрана и воспроизводство зеленых насаждений населенных пунктов не может эффективно работать без принятия закона о введении муниципального контроля в области управления зелеными насаждениями [6, С. 152] [11, С. 126]. Это подтверждается и соответствующими органами в аналитическом докладе Министерства экономического развития России [9, С. 69].

По данным Минэкономразвития России, подлежат сохранению и включению в сферу компетенции муниципальных образований контрольные полномочия представленные в таблице (табл. 1).

Таблица 1 – Виды муниципального контроля

Виды муниципального контроля	Предложения
Виды контроля, не имеющие оснований в отраслевых законах и являющиеся частью конкретных вопросов местного значения	
за исполнением нормативных правовых актов в сфере рекламы за соблюдением условий организации регулярных перевозок на территории муниципального образования	сохранить сохранить
экологический (муниципальный контроль за соблюдением требований в области охраны окружающей среды) в сфере благоустройства	сохранить (ввести) сохранить (ввести)

В нашей статье система управления зеленым фондом города, дана на примере муниципального образования «Город Ижевск».

Управление зелеными насаждениями на территории г. Ижевска осуществляется следующими нормативно-правовыми актами: Правила благоустройства города Ижевска [13]; Порядок вырубki деревьев и кустарников на территории муниципального образования «Город Ижевск» [14]; Об утверждении Административного регламента предоставления муниципальной услуги «Выдача разрешений на вырубку и (или) пересадку деревьев и кустарников на территории МО «Город Ижевск» [12]; Организация благоустройства и озеленения территории городского округа [15].

В насаждениях, располагающиеся на территориях общего пользования, работы в сфере их обустройства проводят структурные подразделения Администрации г. Ижевск (Управление благоустройства и транспорта, Администрации районов г. Ижевск, МКУ «Служба благоустройства и дорожного хозяйства»). Работы проводятся в соответствии действующих нормативов и в рамках муниципального заказа.

На территориях ограниченного пользования работы по содержанию насаждений проводят организации, управляющие жилым фондом (собственники и арендаторы территорий). На практике эта деятельность ограничена санитарным удалением деревьев и уходом за цветочно-декоративными насаждениями.

Промышленными предприятиями города, в 2015 г., проведены работы по созданию и содержанию 289,1 тыс. м² газонов и цветников, осуществлена посадка 42 шт. деревьев и кустарников на территории санитарно-защитных зон (в 2010 году – 671 шт.; в 2011 году – 204 шт.; в 2012 году – 248 шт.; в 2013 году – 298 шт.; в 2014 году – 204 шт.). Объем финансирования подобных работ составил 6522,4 тыс. руб. Выполнение работ по благоустройству территории предприятий и санитарно-защитных зон, связано с выполнением требований госэкоконтроля [8, С. 73].

Важнейшей характеристикой, отражающей состояние зелёного фонда, является воспроизводство насаждений. Данные по посадке и санитарному удалению деревьев и кустарников в г. Ижевск отражены на рисунке (рис. 1).

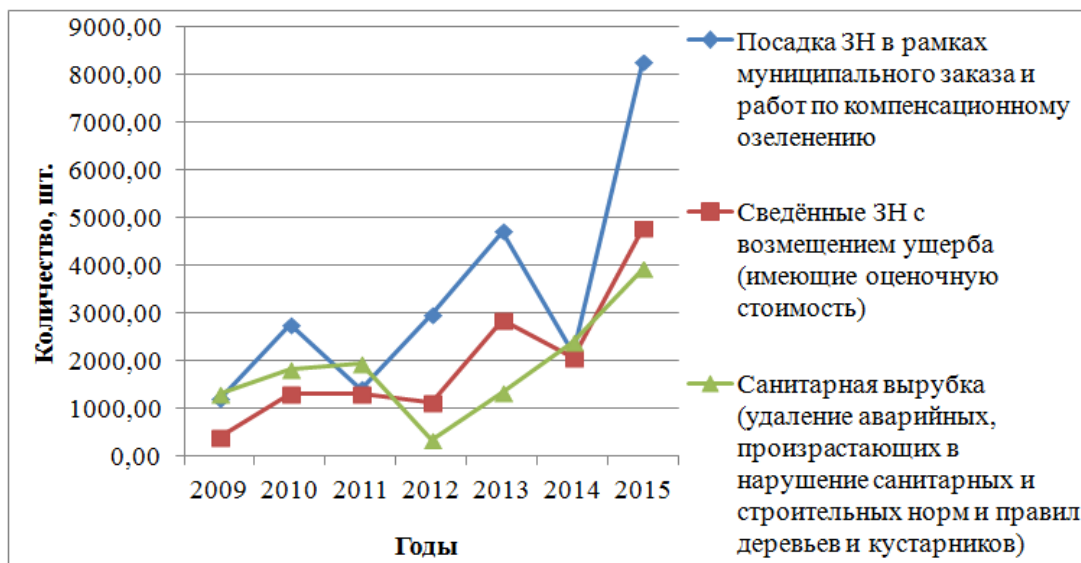


Рис. 1 – Посадка (за исключением территорий специального назначения и ограниченного пользования) и рубка зеленых насаждений в г. Ижевске, 2009-2015 гг.

Однако, в нормативно-правовых актах муниципального уровня в г. Ижевске не предусмотрены требования по оценке состояния озелененных территорий. Это не позволяет обеспечить разработку мер по охране и восстановлению озелененных территорий, и соответственно повысить эффективность управления зеленым фондом города.

Существующая система управления насаждениями в г. Ижевске мало чем отличается от структуры других городов: Главное управление архитектуры и градостроительства (осуществляет контроль над разработкой и реализацией градостроительной документации); Управление благоустройства и транспорта (осуществляет содержание объектов городского благоустройства); МКУ г. Ижевска «Служба благоустройства и дорожного хозяйства» (организует работы по содержанию и реконструкции зеленых насаждений в рамках муниципального заказа); Администрации районов города (осуществляют оперативное управление зелеными зонами); Управление природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации г. Ижевска (принимает участие в рассмотрении вопросов о предоставлении земельных участков для ведения хозяйственной и (или) иной деятельности, готовит заключения о возможности рубки, пересадки или сохранности зеленых насаждений и др.).

Таким образом, функциями по содержанию, охране и развитию зеленого фонда города наделены структурные подразделения Администрации г. Ижевска, которые в своей деятельности руководствуются различными руководящими документами.

С целью создания эффективной системы управления требуется принять решение об изменении системы и структуры управления. Необходимо разработать и принять единый муниципальный правовой акт единый для всех участников, который бы регулировал отношения в сфере использования зеленых насаждений [16].

Практическая часть исследований посвящена анализу озеленения Устиновского района г. Ижевск с учетом функционального зонирования исследуемой территории.

Определены основные показатели озелененных территорий 3-го микрорайона, ограниченного ул. Ворошилова, Цветочная и 9-е января.

Выбор микрорайона в качестве объекта исследования обусловлен тем, что это один из старых микрорайонов (застройка осуществлялась в начале 70-х годов прошлого века). Возведение объектов осуществлялось в соответствии с Генеральным планом г. Ижевск (наличие развитой инфраструктуры, наличие средних и дошкольных образовательных учреждений, предприятий торговли и сферы бытового обслуживания, публичной библиотеки, спортивных сооружений и пр.).

Озеленение территории проводилось специализированными организациями в соответствии с действующими на момент застройки требованиями строительных и санитарных норм и правил. Представленные насаждения однородные по структуре, происхождению и возрасту (озеленение района проведено в течение короткого временного промежутка 3-4 года; возраст насаждений порядка 40 лет).

В результате проведенных исследований площадь территории изучаемого микрорайона составила 405,2 тыс. м², площадь насаждений различного назначения 166,4 тыс. м², в том числе: общего пользования 116,1 тыс. м², ограниченного пользования – 41,2 тыс. м² и специального назначения – 9,9 тыс. м². Количество жителей (по данным избирательной комиссии) – 7064 человек. Удельный вес озелененных территорий от общей площади микрорайона составляет 41,1 % (норматив – не менее 25%). Обеспеченность зелеными насаждениями общего пользования составила 16,4 м²/человека.

Результаты исследований насаждений показали наличие 29 видов древесных растений. Доминируют виды, обладающие высокой средорегулирующей ролью и природным потенциалом. Породный состав древесных насаждений представлен липой (26,0%), березой (19,6%), ясенем (9,7%), рябиной (8,7%), сиренью (4,7%), яблоней

(2,1%), кленом (1,1%). В целом жизненное состояние насаждений хорошее, 64,7% деревьев имеют хорошее жизненное состояние и 34,1% особей имеют удовлетворительное состояние.

На озелененных территориях общего, специального и ограниченного пользования, подведомственных муниципалитету, зеленые насаждения находятся в хорошем состоянии (количество особей в хорошем состоянии 77,2%, в удовлетворительном – 22,2%, в неудовлетворительном и аварийном состоянии – 0,6%).

Зеленые насаждения, произрастающие на придомовых территориях являются составной частью общедомового имущества. Содержание таких насаждений осуществляется из средств собственников жилых и нежилых помещений. Это обстоятельство привело к тому, что состояние таких насаждений в сравнении с территориями, подведомственных муниципалитету, хуже. Результаты исследований показывают, что только 19,5% особей в насаждениях находятся в хорошем состоянии, в удовлетворительном – 74,4%, в неудовлетворительном – 1,8% и аварийном – 4,3%. Причинами аварийного состояния в основном являются нарушение правил обрезки (57,0%) и старение растений, а также отсутствие должного ухода (43%). Анализ инвентаризации насаждений на придомовых территориях показал: нормы озеленения по структуре и плотности не выдержаны; необходима реконструкция насаждений (санитарное удаление старых и больных, замена на более декоративные особи); необходимо проведение обрезки кроны таких деревьев как тополь, клен, и ясень.

По результатам исследований выявлен неиспользуемый участок территории муниципального учреждения (территория бывшего детского сада) площадью 6600 м², который может служить зоной рекреационного отдыха после незначительной реконструкции существующих насаждений и введения инфраструктурных объектов, повышающих рекреационную привлекательность территории.

Важной частью организации зеленого фонда города является подготовка посадочного материала древесных растений для создания и реконструкции насаждений. Необходимо наличие питомников древесных культур (особенно хвойных), специализирующихся на производстве посадочного материала для городских насаждений. Для эффективного выращивания древесных пород на полях лесных питомников необходимо иметь полную информацию об инфицированности корневой системы и почв микроскопическими грибами патогенами. Такой анализ будет более эффективным с использованием метода ДНК-анализа. Это позволит своевременно принимать меры по защите растений от грибной инфекции. Результаты таких исследований позволят найти пути производства качественного посадочного материала, который в будущем станет основой создания здоровых насаждений, востребованных в озеленении городов, лесовосстановлении и лесоразведении.

Заключение. Пример инвентаризации зеленых насаждений, проведенный в одном из административных районах города, обнажил проблемы в области управления зеленым фондом города на законодательном уровне. Одним из решений в этой данной проблемы является придание Правилам нормативно-правового статуса и его законодательного закрепления за органами местного самоуправления.

Проведение инвентаризации (паспортизации) озелененных территорий должно быть закреплено в муниципальном законодательстве, являться безусловным требованием на всех уровнях ведения городского хозяйства независимо от права пользования земельными участками.

Для определения основных направлений стратегии развития отрасли «зеленого хозяйства», программ, стратегических планов (Генеральный план, схемы территориального планирования, дорожные карты и пр.) необходимо разработать концепцию зеленого фонда города.

Список литературы / References

1. Бухарина И. Л. Оценка состояния зеленых насаждений города и разработка рекомендаций по оптимальному озеленению городской территории (на примере г. Ижевска) / И.Л. Бухарина // Отчет о научно-исследовательской работе. – Ижевск, 2006. – 52 с.
2. Бухарина И. Л. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде / И. Л. Бухарина, Т. М. Поварничина, Ведерников К. Е. // Монография. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. – 216 с.
3. Бухарина И. Л. Биоэкологические особенности травянистых и древесных растений в городских насаждениях / И. Л. Бухарина, А. А. Двоглазова // Монография. – Ижевск, ГОУ ВПО «Удмурт. гос. ун-т», 2010. – 184 с.
4. Бухарина И. Л. Городские насаждения: экологический аспект / И.Л. Бухарина, А. Н. Журавлева, О. Г. Большова // Монография. – Ижевск: Удмурт. ун-т, 2012. – 204 с.
5. Бухарина И. Л. Биоэкологические особенности хвойных растений в условиях городской среды / И. Л. Бухарина, А. С. Пашкова, К. Е. Ведерников и др. // Учебно-научное издание (монография). – Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2015. – 152 с.
6. Васильева М. И. Муниципальное управление в сфере охраны окружающей среды (законодательство и практика его применения) / под ред. М.И. Васильевой. / М. И. Васильева, Л. Е. Бандорин, Н. В. Кичигин и др. // М.: Общественная палата РФ, 2007. – 152 с.
7. Российская Федерация. Законы. Градостроительный Кодекс Российской Федерации : федер. закон. [принят Гос. Думой 22 декабря 2004 г. : одобр. Советом Федерации 24 декабря 2004 г.] [Электронный ресурс]. – URL:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 20.12.2016)
8. Ковальчук А. Г. Доклад об экологической обстановке в городе Ижевске в 2015 году / А. Г. Ковальчук, Т. Н. Ермакова, Д. С. Рябов и др. // Ижевск, 2016. – 73 с.
9. Министерство экономического развития РФ, Муниципальный контроль в Российской Федерации (аналитический доклад), Москва, 2011. – 69 с.
10. Российская Федерация. Приказы. Правила создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации : офиц. текст : [утвержден Приказом Госстроя РФ от 15.12.1999г. №153]. [Электронный ресурс]. – URL:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98762 (дата обращения: 20.12.2016)
11. Правовые проблемы организации управления в сфере охраны окружающей среды (Пособие по региональной экологической политике) / под ред. М.И. Васильевой – М.: Агрополь, ЦЭПР, 2004. – 126 с.

12. Российская Федерация. Постановления. Об утверждении Административного регламента предоставления муниципальной услуги «Выдача разрешений на вырубку деревьев и кустарников на территории муниципального образования «Город Ижевск» : офиц. текст. [Постановление Администрации г. Ижевска от 29.06.2012 № 645] [Электронный ресурс]. – URL:<http://www.consultant.ru/regbase/cgi/online.cgi?req=doc;base=RLAW053;n=31772#0> (дата обращения: 20.12.2016)

13. Российская Федерация. Решения. Об утверждении Правил благоустройства города Ижевска : офиц. текст. [Решение Городской думы города Ижевска от 28.06.2012 г. № 308] [Электронный ресурс]. – URL:<http://docs.cntd.ru/document/430559179> (дата обращения: 20.12.2016)

14. Российская Федерация. Решения. Об утверждении Порядка вырубki деревьев и кустарников на территории муниципального образования «Город Ижевск» : офиц. текст. [Решение Городской думы города Ижевска от 29.11.2006 г. № 199] [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/430559268> (дата обращения: 20.12.2016)

15. Российская Федерация. Стандарты. Организация благоустройства и озеленения территории городского округа : офиц. текст. [Стандарт муниципальной услуги, утвержденный Постановлением Администрации г.Ижевска 26.06.2008 г. № 465/20] [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/945019942> (дата обращения: 20.12.2016)

16. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды : федер. закон. [принят Гос. Думой 20 декабря 2001 г. : одобр. Советом Федерации 26 декабря 2001 г.] [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 20.12.2016)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Buharina I. L. Ocenka sostojanija zelenyh nasazhdenij goroda i razrabotka rekomendacij po optimal'nomu ozeleneniju gorodskoj territorii (na primere g. Izhevsk) [Assessment of urban green spaces and develop recommendations for optimum greening the urban area (for example, in Izhevsk)] / I.L. Buharina // Otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote. – Izhevsk, 2006. – 52 p. [in Russian]

2. Buharina I. L. Jekologo-biologicheskie osobennosti drevesnyh rastenij v urbanizirovannoj srede [Ecological and biological characteristics of woody plants in urban environment] / I. L. Buharina, T. M. Povarnicina, Vedernikov K. E. // Monografija. – Izhevsk: FGOU VPO Izhevskaja GSHA, 2007. – 216 p. [in Russian]

3. Buharina I. L. Biojekologicheskie osobennosti travjanistyh i drevesnyh rastenij v gorodskih nasazhdenijah [Biological features of herbaceous and woody plants in urban plantings] / I. L. Buharina, A. A. Dvoeglazova // Monografija. – Izhevsk, GOU VPO «Udmurt. gos. un-t», 2010. – 184 p. [in Russian]

4. Buharina I. L. Gorodskie nasazhdenija: jekologicheskij aspekt [Urban spaces: ecological aspect] / I.L. Buharina, A. N. Zhuravleva, O. G. Bolyshova // Monografija. – Izhevsk: Udmurt. un-t, 2012. – 204 p. [in Russian]

5. Buharina I. L. Biojekologicheskie osobennosti hvojnyh rastenij v uslovijah gorodskoj sredy [Biological features of coniferous plants in the urban environment] / I. L. Buharina, A. S. Pashkova, K. E. Vedernikov i dr. // Uchebno-nauchnoe izdanie (monografija). – Izhevsk: Izdatel'skij centr «Udmurtskij universitet», 2015. – 152 p. [in Russian]

6. Vasil'eva M. I. Municipal'noe upravlenie v sfere ohrany okruzhajushhej sredy (zakonodatel'stvo i praktika ego primenenija) [Municipal management in the field of environmental protection (law and practice)] / pod red. M.I. Vasil'evoj. / M. I. Vasil'eva, L. E. Bandorin, N. V. Kichigin i dr. // M.: Obshhestvennaja palata RF, 2007. – 152 p. [in Russian]

7. Rossijskaja Federacija. Zakony. Gradostroitel'nyj Kodeks Rossijskoj Federacii : feder. zakon. [prinjat Gos. Dumoj 22 dekabrja 2004 g. : odobr. Sovetom Federacii 24 dekabrja 2004 g.] [Russian Federation. Laws. Town Planning Code of the Russian Federation: fader. law. [Adopted by the State. Duma on December 22, 2004: approved. Federation Council of 24 December 2004] [Electronic resource] – URL:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (accessed: 20.12.2016) [in Russian]

8. Koval'chuk A. G. Doklad ob jekologicheskoj obstanovke v gorode Izhevsk v 2015 godu [The report on the environmental situation in the city of Izhevsk in 2015] / A. G. Koval'chuk, T. N. Ermakova, D. S. Rjabov i dr. // Izhevsk, 2016. – 73 p. [in Russian]

9. Ministerstvo jekonomicheskogo razvitija RF, Municipal'nyj kontrol' v Rossijskoj Federacii (analiticheskij doklad) [Ministry of Economic Development of the Russian Federation, municipal control in the Russian Federation (analytical report)], Moskva, 2011. – 69 p. [in Russian]

10. Rossijskaja Federacija. Prikazy. Pravila sozdaniya, ohrany i sodержaniya zelenyh nasazhdenij v gorodah Rossijskoj Federacii : ofic. tekst : [utverzhen Prikazom Gosstroja RF ot 15.12.1999g. №153]. [Russian Federation. Orders. Terms of creation, protection and maintenance of green spaces in cities of Russia: official. Text: [approved by the Order of the State Construction Committee of the Russian Federation from 15.12.1999g. №153]. [Electronic resource] – URL:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98762 (accessed:20.12.2016) [in Russian]

11. Pravovye problemy organizacii upravlenija v sfere ohrany okruzhajushhej sredy (Posobie po regional'noj jekologicheskoj politike) [Legal problems of governance in the field of environmental protection organizations (Manual on regional environmental policy)] / pod red. M.I. Vasil'evoj – M.: Akropol', CJEP, 2004. – 126 p. [in Russian]

12. Rossijskaja Federacija. Postanovlenija. Ob utverzhenii Administrativnogo reglamenta predostavlenija municipal'noj usluzi «Vydacha razreshenij na vyрубku derev'ev i kустarnikov na territorii municipal'nogo obrazovanija «Gorod Izhevsk» : ofic. tekst. [Postanovlenie Administracii g. Izhevsk ot 29.06.2012 № 645] [Russian Federation. Regulation. On approval of the Administrative Regulations of the municipal services, "Issuance of permits for cutting trees and bushes on the territory of the municipality" City of Izhevsk ": official. text. [Decree of the Administration of Izhevsk from 29.06.2012 number 645] [Electronic resource]. – URL:<http://www.consultant.ru/regbase/cgi/online.cgi?req=doc;base=RLAW053;n=31772#0> (accessed:20.12.2016) [in Russian]

13. Rossijskaja Federacija. Reshenija. Ob utverzhenii Pravil blagoustrojstva goroda Izhevsk : ofic. tekst. [Reshenie Gorodskoj dumy goroda Izhevsk ot 28.06.2012 g. № 308] [Russian Federation. Solutions. On approval of the Rules of

accomplishment of Izhevsk: official. text. [The decision of the City Council of the city of Izhevsk from 28.06.2012, № 308] [Electronic resource]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/430559179> (accessed:20.12.2016) [in Russian]

14. Rossijskaja Federacija. Reshenija. Ob utverzhdenii Porjadka vyrubki derev'ev i kustarnikov na territorii municipal'nogo obrazovaniya «Gorod Izhevsk»: ofic. tekst. [Reshenie Gorodskoj dumy goroda Izhevsk ot 29.11.2006 g. № 199] [Russian Federation. Solutions. On approval of the felling of trees and bushes on the territory of the municipality "City of Izhevsk": official. text. [The decision of the City Council of the city of Izhevsk from 29.11.2006, № 199] [Electronic resource]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/430559268> (accessed:20.12.2016) [in Russian]

15. Rossijskaja Federacija. Standarty. Organizacija blagoustrojstva i ozelenenija territorii gorodskogo okruga : ofic. tekst. [Standart municipal'noj usluzhi, utverzhdenij Postanovleniem Administracii g.Izhevsk 26.06.2008 g. № 465/20] [Russian Federation. Standards. Organization improvement and landscaping of city district: official. Text]. [The standard of municipal services, approved by Resolution of the Administration of Izhevsk 26.06.2008 number 465/20] [Electronic resource]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/945019942> (accessed:20.12.2016) [in Russian]

16. Rossijskaja Federacija. Zakony. Ob ohrane okruzhajushhej sredy : feder. zakon. [prinjat Gos. Dumoj 20 dekabrya 2001 g. : odobr. Sovetom Federacii 26 dekabrya 2001 g.] [Russian Federation. Laws. On environmental protection: fader. Law]. [Adopted by the State. Duma on December 20, 2001: approved. Federation Council of 26 December 2001] [Electronic resource]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (accessed:20.12.2016) [in Russian]

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.023

Мухитова М.Э.¹, Романова Е.М.², Любомирова В.Н.³, Романов В.В.⁴, Шленкина Т.М.⁵, Шадыева Л.А.⁶

¹ORCID: 0000-0002-6053-4421, преподаватель, ²ORCID: 0000-0001-7722-385X, профессор,

³ORCID: 0000-0003-2365-6339, преподаватель, ⁴ORCID: 0000-0001-6684-5530, преподаватель,

⁵ORCID: 0000-0003-1862-0809, преподаватель, ⁶ORCID: 0000-0001-5581-20470000, преподаватель,

Ульяновская ГСХА

ПРОБЛЕМЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ СТАРТОВЫХ ЖИВЫХ КОРМОВ ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРЫ

Аннотация

Интенсивное развитие аквакультуры напрямую зависит от выбора эффективных стартовых кормов. Основным в мировой практике аквакультуры стартовым кормом являются науплии артемии. На мировом рынке спрос на яйца артемий растет из года в год, однако объем их производства обеспечивает мировой спрос лишь на 40%. В этих условиях проблема искусственного разведения артемий для тепловодной круглогодичной аквакультуры имеет особую актуальность. В своей работе мы исследовали факторы, регулирующие онтогенез артемий при разведении в аппарате Вейса. Показано, что при условии хорошего качества яиц, эффективность выклева науплий зависит от декасуляции, температуры, аэрации, освещенности и бактериальной обсемененности.

Ключевые слова: аквакультура, науплии, *Artemia salina*.

Mukhitova M.E.¹, Romanova E.M.², Lyubomirova V.N.³, Romanov V.V.⁴, Shlenkina T.M.⁵, Shadyeva L.A.⁶

¹ORCID: 0000-0002-6053-4421, PhD in Biology, Associate professor,

²ORCID: 0000-0001-7722-385X PhD in Biology, Professor,

³ORCID: 0000-0003-2365-6339, PhD in Biology, Associate professor,

⁴ORCID: 0000-0001-6684-5530, PhD in Engineering, Associate professor,

⁵ORCID: 0000-0003-1862-0809, PhD in Biology, Associate professor,

⁶ORCID: 0000-0001-5581-20470000, PhD in Biology, Associate professor,

Ulyanovsk State Agricultural Academy

PROBLEMS OF CULTURING LIVE FOOD FOR FISH LARVAE IN AQUACULTURE

Abstract

The intensive development of aquaculture depends on the choice of effective feed for fish larvae. The basic starter feed in the global aquaculture practices are Artemia nauplii. The global market demand for Artemia eggs annually increases, But the volume of production ensures the global demand only by 40%. In these circumstances, the problem of artificial breeding of Artemia for year-round aquaculture is of particular relevance. In our work, we investigated the factors that govern the ontogeny of Artemia by culturing apparatus Weiss. It is shown that if the eggs of good quality, the efficiency of hatching nauplii depends on the temperature, aeration, light exposure and bacterial contamination.

Keywords: aquaculture, nauplii, *A. salina*.

Артемия салина (*Artemia salina*, Linnaeus 1785) жаброногое ракообразное, широко распространенное в соленых водных экосистемах. Большую востребованность артемий в аквакультуре обеспечили ее биологические особенности: быстрый рост, высокая плодовитость, способность продуцировать цисты, которые можно заготавливать, хранить, транспортировать и активировать развитие по мере надобности для получения науплий. Науплии артемий считаются лучшим стартовым живым кормом для личинок и мальков рыб благодаря их высокой пищевой ценности, мягкому и тонкому наружному покрову, малому размеру [1, С. 10–13].

Под влиянием факторов среды обитания *A. salina* образует различные морфологические расы. Они отличаются длиной, соотношением частей тела и морфологическими особенностями рачка [1, С. 10–13].

При воспроизводстве рыбы в условиях бассейновой аквакультуры на начальных этапах постнатального онтогенеза личинок, только что вылупившихся из икринок рыб кормят живыми науплиями артемий, которые прекрасно усваиваются и не имеют конкурентов по питательной ценности. Для получения высокоценных стартовых кормов необходимо отрегулировать технологию культивирования науплий артемий, предварительно синхронизировав

этот процесс по времени с искусственным нерестом рыбы. В своей работе мы, основываясь на данных литературных источников по биологии и экологии *A. salina*, попытались воссоздать близкие к оптимальным технологические параметры культивирования артемий, учитывающие их физиологические особенности [1, С.10–13; 2, С. 207–213; 3, С. 13 – 20].

Цель исследований: выявить факторы, регулирующие стадии онтогенеза артемий в условиях искусственного разведения.

Материалы и методы исследований: Объектом исследования являлись половые продукты *A. salina* на стадии яйца (цисты), вылупившиеся науплии, артемии ювенильной стадии онтогенеза и половозрелые артемии.

Для управления онтогенезом *A. salina* мы проводили активацию сухих яиц вымораживанием. Для яйца артемий в течение месяца выдерживали при -22°C в камере холодильника. Перед процедурой инкубации, яйца в течение двух часов выдерживали при комнатной температуре и проверяли их доброкачественность, просматривая под четырехкратным увеличением светового микроскопа.

Доброкачественные яйца сохраняли целостность структуры, неповрежденную оболочку без вмятин и выпуклостей. Эти признаки свидетельствовали о хорошей сохранности яиц. Для инкубации использовали навески яиц массой 200 мг, которые в дальнейшем использовали на один литр культуральной среды. Производили подсчет количества яиц в навеске.

Для инкубации яиц артемий использовали аппарат Вейса. В качестве культуральной среды использовали 3% раствор NaCl. Для его приготовления использовали NaCl марки ХЧ. В колбы аппарата Вейса заливали по три литра рабочего раствора NaCl.

Поддерживали температуру культуральной среды на уровне $25-26^{\circ}\text{C}$, pH $-7.5-8.0$, обеспечивали интенсивное освещение, высокий уровень насыщения среды кислородом. В колбе Вейса обеспечивали хорошую аэрацию среды, используя сильный ток воздуха и подбирая эффективный распылитель. В таких условиях происходило постоянное перемешивание яиц, они не оседали ни на дно, ни на стенки сосуда. Аэрация воды была круглосуточной и выключалась только в период кормления артемий. В наших исследованиях плотность популяции артемий была не высокой, во избежание развития патогенной микрофлоры, и составляла в среднем четыре тысячи особей на литр.

Для кормления науплий артемий использовали таблетированный препарат спирулины. Перед кормлением его предварительно растирали в ступке в мелкодисперсный порошок, который при кормлении рассыпали по поверхности воды. На третьи сутки культивирования артемий переходили к трехкратному кормлению. Ход культивирования контролировали каждые восемь часов под микроскопом. При этом оценивали состояние артемий на всех стадиях онтогенеза, отмечали характерные черты метаморфоза, производили промеры тела и его частей с помощью окуляр-микрометра.

Результаты исследований. На первом этапе исследований важно было определить с какой из экологических морф *A. salina* мы работаем. По фенотипическим признакам яиц идентификация невозможна, поскольку яйца артемий разных экоморф практически не отличаются. Различия проявляются в ходе онтогенеза, на разных его стадиях. В ходе культивирования яиц артемий мы установили, что в процессе индивидуального развития рачки продемонстрировали морфологические особенности, свойственные морфе *var. principalis*, которая обитает при невысоком уровне солености воды. У представителей этой морфы фура хорошо развита, явно отчленена от последнего сегмента брюшка и несет большое число длинных щетинок [1, С.10–13]. Длина тела половозрелой артемии, исследуемой нами морфы, в среднем составляла $28 \pm 2,1$ мм.

На втором этапе работы исследовали синхронность метаморфоза артемий в культуральной среде, параметры которой, как мы полагаем, были близки к оптимальным.

В используемой для культивирования 200 мг навеске производился подсчет яиц. В среднем в 200 мг навеске содержалось $3995,0 \pm 13,8$ цист. Минимальное и максимальное количество яиц в такой навеске существенно не отличалось. Минимальное количество яиц в 200 мг навеске составляло 3968 штук, а максимальное – 4028 штук.

Артемии обладают широкой экологической валентностью по отношению к солености воды, и колебания солености воды в пределах 3 до 60‰ на выходе науплий достоверно не сказываются [1, С.10–13].

Мы в своих исследованиях в качестве культуральной среды использовали 3% раствор хлористого натрия. Через сутки после закладки яиц артемий в аппарат Вейса выклев науплий составил более $65 \pm 3,8\%$, их размеры варьировали от 0,3 до 0,4 мм. Через 48 часов после закладки цист артемий в аппарат Вейса выклев науплий составил $80 \pm 4,5\%$. Через 72 часа после закладки цист артемий в аппарат Вейса выклев науплий практически завершился и составил $98 \pm 2\%$.

По данным литературных источников высококачественные яйца имеют высокую синхронность развития, а выход науплий от первой до последней в этом случае происходит в течение 8 часов [1, С. 10 – 13].

Анализ результатов культивирования показал, что мы имеем яйца артемий низкого качества, которые в дальнейшем не могут быть эффективно использованы в технологии получения стартовых кормов.

Некачественные яйца порождают массу технологических проблем, затрудняя отбор науплий первой стадии онтогенеза, стимулируя высокую кумулятивную бактериальную обсемененность стартовых кормов из-за растянутости асинхронного внутрипопуляционного онтогенеза, а также заранее программируют 40% перерасход стартовых кормов.

Весь этот перечень проблем привел нас к заключению, что в условиях бассейновой аквакультуры, для обеспечения личинок и мальков высококачественным стартовым кормом необходимо иметь собственное производство яиц (цист) артемий. Потеря энергии роста на начальных этапах онтогенеза рыб - это запрограммированное снижение эффективности производства товарной рыбы.

Наши исследования процесса культивирования науплий показали, что процесс развития сохранял свою асинхронность и на II стадии метанауплиусов и на последующих этапах онтогенеза. Первая линька была отмечена на третьи сутки после выклева науплий. В течение последующих 7-10 дней жизни рачки проходили III и IV стадии, различающиеся степенью сегментации тела, преобразованием второй пары антенн и появлением грудных ножек.

Поскольку выклев науплий был не равномерным, на третий, четвертый и пятый день в культуральной среде наблюдали артемий на разных этапах онтогенеза. Нам необходимо было добиться минимум 90% синхронизации развития популяции.

На следующем этапе работы стояла задача получить науплии артемий, отделив их от бактериально обсемененных пустых оболочек цист. Для этого использовали следующий технологический прием: в колбах аппарата Вейса, в которых культивировали артемий, прекращали аэрацию среды при этом пустые оболочки цист поднимались вверх, а невылупившиеся яйца опускались на дно. Науплии плавали в толще воды и были активны.

Подытоживая этот раздел работы, сопоставляя данные наблюдений за живыми организмами в процессе культивирования, можно заключить, что при условии хорошего качества яиц, эффективность выклева науплий зависит от способов активизации яиц, температуры, аэрации, освещенности и бактериальной обсемененности.

На следующем этапе для получения живого стартового корма науплии процеживали через сито, а затем отмывали несколько раз пресной водой. В пресной воде науплии сохраняли подвижность не долго, максимум в течение часа, поэтому их сразу после промывки скармливали малькам.

Известно, что наибольшую пищевую ценность науплии имеют сразу после их выклева; после того как личинки артемий проходят стадию линьки, они утрачивают большую часть своей пищевой ценности и трудно усваиваются мальками. Первые 6-8 часов жизни науплии не питаются, а используют собственные ресурсы организма. Для кормления личинок рыб, которое производится после рассасывания желточного мешка, метанауплии не пригодны [1, С.10–13].

Заключение. Аквакультура бассейнового типа остро нуждается в высококачественных стартовых кормах, к их числу относят науплии артемий.

Проведенные нами исследования показали, что в искусственных условиях, используя возможности аппарата Вейса, можно получать, качественный биоматериал науплий артемий, обеспечив им условия культивирования близкие к условиям их естественной среды обитания. При кормлении мальков рыб науплиями часто отмечается перенос патогенной микрофлоры, обитающей на пустых оболочках яиц, на мальков рыб. В своих исследованиях мы пытались уйти от интенсивного развития микрофлоры двумя путями; за счет снижения плотности популяции артемий и за счет своевременного удаления из культуральной среды мертвых пустых оболочек методом флотации.

Список литературы / References

1. Coutteau P. Manual on the production and use of live food for aquaculture. //P. Coutteau, Lavens P. Microalgae, P. Sorgeloos// FAO Fisheries Technical Pa-per. – №. 361. – Rome, FAO. – 1996. – P. 10 – 13.
2. Krishnika A., Ramasamy P. Effect of water exchange to eliminate Vibrio sp. during the naupliar development of Artemia franciscana/ A. Krishnika, P. Ramasamy// J. Fish. Aquat. Sc. – 2012. – 7. – P. 205 – 214.
3. Olsen A.I. Effects of short term feeding of microalgae on the bacterial flora associated with juvenile Artemia franciscana/ A.I. Olsen, Y. Olsen, Y. Attramadall// Aquaculture. – 2000. – 190. – P. 11–25.

DOAJ

Все материалы, опубликованные в Международном научно-исследовательском журнале, размещаются в депозитарии научных изданий Университета Лунда.

DOAJ (Лунд, Швеция) [<http://www.doaj.org/>].

Таким образом, публикации наших авторов доступны еще большему кругу исследователей, что повышает их статус и увеличивает возможность цитирования.

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.008

Попова Е.Д.¹, Глаголев В.И.¹, Савушкин В.А.¹, Овчинников А.И.¹, Савельева В.В.², Джавахия В.В.³, Шоболов Д.Л.⁴, Чернобровкин М.Г.⁵¹Инженер, Федеральное государственное учреждение Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук,²Аспирант, Федеральное государственное учреждение Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук,³Кандидат биологических наук, Федеральное государственное учреждение Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук,⁴Кандидат фармацевтических наук, Ген. директор, ООО «Технология лекарств»,⁵Кандидат химических наук, Старший руководитель проектов, ООО «Технология лекарств»**ОПТИМИЗАЦИЯ ФЕРМЕНТАЦИОННОЙ СРЕДЫ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ШТАММА *AMYCOLATOPSIS ORIENTALIS* VKM Ac-2717D – ПРОДУЦЕНТА АНТИБИОТИКА ЭРЕМОМИЦИНА****Аннотация**

Гликопептидные антибиотики применяются для лечения тяжёлых стафилококковых инфекций в случае β -лактаманной лекарственной устойчивости. Повышенная распространённость резистентных штаммов к важнейшему антибиотику этой группы - ванкомицину - привела к необходимости поиска новых антибиотиков того же механизма действия. Эремомоцин, являющийся продуктом биосинтеза актиномицета *Amycolatopsis orientalis*, был впервые выделен и охарактеризован в нашей стране.

В данном исследовании оптимальный состав питательной среды для биосинтеза эремомоцина был статистически проанализирован по трём компонентам - глицерин, кукурузный экстракт и $MgCl_2$. Исходя из полученных данных, были построены кривые поверхности отклика и определены оптимальные концентрации этих компонентов (глицерин – 72.1 г/л, кукурузный экстракт - 4.3 г/л, $MgCl_2$ - 1.4 г/л), позволяющие увеличить выход антибиотика на 30%.

Ключевые слова: Ферментация; *Amycolatopsis orientalis*; гликопептидные антибиотики; эремомоцин; оптимизация.

Popova E.D.¹, Glagolev V.I.¹, Savushkin V.A.¹, Ovchinnikov A.I.¹, Saveleva V.V.², Dzhavakhiya V.V.³, Shobolov D.L.⁴, Chernobrovkin M.G.⁵¹Engineer, Federal Research Centre «Fundamentals of Biotechnology», Russian Academy of Sciences,²Postgraduate student, Federal Research Centre «Fundamentals of Biotechnology», Russian Academy of Sciences,³PhD in Biology, Federal Research Centre «Fundamentals of Biotechnology», Russian Academy of Sciences,⁴PhD in Pharmaceutics, “Tekhnologiya lekarstv” LLC,⁵PhD in Chemistry, “Tekhnologiya lekarstv” LLC**OPTIMIZATION OF FERMENTATION MEDIUM FOR THE CULTIVATION OF *AMYCOLATOPSIS ORIENTALIS* VKM AC-2717D, A PRODUCER OF THE ANTIBIOTICS EREMOMYCIN****Abstract**

Glycopeptide antibiotics are used to treat severe staphylococcal infections in the case of a β -lactam drug resistance. An increased prevalence of strains resistant to vancomycin, the most important antibiotic of this group, led to the need to find new antibiotics of the same mechanism of action. Eremomycin, which represents a biosynthetic product of *Amycolatopsis orientalis*, was first isolated and characterized in Russia.

In this study, the optimal composition of culture medium for the eremomycin biosynthesis was statistically analyzed by three components - glycerol, corn steep liquor and $MgCl_2$. Based on the obtained data, the response surface curves have been built, and the optimal concentrations of these components have been determined (glycerol - 72.1 g/L, corn extract - 4.3 g/L, $MgCl_2$ - 1.4 g/L) that resulted in the increase of the antibiotic production by 30%.

Keywords: fermentation; *Amycolatopsis orientalis*; glycopeptide antibiotics; eremomycin; optimization.

Введение

Эремомоцин, принадлежащий к группе гликопептидных антибиотиков, был разработан в ГУ НИИ по изысканию новых антибиотиков им. Г.Ф. Гаузе РАМН (ГУ НИИНА им. Г.Ф. Гаузе РАМН) в качестве отечественного аналога распространенного антибиотика ванкомицина. Ванкомицин начали применять в клинической практике в 1958 г. для лечения стафилококковых инфекций, устойчивых к известным на тот момент антибиотикам, однако отмеченный в последние годы рост распространенности устойчивых к нему штаммов стафилококков, энтерококков и пневмококков привел к необходимости поиска новых антибиотиков того же класса, резистентность к которым у патогенных штаммов пока отсутствует.

Эремомоцин проявляет бактерицидное действие в отношении большинства грам-положительных микроорганизмов, включая и ванкомицин-резистентные штаммы стафилококков, энтерококков и пневмококков. Упомянутый эффект проявляется путем ингибирования одной или двух последовательных ферментативных реакций, связанных с синтезом клеточной стенки: удлинение пептидогликана (трансгликозилирование) и его сшивка (транспептидация) [1].

Создание эффективной технологии производства антибиотика напрямую связано с повышением уровня его биосинтеза штаммом-продуцентом. Продуктивность штамма может быть увеличена несколькими способами, в том числе путем изменения состава питательной среды. Для оптимизации питательных сред в последние годы все чаще используют математический метод планирования экспериментов, что позволяет обоснованно подходить к конструированию питательных сред и делать их более экономичными, а также быстро достигать поставленной цели [2].

Целью настоящего исследования являлась оценка влияния различных концентраций источников углерода, азота и

минеральных солей на биосинтез антибиотика эремомицина. В качестве исследуемых компонентов были выбраны глицерин, кукурузный экстракт и $MgCl_2$. Каждый из параметров был предварительно протестирован в большом диапазоне концентраций, исходя из литературных данных и полученного ранее опыта [3]. Полученные после оптимизации данные были статистически проанализированы.

Материалы и методы

Продуцент эремомицина и среда для культивирования. В качестве продуцента эремомицина использовали штамм *A. orientalis* VKM Ac-2717D продуктивностью 2.5 г/л. Для выращивания, поддержания и хранения штамма использовали агаризованную среду следующего состава (г/л): глюкоза – 20.0, соевый пептон – 15.0, дрожжевой экстракт – 1.0, агар-агар – 20.0, pH 7.0. Штамм культивировали при температуре 28°C в течение 5-7 дней.

Ферментация. Штамм выращивали на ферментативной среде в колбах объемом 50 мл, содержащих 10 мл питательной среды. С помощью микробиологической петли кусочек мицелия 4-6-дневной культуры переносили в колбы с ферментативной средой.

В проведенном ранее исследовании [3] нами было установлено, что максимальный рост и продуктивность продуцента обеспечиваются на ферментационной среде следующего состава (г/л): глицерин – 60.0, соевая мука – 20.0, $MgCl_2$ – 1.0, KH_2PO_4 – 0.2, KNO_3 – 6.0, $CaCl_2$ – 3.0, кукурузный экстракт – 3.0, pH 6.8-7.0. Данная среда была взята за основу для дальнейшего проведения оптимизации. Колбы с различными вариантами сред инкубировали при температуре 28°C в течение 144-168 ч на термостатируемой качалочной установке “Inforce HT” (Дания) при 280 об/мин (эксцентриситет 2.5 см). После отбора анализируемые пробы культуральной жидкости смешивали в микропробирках с водой и метанолом в соотношении 1:2:1, далее центрифугировали при 12000 об/мин в течение 5 минут. Супернатант отбирали и содержание эремомицина определяли при помощи ВЭЖХ.

Количественное определение содержания эремомицина в культуральной жидкости. Оценку количественного содержания эремомицина в культуральной жидкости проводили методом ВЭЖХ на хроматографической системе «Agilent Technologies» [4].

Анализ проводили на колонке Luna C8(2) 100A (4мм x 125 мм, 5 мкм), 280 нм, подвижная фаза: А – раствор формиата аммония (6 г/л), доведенный аммиаком до pH 7.8-7.9; В – ацетонитрил в градиентном режиме (табл. 1).

Стандартный образец эремомицина был получен в ГУ НИИНА им. Г.Ф. Гаузе РАМН. Чистота образца составляла не менее 97%.

Таблица 1 – Таблица градиента подвижной фазы

Время, мин	Раствор А, %	Раствор В, %	Скорость потока, мл/мин
0	100	0	1,2
0,01	92	8	1,2
15	85	15	1,2
30	60	40	1,2
40	25	75	1,2
45	92	8	1,2
50	StopTime		

Оптимизация состава питательной среды. Для проведения оптимизации по методу полного факторного эксперимента (ПФЭ) [5] нами были выбраны три фактора: X_1 – концентрация кукурузного экстракта; X_2 – концентрация глицерина; X_3 – концентрация $MgCl_2$ в ферментационной среде; кроме того, был использован дополнительный нулевой фактор X_0 ($X_0 = 1$). Изменение этих факторов проводили на двух уровнях: нижнем (-1) и верхнем (+1). Центр плана (Z) и шаг варьирования (W) для этих факторов (см. табл. 2) был построен, исходя из литературных данных и предыдущего опыта исследования влияния этих компонентов на биосинтез эремомицина. В качестве выходного параметра оптимизации (Y) была выбрана концентрация эремомицина (г/л) в культуральной жидкости (КЖ) после проведения ферментации.

Таблица 2 – Центр плана и шаг варьирования исследуемых факторов

Факторы	X_1	X_2	X_3
Наименование факторов	Концентрация кукурузного экстракта	Концентрация глицерина	Концентрация $MgCl_2$
Z, г/л	3	60	1
W, г/л	1	5	0.2
-1	2	55	0.8
+1	4	65	1.2

Количество опытов определяли по формуле: $N = n^k$, где n – количество уровней варьирования, k – количество факторов. В нашем случае $N = 8$. Исходя из этого, была построена матрица планирования эксперимента для ПФЭ типа 2^3 (таб.3).

Таблица 3 – Матрица планирования эксперимента для ПФЭ типа 2^3

№ опыта	Факторы в кодированном виде				Факторы в натуральном масштабе, г/л		
	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3
1	+1	+1	+1	+1	4	65	1.2
2	+1	-1	+1	+1	2	65	1.2
3	+1	+1	-1	+1	4	55	1.2
4	+1	-1	-1	+1	2	55	1.2
5	+1	+1	+1	-1	4	65	0.8
6	+1	-1	+1	-1	2	65	0.8
7	+1	+1	-1	-1	4	55	0.8
8	+1	-1	-1	-1	2	55	0.8

Для определения направления действия каждого фактора были рассчитаны коэффициенты регрессии и составлено уравнение регрессии.

Для проверки значимости коэффициентов регрессии использовали доверительный интервал Δb_i , равный $S_{bi} \cdot t_i$, где S_{bi} – среднеквадратичное отклонение Δb_i , t_i – табличное значение критерия Стьюдента [6]. Значимость коэффициентов оценивали, сравнивая абсолютные значения коэффициента и доверительного интервала:

если $b_i > \Delta b_i$ - коэффициент значим.

Для построения поверхности отклика использовали программу Matlab 7ой версии.

Результаты

В биотехнологическом процессе, основанном на использовании высокопродуктивных штаммов–продуцентов, необходимо уделять внимание не только созданию продуцента и его поддержанию, но и условиям его культивирования. Для роста продуцента требуются жизнеспособный посевной материал, источники энергии, питательные вещества и соответствующие физико-химические условия культивирования [7]. Оптимизация условий культивирования может осуществляться на основе сочетания экспериментального и математического моделирования с проведением вычислительного эксперимента, который содержит важный этап – определение математической модели, то есть, уравнения регрессии, характеризующего связь параметра оптимизации с основными факторами. Использование такой упрощенной модели позволяет достаточно быстро сделать необходимые выводы о значимости тех или иных компонентов питательной среды, а также качественном и количественном ее составе [8].

В данной работе был проведен эксперимент по оптимизации состава среды с использованием метода крутого восхождения, совмещающего в себе планирование эксперимента (ПФЭ) с методом движения по градиенту (метод Уилсона-Бокса). В проведенных нами ранее экспериментах был определен основной компонентный состав ферментационной среды, позволивший увеличить продуктивность штамма *A. orientalis* VKM Ac-2717D до 2.5 г/л эремомицина в КЖ. Предварительные результаты показали, что на уровень биосинтеза эремомицина продуцентом наибольшее влияние оказывают три компонента питательной среды: кукурузный экстракт, глицерин и $MgCl_2$.

На первом этапе работы по построенной нами матрице планирования эксперимента была поставлена серия опытов, каждый опыт проводился в трёх повторностях. Результаты данных опытов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты эксперимента (значения выходного параметра)

№ опыта	Y_{uk1}^*	Y_{uk2}	Y_{uk3}	Y_u^{**}
1	2.90	2.87	2.84	2.87
2	2.74	2.70	2.66	2.70
3	2.48	2.52	2.56	2.52
4	2.14	2.19	2.24	2.19
5	2.50	2.47	2.44	2.47
6	2.60	2.55	2.50	2.55
7	2.10	2.05	2.00	2.05
8	2.23	2.18	2.13	2.18

Примечание: * Y_{uk} – численное значение функции отклика каждой из повторностей, полученное после проведения эксперимента, г/л; ** Y_u – среднеарифметическое значение функции отклика, г/л.

Коэффициенты уравнения регрессии определяли по методу наименьших квадратов [9].

Полином первой степени при проведении планирования эксперимента ПФЭ 2^3 имел вид $Y = 2.44 + 0.04X_1 + 0.21X_2 + 0.13X_3$.

Однородность и воспроизводимость эксперимента оценивали по критерию Кохрена [9]. Для полученных нами данных $G_p = 0.17$, что меньше критерия Кохрена для наших степеней свободы. Исходя из этого, нами был сделан вывод об однородности и воспроизводимости поставленного эксперимента. Рассчитанная ошибка опыта составила 0.0019. Проверка значимости коэффициентов регрессии показала, что все коэффициенты являются значимыми.

Проверка адекватности по критерию Фишера [10] полинома первого порядка показала, что полученное нами уравнение является неадекватным, т.е. оно не в полной мере описывает исследуемый нами процесс. Исходя из этого, нами было принято решение о построении новой матрицы планирования эксперимента, учитывающей взаимное влияние факторов друг на друга, и рассчитаны новые коэффициенты регрессии.

Полученное уравнение регрессии имело следующий вид:

$$Y = 2.44 + 0.04X_1 + 0.21X_2 + 0.13X_3 - 0.01X_1X_2 + 0.09X_1X_3 + 0.01X_2X_3 - 0.03X_1X_2X_3$$

Исходя из рассчитанного доверительного интервала, равного 0.036, значимыми являются коэффициенты b_1 , b_2 , b_3

и b_5 и их следует включить в модель, а коэффициенты b_4 , b_6 , b_7 незначимы и их следует отбросить, не включая в искомую модель. На основании полученных данных математическая модель (уравнение регрессии), включающая только значимые коэффициенты, выглядит следующим образом:

$$Y = 2.44 + 0.04X_1 + 0.21X_2 + 0.13X_3 + 0.09X_1X_3$$

Построение кривых поверхности отклика показало, что каждый из выбранных нами факторов в той или иной степени влияет на биосинтез эремомицина и, следовательно, является значимым. Кривые поверхности отклика представлены на рисунке 1.

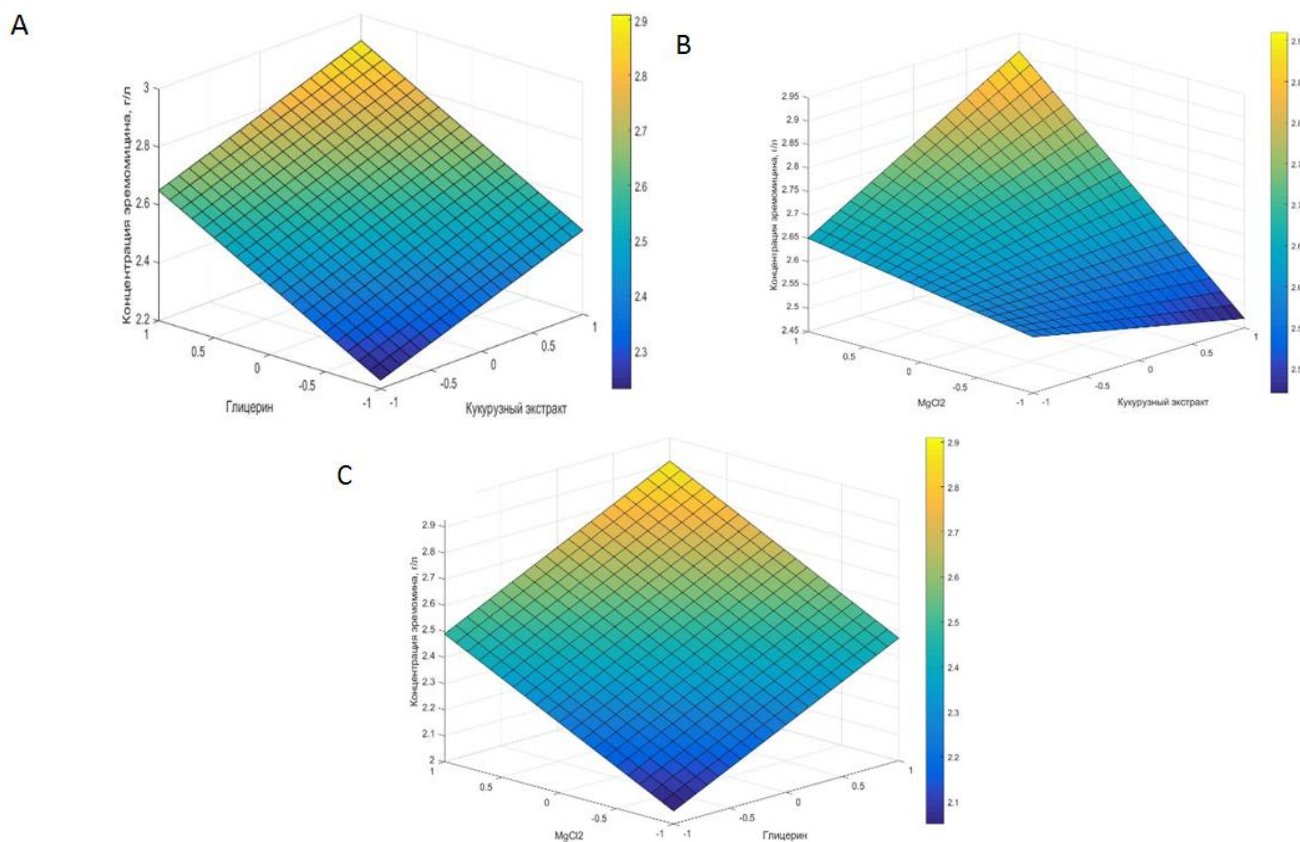


Рис. 1 – Кривые поверхности отклика, показывающие влияние каждого фактора на биосинтез антибиотика эремомицина (А- $X_1=1$; В- $X_2=1$; С- $X_3=1$)

Проверка адекватности показала, что полученное нами уравнение является адекватным. На основании результатов проведенного ПФЭ можно предположить, что для дальнейшей оптимизации среды применение метода крутого восхождения будет эффективным, так как полученная линейная модель адекватна и не является резко асимметричной относительно коэффициентов [11].

Величину шага движения по градиенту концентраций факторов в ферментационной среде рассчитывали по стандартной методике [5], исходя из полученных значений коэффициентов регрессии.

$$b = \frac{b_i}{a},$$

где, a – наименьший коэффициент регрессии; b_i – коэффициент регрессии i -го фактора; b – новый рассчитанный коэффициент регрессии.

Далее была построена новая матрица реализации эксперимента (таб.5), исходя из нового шага варьирования (W_i), рассчитанного по новым коэффициентам регрессии по формуле:

$$W_i = W \cdot b / N,$$

$$b_1 = 1 \quad \Rightarrow \quad W_1 = 0.13$$

$$b_2 = 5.69 \quad \Rightarrow \quad W_2 = 3.56$$

$$b_3 = 3.55 \quad \Rightarrow \quad W_3 = 0.09$$

Таблица 5 – Матрица реализации факторного эксперимента по методу крутого восхождения

№ опыта	Факторы			Y _и , г/л
	X ₁	X ₂	X ₃	
1	4.00	65.00	1.20	2.87±0.05
2	4.13	68.56	1.29	2.90±0.03
3	4.25	72.11	1.38	3.26±0.05
4	4.38	75.67	1.47	3.14±0.04
5	4.50	79.22	1.56	2.82±0.02
6	4.63	82.78	1.64	1.98±0.03
7	4.75	86.34	1.73	1.43±0.05
8	4.88	89.89	1.82	1.20±0.01
9	5.00	93.45	1.91	0.97±0.03
10	5.13	97.00	2.00	0.56±0.06
11	5.25	100.56	2.09	0.05±0.02

На основании проведенных исследований можно заключить, что метод крутого восхождения в данном случае оказался эффективным, так как по сравнению с результатом, полученным для ПФЭ 2³ (2.87 ± 0.03 г/л), продуктивность штамма в опыте № 3 увеличилась примерно на 15% (3.26 ± 0.05 г/л). Таким образом, в результате эксперимента, проведенного по плану «крутого восхождения», была разработана оптимизированная ферментационная среда следующего состава (г/л): глицерин – 72.1, соевая мука – 20.0, MgCl₂ – 1.4, KН₂РO₄ – 0.2, KNO₃ – 6.0, CaCl₂ – 3.0, кукурузный экстракт – 4.3. На данной среде продуктивность штамма VKM Ac-2717D достигала 3.26±0.05 г/л, что более чем на 30% превысило среднюю продуктивность на исходной среде (2.5 г/л).

Обсуждение

В нашем исследовании мы сосредоточились на оптимизации состава ферментационной среды для культивирования штамма *A. orientalis* VKM Ac-2717D с помощью метода полного факторного эксперимента. Подход позволил определить оптимальный состав ферментационной среды, при котором наблюдается наивысшая продуктивность данного штамма.

Состав среды для культивирования является одним из важных параметров, влияющих на конечную продуктивность штамма. Варьирование концентрацией каждого из компонентов среды может позволить значительно увеличить удельную продуктивность штамма без особых экономических затрат.

Реализация опытов, рассчитанных на стадии крутого восхождения, обеспечила увеличение значения продуктивности штамма VKM Ac-2717D (3.26 ± 0.04 г/л) на 30% по сравнению с продуктивностью, полученной на исходной ферментационной среде (2.5 г/л).

С экономической точки зрения увеличение продуктивности штамма на 30%, при незначительном увеличении стоимости питательной среды, позволило уменьшить себестоимость 1 кг субстанции антибиотика на 400 рублей. Это в свою очередь доказывает рентабельность проведенной нами работы по оптимизации состава питательной среды.

Список литературы / References

1. Nagarajan R. Antibacterial activities and modes of action of vancomycin and related glycopeptides/ R. Nagarajan// Antimicrob Agents Chemother. – 1991. - Apr;35(4). – P. 605-609.
2. Арзамасцев А. А. Математические модели кинетики микробного синтеза: возможности использования и новые подходы к разработке/ А. А. Арзамасцев, А. А. Андреев – Вестн. Тамбов. ун-та. Серия: Естеств. и техн. науки. – Т. 5, №1, – 111–130 с.
3. Попова Е. Д. Разработка высокоактивного штамма-продуцента антибиотика эремомицина методом индуцированного ненаправленного мутагенеза/ Е. Д. Попова, В. И. Глаголев, В. А. Савушкин, А. И. Овчинников, В. В. Джавахия // III Международная конференция молодых учёных: биотехнологов, молекулярных биологов и вирусологов – Сб. тез., 2016. – С. 72-75.
4. Kysilka R. Determination of lovastatin (mevinolin) and mevinolinic acid in fermentation liquids / R. Kysilka, V. J. Kren // Chromatography. – – V.630. – P. 415-417.
5. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий/ Ю.П. Адлер, Е.В.Маркова, Ю.В.Грановский – М.Наука, 1976. – 280 с.
6. Афанасьев В.В. Теория вероятностей в вопросах и задачах/ В.В. Афанасьев – М.: 2007. – 350 с.
7. Перт С. Д. Основы культивирования микроорганизмов и клеток/ С.Д. Перт – М.: Мир, 1978. – 331 с.
8. Жерносекова И.В Методы планирования экспериментов при оптимизации питательной среды для стрептомицета/ И.В Жерносекова, Н. П. Черногор, А.А. Тымчук, А. И. Виннико// Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology. Ecology. – 2001. – Vol. 18. N 1 – 20–28.
9. Гайдадин А.Н. Применение полного факторного эксперимента при проведении исследований: метод. указания / А.Н. Гайдадин, С.А.Ефремова – ВолгГТУ. Волгоград, 2008. – 16 с.
10. Бондарь А.Г.Математическое моделирование в химической технологии/ А.Г. Бондарь – «Вища школа», – 280 с.
11. Налимов В.В. Логические основания планирования эксперимента / В. В. Налимов, Т. И. Голикова. - М.: Металлургия, 1981. – 155 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Nagarajan R. Antibacterial activities and modes of action of vancomycin and related glycopeptides/ R. Nagarajan// Antimicrob Agents Chemother. – 1991. - Apr;35(4). – P. 605-609.
2. Arzamastsev A.A. Matematicheskiye modeli kinetiki mikrobnogo sinteza: vozmozhnosti ispolzovaniya i novye podhody k razrabotke [Mathematical models of kinetics of the microbial synthesis: application and new approaches to the

development] / Arzamastsev A.A., Andreev A.A. // Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskiye nauki. [Bulletin of Tambov university. Series: natural and technical sciences] – V. 5, No 1, 2000. – P. 111–130. [In Russian]

3. Popova E.D. Razrabotka vysokoaktivnogo shtamma-produtsenta antibiotika eremomitsina metodom indutsirovannogo napravlenogo mutageneza [Development of highly producing strain of antibiotic-induced ehremomitsin by undirected mutagenesis] / E.D. Popova, V.I. Glagoliev, V.A. Savushkin, A.I. Ovchinnikov, V.V. Dzhavakhiya // III Mezhdunarodnaya konferentsiya molodykh uchenykh: biotekhnologov, molekuliarnykh biologov i virusologov – sb. tez [III International Conference of young scientists: biotechnologists, molecular biologists and virologists – Bulletin], 2016. – P.72–75. [In Russian]

4. Kysilka R. Determination of lovastatin (mevinolin) and mevinolinic acid in fermentation liquids / R. Kysilka, V. J. Kren // Chromatography. – V.630. – P. 415–417.

5. Adler Y.P. Planirovaniye eksperimenta pri poiske optimalnykh usloviy [Planning of Experiment in Search for Optimum Conditions] / Y.P. Adler, E.V. Markova, Yu.V. Granovsky – M. Nauka, 1976. – 280 p. [In Russian]

6. Afanasiev V.V. Teoriya veroyatnostey v voprosakh i zadachakh [Probability theory in questions and problems] / V.V. Afanasiev – M.: 2007. – 350 p. [In Russian]

7. Pert S.D. Osnovy kultivirovaniya mikroorganizmov i kletok [Basic cultivation of microorganisms and cells] / S.D. Pert – M.: Mir, 1978. – 331 p. [In Russian]

8. Zhernosekova I.V. Metody planirovaniya eksperimentov pri optimizatsii pitatelnoy sredy dlia streptomitseta [Methods of Experiment Planning in the Optimization of the Culture Medium for Streptomycetes] / I.V. Zhernosekova, N.P. Chernogor, A.A. Tymchuk, A.I. Vinnik // Bulletin of Dnipropetrovsk University. Ecology [Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology. Ecology.] – 2001. – Vol. 18. No 1 – P. 20–28. [In Russian]

9. Gaydadin A.N. Primeneniye polnogo faktornogo eksperimenta pri provedenii issledovaniy: metod. ukazaniya [The Use of Full Factorial Experiment in Research: Method. Instructions] / A.N. Gaydadin, S.A. Efremova // - VSTU. Volgograd, 2008. – 16 p. [In Russian]

10. Bondar A.G. Matematicheskoye modelirovaniye v khimicheskoy tekhnologii [Mathematical modeling in chemical technology] / A.G. Bondar – "Vishcha Shkola", 1973. – 280 p. [In Russian]

11. Nalimov V.V. Logicheskiye osnovaniya planirovaniya eksperimenta [Logical planning of the experiment base] / V.V. Nalimov, T.I. Golikova. - M.: Metallurgy, 1981. – 155 p. [In Russian]

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.131

Тагиров Н.С.

Кандидат биологических наук,

Дагестанский государственный технический университет (филиал) в г. Дербенте

ВЛИЯНИЯ БЕТА – АГОНИСТА КЛЕНБУТЕРОЛА НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН И МАССУ КУР

Аннотация

Показана эффективность применения кленбутерола на обменные процессы в организме кур, а также компенсация недостатка питательных веществ.

В работе раскрывается влияние кленбутерола на обменные процессы в организме птиц и использование кленбутерола как весьма удобного приема для изучения механизмов регуляции процессов биосинтеза и тем самым оказывать влияние на интенсивность направленного воздействия на обменные процессы в клетках.

Ключевые слова: продуктивность птиц, биологически активные вещества, кленбутерол, масса кур, изменение энергетических затрат.

Tagirov N.S.

PhD in Biology,

The branch of Dagestan state technical University in Derbent

THE INFLUENCE OF THE BETA – AGONIST CLENBUTEROL ON THE ENERGY EXCHANGE AND MASS OF CHICKENS

Abstract

The efficiency of the use of clenbuterol on metabolic processes in the organism of chickens, are summarized in the article as well as compensation of lack of nutrients.

The article reveals the effect of clenbuterol on the metabolic processes in the body of birds and the use of clenbuterol as a very convenient reception to explore the mechanisms of regulation of biosynthesis, processes and also the impact on the intensity of the directed influence on the metabolic processes in the cells.

Keywords: productivity of birds, biologically active substances, clenbuterol, weight of chickens, change of energetic costs.

Основным условием, способствующим повышению уровня продуктивности птиц, является совершенствование методов племенной работы и применение биологически активных веществ. Из имеющихся в настоящее время в арсенале исследователей биологически активных веществ, способных оказывать влияние на количество и качество животноводческой продукции являются бета-агонисты.

Использование бета-агонистов также оказалось весьма удобным приемом для изучения механизмов регуляции процессов биосинтеза, так как с их помощью можно изменить распределение субстратов между органами и тканями животных и тем самым оказывать влияние на интенсивность процессов биосинтеза в клетках.

Биологическое влияние бета-агониста - кленбутерола на живой организм послужило основанием для создания искусственных источников питания в животноводстве и птицеводстве.

Направленно воздействуя на обмен веществ, применением кленбутерола можно повышать мясную продуктивность животных, стимулировать лактацию у коров, рост шерсти у овец, яйценоскость у кур [2; 1].

В связи с изменениями условий содержания животных и птиц выявилась необходимость в научно-обоснованной компенсации недостатка питательных веществ и такого важного фактора, как увеличения массы птиц с помощью кленбутерола. Таким образом, данный вопрос имеет как теоретическое значение, так и практическое значение для использования кленбутерола с целью повышению массы тел у животных и птиц.

Малоизученность влияния кленбутерола на обменные процессы в организме кур явилась поводом для выполнения данной работы.

Материал и методы исследований

Опыты проводились на 20 курах русской белой породы. Все куры были нормального физического развития, средней упитанности. Живая масса ($1,770 \pm 0,24$) кг. Куры были разделены на две группы по 10 голов: 1 - контрольная группа; 2 – опытная.

Кормление птиц 2 – разовое, индивидуальное по нормам, разработанным для интенсивных технологий выращивания и откорма.

Куры опытной группы дополнительно к основному рациону в течение 60 дней получали кленбутерол с кормом в утренние часы. Курам опытной группы давали в дозе 1,0 мг препарата в день.

Кроме того, у кур, как у подопытных, так и контрольных, каждые 15 дней определяли живую массу

Результаты исследований

Полученные экспериментальные материалы по изучению влияния бета-агониста - кленбутерола на энергетический обмен и массу кур приведены в таблицах № 1 и 2. Найдено изменение определенных показателей в опытной группе по отношению к контрольной.

Таблица 1 – Изменение энергетических затрат у кур в связи с применением кленбутерола

Дни	Вариант	Затраты энергии	% (затраты энергии)
1	контроль опыт	4,727 4,727	-
15	контроль опыт	4,727 4,739	0,3
30	контроль опыт	4,727 4,767	0,8
45	контроль опыт	4,727 4,776	1,0
60	контроль опыт	4,727 4,764	0,8

Как видно из таблицы 1, изменение энергетических затрат составило после 15; 30; 45; 60 - го дня опыта соответственно - 0,3%; 0,8%; 1,0% и 0,8% по сравнению к контрольному. При этом следует отметить, что после 45 - го дня опыта наблюдалось значительное увеличение затрат (1,0%) по отношению к контролю.

Из таблицы 2 видно, что кленбутерол оказывает влияние на массу кур. При этом следует отметить значительное увеличение массы кур после 15 – го (66,6%) и 60 - го (39,3%) дней опыта по отношению к контролю. После завершения опыта живая масса кур в контрольной группе была ниже, чем в опытных. Наибольшую живую массу имели куры к концу опыта (113 г) или 39,3% по отношению к контролю.

Приведенные экспериментальные материалы позволяют констатировать, что кленбутерол оказывает значительное влияние на обмен веществ у кур, увеличение окислительно-восстановительных процессов по отношению к контролю. Это сопряжено с изменением обмена веществ в организме птиц.

Одной из главных особенностей биологического действия кленбутерола является изменение функционального состояния обменных процессов у птиц, которые лежат в основе их жизнедеятельности.

Таблица 2 – Изменение живой массы кур в связи с применением кленбутерола

Дни опыта	Группы	Вес кур (г)	Увеличение веса г.	% к контролю
1	контроль опыт	1770 ± 24,0 1770 ± 25,2	-	-
15	контроль опыт	1800 ± 26,0 1820 ± 28,0	30 50	66,6
30	контроль опыт	1880 ± 20,0 1910 ± 27,0	110 140	27,2
45	контроль опыт	1948 ± 22,0 1980 ± 25,3	178 210	17,9
60	контроль опыт	2057 ± 26,3 2170 ± 30,5	287 400	39,3

В большинстве исследований изучалась эффективность использования бета – агонистов при производстве мяса животных. Доказано, что добавление кленбутерола в рацион кур в дозе 1 мг/кг корма увеличивает скорость роста на 24,1 %, эффективность использования корма на 19,1%, а выход мяса на 3,5 % [3]. У кур, получавших кленбутерол, наблюдали рост массы тела и повышение эффективности использования корма [5].

Эффект от применения бета – агонистов зависит также от дозы препарата. Если доза выше оптимальной (1,5 мг/сутки), у кур происходит потеря аппетита [4].

В результате эксперимента установлено, что в опытной группе живая масса кур была выше, чем в контрольной, а также среднесуточный прирост живой массы. Затраты корма в опытной группе были ниже, чем в контрольной на 32%, на 1 кг прироста они составляли 3,5 кг (17,1%).

Таким образом, применение кленбутерола оказывает положительное влияние на рост, развитие, ведет к снижению затрат корма на 1 кг прироста.

Результаты наших исследований подтвердили тот факт, что в условиях целостного организма регуляция обмена веществ в определенной степени осуществляется в результате взаимодействия ряда гормонов.

Результаты работы показали, что эффект кленбутерола связан не только с его прямым влиянием на интенсивность процессов метаболизма веществ, но и на рост и развитие организма.

Выводы

Основные выводы, которые можно сделать из данной работы, можно сформулировать таким образом:

Изменение энергетических затрат во время опыта увеличилось в пользу опытных кур. При этом следует отметить, что после 45-го дня опыта наблюдалось значительное увеличение затрат (1,0%) по отношению к контролю.

После завершения опыта живая масса кур в контрольной группе была ниже, чем в опытных. Наибольшую живую массу имели куры к концу опыта (113 г) или 39,3% по отношению к контролю. При этом следует отметить значительное увеличение массы кур после 15 – го (66,6%) и 60 - го (39,3%) дней опыта по отношению к контролю.

Список литературы / References

1. Мицкевич М.С, Гормональные регуляции в онтогенезе животных. М.,1978.142 с.
2. Эскин И.А. Основы физиологии эндокринных желез. М., 1975., 280 с.
3. Baker P.R., Dalrymple R.H. Ingle D.L., Kicks C.A. Use of beta adrenergic agonist to alter muscle and fat deposition in lambs.// J. Anim. Sci. 1984. v. 59, p. 1256-1261.
4. Brockway J.M., MaoRao J.C. et Williams P.E.V. Side effects of clenbuterol as a repartitioning agents.// Veter. Record., 1987, v. 120, N 16, p.381-383.
5. Higgins J.A. The relation between dietary restriction of clenbuterol (a selective beta-2-agonist) treatment on muscle growth and calpain proteolysis and calpastatin activities in lambs.// Brit. J. of Nut., 1988, v. 60, p. 645-652.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Mickiewicz M., Hormonal regulation in ontogenesis of animals. M., 1978.142p.
2. Eskin, I. A. Basic physiology of the endocrine glands. M. 1975., 280 p.
3. Baker P.R., Dalrymple R.H. Ingle D.L., Kicks C.A. Use of beta adrenergic agonist to alter muscle and fat deposition in lambs.// J. Anim. Sci. 1984. v. 59, p. 1256-1261.
4. Brockway J.M., MaoRao J.C. et Williams P.E.V. Side effects of clenbuterol as a repartitioning agents.// Veter. Record., 1987, v. 120, N 16, p.381-383.
5. Higgins J.A. The relation between dietary restriction of clenbuterol (a selective beta-2-agonist) treatment on muscle growth and calpain proteolysis and calpastatin activities in lambs.// Brit. J. of Nut., 1988, v. 60, p. 645-652.

ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ / VETERINARY SCIENCE

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.184

Гусейнов Н.Г.

Доктор ветеринарных наук, профессор кафедры «Техносферной безопасности», Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

ДИНАМИКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ ЖИВОТНЫХ, ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ КОТОРЫХ ПО РАЗНЫМ ПОКАЗАНИЯМ ПРИМЕНЯЛИ ПРЕПАРАТ НИАЦИД-ПРЕМИКС**Аннотация**

Возбудители инвазионных болезней в процессе эволюции выработали мощные механизмы выживания. Несмотря на попытки бороться с паразитами, проблема инвазий остается актуальной. В связи с этим все больше востребованы новые формы фармакологических препаратов против болезней паразитарной этиологии. В этом плане представляет огромный практический интерес препарат ниацид-премикс. В терапевтических дозах не оказывает отрицательного воздействия на организм животных, не накапливается в продуктах животноводства, удобен в применении. Предназначен как для группового вскармливания, так и индивидуального применения. Статья посвящена исследованию динамики морфологических и биохимических показателей крови животных для лечения которых по разным показаниям применяли препарат Ниацид-премикс в хозяйствах Владимирской и Рязанской областей.

Ключевые слова: паразитозы, инвазия, животные, лечение, ниацид-премикс.

Guseinov N.G.

PhD in Veterinary Medicine and Science, Professor of "Technosphere safety", Murom Institute (branch) Federal state budgetary Educational Institution of Higher Education "Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolay Grigoryevich Stoletovs"

DYNAMICS OF MORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDICES OF ANIMAL BLOOD FOR THE TREATMENT OF WHICH, IN DIFFERENT INDICATIONS TO USE THE DRUG NIATSID-PREMIKX**Abstract**

The causative agents of parasitic diseases in the course of evolution have developed strong coping mechanisms. Despite attempts to fight the parasites invasions problem remains urgent. In this regard, more and more demand for new forms of pharmacological drugs against parasitic diseases etiology. In this context, it is of great practical interest niatsid-drug premix. At therapeutic doses, no adverse effects on the animals, does not accumulate in animal products, it is convenient to use. Designed for group feeding and personal use. The article investigates the dynamics of morphological and biochemical indices of the blood of animals in the treatment for various indications which used the drug Niatsid-premix in the farms of Vladimir and Ryazan regions.

Keywords: parasites, infestation, animals, treatment, niacin-premix.

В современных условиях развития агропромышленного комплекса, когда продукты переработки становятся все более конкурентоспособными, увеличиваются инвестиции в сельскохозяйственное производство, строятся крупные животноводческие комплексы с беспривязным содержанием животных и комплексной механизацией труда [1,3]. Возбудители инвазионных болезней в процессе эволюции выработали мощные механизмы выживания. Несмотря на попытки бороться с паразитами, проблема инвазий остается актуальной.

В связи с этим все больше востребованы новые формы фармакологических препаратов против болезней паразитарной этиологии. В этом плане представляет огромный практический интерес препарат ниацид-премикс на основе натуральных авермектинов продуцируемых *Streptomyces avermitilis*: селенит натрия и биологически активные минералы (циалитов). Он обладает широким спектром действия: (эффективен при лечении паразитозов, вызываемых нематодами пищеварительного тракта, легких и слезных протоков, а также иксодовыми клещами, оводами, вшами и блохами). В терапевтических дозах не оказывает отрицательного воздействия на организм животных, не накапливается в продуктах животноводства, удобен в применении [2,3]. Предназначен как для группового вскармливания, так и индивидуального применения. Работа посвящена изучению его действия на динамику морфологических и биохимических показателей сыворотки крови животных.

Материалы и методы. Работа проводилась в СПК «Заветы Ильича» Касимовского района Рязанской области, СПК «Илькино» Меленковского района Владимирской области.

От опытной группы поросят (12 гол.), группы телят (30 гол.), инвазированных экто- и эндопаразитами (сифункулятоз, аскаридоз, эзофагостоматоз, диктиокаулез), для лечения которых использовали ниацид-премикс была взята кровь на анализ через 7 и 30 дней и проведено сравнение с поросятами и телятами аналогами (6 гол.) и (6 гол.) контрольной группы противопаразитарными препаратами не обрабатывались.

Результаты исследования. На протяжении всего опыта проводились наблюдения за физиологическим и клиническим состоянием подопытных животных. Все животные были клинически здоровыми и хорошо поедали корма. Прирост живой массы у поросят и телят опытных групп за период опыта был сравнительно высоким. Кроме ежедневных наблюдений за поведением животных и поедаемостью кормов, исследовали сыворотку крови и оценивали по таким параметрам: как общий белок, билирубин, мочевины, глюкоза, кальций, фосфор, каротин, активность щелочной фосфатазы, аспартатаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ). Результаты этих исследований представлены в таблицах 1,2,3,4.

Таблица 1 – Морфологические показатели крови поросят

Группа животных	Кол-во эритроцитов, тыс. мкл		Кол-во лейкоцитов, тыс. мкл		Гемоглобин, г/л	
	7 день	30 день	7 день	30 день	7 день	30 день
1 гр. опыт	6,8±0,1	6,8± 0,1	9,7± 0,4	9,8± 0,6	99,6± 0,4	99,6± 0,4
2 гр.контр.	6,9± 0,1	6,9 ±0,1	9,5 ±0,1	9,7± 0,1	99± 0,1	100,5±0,5

Таблица 2 – Биохимические показатели крови поросят

Биохимический показатель	Опыт		Контроль	
	7 дней	30 дней	7 дней	30 дней
Общий белок, г/л	64,0±2,61	68,4±2,58	64,0±2,11	67,3±3,51
Альбумин, г/л	28,0±1,7	30,5±1,5	28,0±1,7	29,9±1,61
Мочевина, ммоль/л	4,24±0,41	4,27±0,72	4,2±1,44	4,21±1,39
Холестерин, ммоль/л	3,33±0,22	3,44±0,26	3,37±0,19	3,78±0,22
Глюкоза, ммоль/л	4,13±0,26	4,16±0,41	4,11±0,21	4,18±0,34
Кальций, ммоль/л	3,53±0,28	3,51±0,22	3,48±0,19	3,57±0,21
Фосфор, ммоль/л	3,42±0,12	3,37±0,13	3,45±0,09	3,38±0,11
Щелочная фосфатаза, е/л	157±12,71	156, 0±12,51	158±13,62	157,3±14,59
Аспаратаминотрансфераза, е/л	50,2±7,87	54,1±6,19	52,7±7,76	56,6±12,14
Аланинаминотрансфераза, е/л	39,9±3,62	41,6±4,27	41,8±7,12	42,4±6,15

Таблица 3 – Биохимические показатели крови телят

Сроки исследования	Общий белок, г/л	билирубин, мкмоль/л	АЛТ, ИЕ/л	АСТ, ИЕ/л
На 7 день	61± 8,05	8,3	8,7± 2,0	37,7± 2,78
На 14 день	57± 6,4	8,4	10,4± 1,5	34,8± 3,9
На 25 день	62± 7,8	10,0	11,2± 1,9	33,5± 4,05
На 7 день	73± 9,2	7,9	15,8± 2,11	35,3± 2,4
На 14 день	62± 8,9	10,7	12,4± 1,87	37,2± 4,55
На 25 день	64± 9,43	11,3	9,9±2,1	34,3± 3,23
Контроль на 7 день	69± 7,5	7,4	11± 1,9	40,4± 5,9
Контроль на 14 день	72± 5,9	9,2	11,6± 1,5	39,1± 4,12
Контроль на 25 день	66± 8,8	8,8	9,7± 0,87	36,7± 4,15

Таблица 4 – Действие препарата Ниацид-премикс на биохимические показатели и содержание фосфора и кальция в сыворотке крови телят

Сроки исследования	Амиаза, И/л	Креати-нин, мкмоль/л	Р, моль/л	Са, ммоль/л
До обработки	95	118	4,1	2,46
На 7 день	93	113	4,3	2,32
На 14 день	99	126	4,0	1,44
На 25 день	104	120	3,9	2,76
До обработки	94	122	4,5	2,34
На 7 день	98	120	4,0	2,39
На 14 день	96	125	4,3	2,42
На 25 день	120	131	4,5	2,51
Контроль, исходн.	97	137	4,9	2,44
Контроль на 7 день	95	129	4,2	2,21
Контроль на 14 день	100	120	4,1	2,35
Контроль на 25 день	101	129	3,8	2,48

Обсуждение результатов. Интерпретация полученных показателей крови животных, подвергшихся лечению препаратом ниакид-премикс, свидетельствует о том, что они находятся в пределах физиологических норм, свойственных клинически здоровым животным. Так количество эритроцитов у поросят в опытной группе на протяжении всего опыта в среднем составляет 6,8 тыс.мкл в группе контроль 6,9 тыс. мкл (норма 6,0-7,5); количество лейкоцитов в опытной группе на 7 день 9,7 тыс. мкл, через 30 дней 9,8 тыс. мкл., в группе контроль соответственно 9,5 тыс. мкл и 9,7 тыс. мкл. (норма 8,0-16,0); гемоглобин в группе опыт 99,6 г/л, в группе контроль 99,0 г/л на 7 день и 100,5 г/л на 30 день (Н. 90-110) (Таблица 1)[2].

Из данных таблицы 2 видно, что концентрация общего белка сыворотки крови в пределах физиологической нормы: это свидетельствует о состоянии здоровья животных. В конце опыта этот показатель в опытной группе незначительно превысил значения группы контроля. Альбумины- наиболее подвижная фракция белка, используемая на нужды синтеза, также характеризует интенсивность белкового обмена в организме животных этот показатель также больше чем контроль. Содержание мочевины и холестерина близки к нижней границе физиологической нормы и существенно не изменились в течение всего опыта. Содержание глюкозы в сыворотке крови наших животных 4,13-4,18 ммоль/л и были близки к верхней границе нормы (2,5 - 4,16 ммоль/л), что говорит об интенсивности усвоения углеводов рациона[2]. Содержание фосфора, кальция и резервная щелочность в сыворотке крови всех животных за период опыта не имеет существенных различий и находится в пределах физиологической нормы. Активность ферментов аминотрансфераз- (АСТ) и (АЛТ) в печени здоровых животных не значительно. Однако при клинически выраженных заболеваниях печени, сопровождающихся структурными изменениями в гепатоцитах, активность (АСТ) и (АЛТ) в сыворотке крови резко увеличивается. В нашем случае у поросят опытной группы эти показатели составили на 7 день опыта (АСТ) =50,2 е/л; (АЛТ)=39,9 е/л. На 30 день опыта (АСТ)=54,1 е/л; (АЛТ)= 41,6 е/л - это ниже, чем аналогичные показатели сыворотки крови животных контрольной группы, соответственно на (4,7%; 4,5% и 4,4 %;1,9%), данные показатели свидетельствуют о том, что препарат ниакид-премикс не обладает кумулятивным свойством, хорошо переносится животными, не оказывает отрицательного воздействия на функции печени, положительно влияет на морфологические и биохимические процессы, протекающие в организме животных.

Данные, полученные в результате проведенных опытов на телятах, свидетельствуют так же об отсутствии негативного влияния на важнейшие биохимические показатели организма животных. Так, содержание общего билирубина и активность аминотрансфераз – аспартатаминотрансфераза (АсАТ), аланинаминотрансфераза (АлАТ) дающие представление о функциональном состоянии метаболизма печени, находятся в пределах физиологической нормы (Таблица 3).

Об этом же говорят данные, полученные при определении активности амилазы, содержания креатинина, фосфора и кальция в сыворотке контрольных и подопытных животных (Таблица 4). Представленные данные свидетельствуют об отсутствии отрицательного действия препарата Ниакид-премикс на минеральный обмен подопытных животных. Как известно, важным показателем как обмена веществ в целом, так и состояния метаболизма в опорно-двигательной системе организмов является соотношение минеральных веществ (фосфора и кальция) в сыворотке крови. Эти показатели дают информацию о характере метаболических процессов и позволяют определять патологические отклонения на ранних стадиях заболевания.

Существуют характерные физиологические нормы содержания микро- и макроэлементов в органах и тканях животных. В настоящее время накоплен огромный фактический материал об участии отдельных элементов в метаболизме живых систем.

Показано, что кальций нужен для формирования костной ткани, нормальной работы мышц миокарда, нервной системы, кожи. Естественное повышение потребности в нем наблюдается в период интенсивного роста. В то же время избыток кальция может нарушить баланс цинка, марганца, железа, йода и меди. Важная роль в обмене веществ организмов принадлежит фосфору, являющемуся составной частью многих

биоорганических молекул. Приведенные в таблице 4 данные свидетельствуют об отсутствии каких-либо отклонений в содержании кальция и фосфора в сыворотке крови подопытных телят.

Заключение. Таким образом, результаты исследований показали: Ниакид-премикс в рекомендуемых терапевтических дозах не оказывает негативного воздействия на основные морфологические и биохимические показатели сыворотки крови животных. У животных, обработанных препаратом, содержание общего белка, иммуноглобулинов, билирубина, активность АСТ, АЛТ, соотношение кальция и фосфора находится в пределах физиологической нормы.

Список литературы / References

1. И.А. Архипов. Изыскания новых препаратов для терапии гельминтозов животных // Труды ВИГИС.-М., 2004.
2. Н.Г. Гусейнов, К.Н. Мирзаева, Т.И. Мельницкая, О.А. Махлис. Оценка терапевтической эффективности препаратов Ниакид-премикс и Экомаст при сифункулятозе и мастите коров.// Ветеринарная медицина – 2014. - №3. – С31-33.
3. В.Г. Ощенко. Эпизоотологическое благополучие ферм по зооантропонозам.- // Веткорм.-М.,№4.-2009.С 23.

Список литературы на английском языке / References in English

1. I.A. Arhipov. Izyskaniya novykh preparatov dlja terapii gel'mintozov zhivotnyh [Research studies of new drugs for the treatment of helminth infections of animals] // Trudy VIGIS [Works of VIGIS].-M., 2004. [in Russian]
2. N.G. Gusejnov, K.N. Mirzaeva, T.I. Mel'nickaja, O.A. Mahlis. Ocenka terapevticheskoj jeffektivnosti preparatov Neocit-Premiks i Jekomast pri sifunkoljatoze i mastite korov. [Evaluation of the therapeutic efficacy of drugs Niatsid-premix and Ekomast at sifunkulyatoze and mastitis cows] // Veterinarnaja medicina [Veterinary medicine] – 2014. - №3. – S31-33. [in Russian]
3. V.G. Oshhenkov. Jepizootologicheskoe blagopoluchie ferm po zooantropozam. [Epizootiology farms welfare for zoonthroposis]- // Vetkorm.-M.,№4.-2009.S 23. [in Russian]

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.102

Матросова Л.Е.¹, Чередниченко Ю.В.², Тухтаманов А.В.³¹Доктор биологических наук, «Казанский инновационный университет им. В.Г. Тимирязова (ИЭУП)»,²кандидат биологических наук, ³аспирант,

«Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности»

**ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ИОНИЗИРОВАННОГО СЕРЕБРА
НА БИОПЛЕНКООБРАЗОВАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ****Аннотация**

В статье представлены результаты исследования препарата на основе ионизированного серебра на биопленкообразование патогенных микроорганизмов. В качестве тест-культур для проведения опытов in vitro использовали Escherichia coli, Bacillus licheniformis и Proteus mirabilis, выделенных от коров, с диагнозом эндометрит. Воздействие препарата «Аквасепто» сопровождалось снижением процесса биопленкообразования и разрушением сформированных биопленок. Определены концентрации препарата оказывающие более выраженный эффект.

Ключевые слова: эндометрит крупного рогатого скота, серебро, препарат, патогенные бактерии, биопленкообразование.

Matrosova L.E.¹, Cherednichenko Yu.V.², Tukhtamanov A.V.³¹PhD in Biology, «Kazan Innovative University named after V.G. Timiryasov (IEML)»²PhD in Biology, ³Postgraduate student,

«Federal Center of the toxicological, biological and radiation safety»

**INFLUENCE OF DRUG ON THE BASIS OF IONIZED SILVER ON BIOFILM FORMATION
OF MICROORGANISMS****Abstract**

Results of research of drug on the basis of ionization silver «Akvasepto» on biofilm formation of pathogenic microorganisms are presented in article. As test cultures for carrying out experiences of in vitro used Escherichia coli, Bacillus licheniformis and Proteus mirabilis allocated from cows with the diagnosis an endometritis. Influence of the drug «Akvasepto» was followed by decrease in process of biofilm formation and destruction of the created biofilms. The concentration of drug rendering more expressed effect are defined.

Keywords: endometritis of cattle, silver, drug, pathogenic bacteria, biofilm formation.

Проблема воспроизводства поголовья крупного рогатого скота продолжает оставаться актуальной. Основная роль в бесплодии животных определяется заболеваниями половых органов. Многие ученые из всех акушерско-гинекологических заболеваний по широте распространения и наносимому ущербу на первое место относят послеродовые эндометриты. Главным результатом лечения коров при послеродовом эндометрите является восстановление их репродуктивной способности. В этом случае необходимо не только подавление патогенной микрофлоры, но и купирование воспалительного процесса, который нередко распространяется за пределы эндометрия в глубинные слои стенки матки [3].

Некоторые хронические инфекции вызываются бактериальными обитателями слизистых оболочек, растущими в виде биопленок (прикрепленное к поверхности сообщество микроорганизмов). Устойчивость бактерий в биопленке к антибиотикам в 1000 раз больше, чем у планктонных форм [1, 2, 5].

Поиск и внедрение препаратов для лечения эндометритов на различных стадиях его развития (острый, хронический и рецидивирующий) остается актуальным вопросом, имеющий теоретический и практический интерес.

В качестве перспективных средств лечения эндометритов коров можно рассмотреть препараты на основе ионизированного серебра. Наночастицы и ионы серебра способны неспецифически и необратимо связываться со многими молекулярными мишенями бактерий, поэтому выработка их устойчивости к серебру и его соединениям маловероятна. К тому же они оказывают системное противовоспалительное действие, индуцируя биохимические процессы, направленные на снижение воспаления даже тех участков, где прямой контакт тканей с наночастицами исключен [3].

Целью данной работы явилось изучение влияния препарата на основе ионов серебра на биопленкообразование патогенных бактерий.

В опытах использовали препарат «Аквасепто», разработанный д.б.н., профессором Ф.А. Сунагатуллиным и показавший эффективность при лечении маститов коров [4]. Препарат представляет собой катодную фракцию активированной воды (католита, «живой воды») и коллоидного серебра.

Материалы и методы. В качестве тест-культур использовали микроорганизмы, изолированные из мазков влагалищной слизи больных эндометритом и леченых антибиотиками коров. Идентификацию выделенных культур проводили общепринятыми микробиологическими методами. Культуры инкубировали при температуре 37°C в течение 24 ч на мясо-пептонном агаре.

Чувствительность выделенных микроорганизмов к антибактериальным препаратам – канамицин, гентамицин, цефазолин, линкомицин и эритромицин исследовали диско-диффузионным методом

Для количественного учета интенсивности пленкообразования из суточных культур исследуемых микроорганизмов в стерильном изотоническом растворе хлорида натрия готовили разведения 5 ЕД (5×10^6 КОЕ/см³). Суспензию микроорганизмов готовили по отраслевому стандартному образцу мутности.

На первом этапе исследования в лунки полистиролового планшета для иммуноферментного анализа вносили 100 мкл микробной суспензии и препарат «Аквасепто» в различных концентрациях (25, 50 и 75 % на физиологическом растворе) в опытные лунки, и питательную среду в аналогичных количествах в контрольные образцы. Посевы инкубировали при непрерывном низкоамплитудном встряхивании в шейкере-инкубаторе PST-100 HL при

температуре 37°C в течение 48 ч. В следующей серии опытов в лунки полистиролового планшета вносили 100 мкл микробной суспензии. Посевы инкубировали при непрерывном низкоамплитудном встряхивании в шейкере-инкубаторе PST-100 HL при температуре 37°C в течение 24 ч. Затем вносили препарат «Аквасепто» в различных концентрациях (25, 50 и 75% на физиологическом растворе) в опытные лунки и питательную среду в аналогичных количествах в контрольные образцы, с последующей инкубацией при 37°C в течение 24 ч.

Содержимое лунок удаляли и вносили на 30 мин. для окрашивания биопленок 0,1% водный раствор кристаллического фиолетового. После удаления из лунок раствора кристаллического фиолетового, проводили экстракцию красителя из биопленки в 96% этиловом спирте в течение 1 ч при комнатной температуре. Для построения калибровочной кривой готовили спиртовые растворы кристаллического фиолетового с концентрацией 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 25 и 50 мг/л. Измерение концентрации кристаллического фиолетового проводили на фотометре микропланшетном (Multiscan FC) при длине волны 580 нм.

Результаты и их обсуждение. Микробиологическим исследованием влажной слизи больных и леченых коров в большинстве случаев изолировали *Escherichia coli*, *Bacillus licheniformis* и *Proteus mirabilis*.

Выделенные изоляты *Escherichia coli* были устойчивы в отношении линкомицина; *Bacillus licheniformis* проявляла резистентность к линкомицину, эритромицину и цефазолину; *Proteus mirabilis* обладали устойчивостью к эритромицину. В отношении остальных антибиотиков – зона задержки роста составила не более 7-10 мм.

Все тестируемые изоляты обладали выраженной способностью к образованию биопленок *in vitro*.

Оценку влияния препарата «Аквасепто» на биопленкообразование бактерий проводили в 2 этапа. На первом оценивали влияние препарата на процесс биопленкообразования. Установлено, что 50% концентрация препарата снижала данный процесс у изолятов *Escherichia coli* (изолированных от больных коров) и *Bacillus licheniformis* на 18,6 % ($p<0,05$) и 76,0 % ($p<0,001$) соответственно, относительно контроля. Под влиянием «Аквасепто» в концентрации 75 % у изолятов *Escherichia coli* (изолированных от леченых коров) и *Proteus mirabilis* биопленкообразование снижалось на 13,4 ($p<0,05$) и 26,6 % ($p<0,01$) соответственно, относительно контроля. Остальные концентрации препарата оказывали менее выраженный эффект по отношению к тестируемым бактериям.

На втором этапе определяли способность «Аквасепто» разрушать сформировавшиеся микробные биопленки. Было установлено, что наиболее эффективная концентрация препарата при которой он способен разрушать биопленки на 35,6 и 59,0 % ($p<0,001$) у изолята *Escherichia coli* (изолированных от больных коров) составила 50 и 75 % соответственно относительно контроля; у *Escherichia coli* (изолированных от леченых коров) на 32,1 % ($p<0,001$) относительно контроля при концентрации препарата 75 %; *Bacillus licheniformis* и *Proteus mirabilis* на 74,0 и 37,0 % ($p<0,001$) соответственно, относительно контроля при 50 % концентрации «Аквасепто». Другие концентрации препарата по отношению к *Escherichia coli*, *Bacillus licheniformis* и *Proteus mirabilis* показали менее выраженную эффективность.

Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что препарат «Аквасепто» способен снижать процесс формирования и разрушать уже сформированные микробные биопленки *in vitro*. Причем, выделенные изоляты *Escherichia coli* от леченых коров в составе биопленок обладают более высокой устойчивостью к воздействию данного препарата и требуют более высокой его концентрации. Таким образом, препарат «Аквасепто» может применяться для лечения как острого, так и хронического или рецидивирующего (при формировании биопленок) воспалительного процесса, вызванного патогенной или условно-патогенной микрофлорой.

Список литературы / References

1. Данилова Т.А. Формирование биопленок стрептококками группы А разных типов и изучение влияния антибиотиков на этот процесс / Т.А. Данилова, Г.А. Данилина, А.А. Аджиева [и др.] // Журнал микробиология, эпидемиология и иммунобиология. – 2015. – № 2 – С. 50-54.
2. Костюкова Н.Н. Пневмококковые биопленки как форма персистенции: образование, структура, роль в патогенезе, иммунный ответ / Н.Н. Костюкова, В.А. Бехало // Журнал микробиология, эпидемиология и иммунобиология. – 2015. – № 4. – С. 55-62.
3. Крутяков Ю.А. Эффективность нового антибактериального препарата Аргумистин при хроническом эндометрите у коров / Ю.А. Крутяков, П.Г. Симонов, Ю.А. Хаперский [и др.] // Ветеринария. – 2015. – № 10. – С. 42-45.
4. Пат. 2414226 Российская Федерация. Способ лечения коров, больных субклиническим маститом / П.В. Бурков, Ф.А. Сунагатуллин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Уральская государственная академия ветеринарной медицины». - № 2009139587/15; заявл. 26.10.2009; опубл. 20.03.2011 г.
5. Терентьева Н.А. Характеристика образования, ингибирования и разрушения биопленок *Yersinia pseudotuberculosis*, формирующихся на абиотических поверхностях / Н.А. Терентьева, Н.Ф. Тимченко, Л.А. Балабанова [и др.] // Журнал микробиология, эпидемиология и иммунобиология. – 2015. – № 3 – С. 72-78.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Danilova T.A. Formirovaniye bioplenok streptokokkami gruppyi A raznyih tipov i izuchenie vliyaniya antibiotikov na etot protsess [Biofilm formation by group A streptococci of various types and study of antibiotics on this process] / T.A. Danilova, G.A. Danilina, A.A. Adzhieva and others // Zhurnal mikrobiologiya, epidemiologiya i immunobiologiya [Journal of Microbiology Epidemiology and Immunobiology]. – 2015. – № 2 – P. 50-54. [in Russian]
2. Kosyukova N.N. Pnevmonokkovyye bioplenki kak forma persistentcii: obrazovanie, struktura, rol v patogeneze, immunnyiy otvet [Pneumotropic causative agents in nasopharynx of children with respiratory pathology] / N.N. Kosyukova, V.A. Behalo // Zhurnal mikrobiologiya, epidemiologiya i immunobiologiya [Journal of Microbiology Epidemiology and Immunobiology]. – 2015. – № 4. – P. 55-62. [in Russian]
3. Krutyakov Yu.A. Effektivnost novogo antibakterialnogo preparata Argumistin pri hronichescom endometrite u korov [Efficiency of a new antibacterial preparation Argumistin® at a chronic endometritis at cows] / Yu.A. Krutyakov, P.G. Simonov, Yu. A. Naperskiy and others // Veterinariya [Veterinary]. – 2015. – № 10. – P. 42-45. [in Russian]

4. Pat. 2414226 Rossiyskaya Federatsiya. Sposob lecheniya korov, bolnyih subklinicheskimi mastitom [The Russian Federation. Method of treatment of cows suffering from subclinical mastitis] / P.V. Burkov, F.A. Sunagatullin; заявитель и патентообладатель FGOU VPO «Uralskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy mediciny» [applicant and patentee FGOU VPO «Ural state Academy of veterinary medicine»]. – № 2009139587/15; заявл. 26.10.2009; опубл. 20.03.2011. [in Russian]

5. Terenteva N.A. Harakteristika obrazovaniya, ingibirovaniya i razrusheniya bioplenok Yersinia pseudotuberculosis, formiruyschih na abioticheskikh poverhnostyakh [Characteristics of formation, inhibition and destruction of Yersinia pseudotuberculosis biofilms forming on abiotic surfaces] / N.A. Terenteva, N.F. Timchenko, L.A. Balabanova and others // Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii [Journal of Microbiology Epidemiology and immunobiology]. – 2015. – № 3 – P. 72-78. [in Russian]

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOGRAPHY

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.149

Горшкова А.Т.¹, Урбанова О.Н.², Бортникова Н.В.³, Павлова О.В.⁴, Валетдинов А.Р.⁵

¹ORCID:0000-0002-9149-3714, Кандидат географических наук, ²старший научный сотрудник,

³научный сотрудник, ⁴младший научный сотрудник, ⁵кандидат технических наук,

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРА ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА РЕГИОНА ЗАПАДНОЕ ПРЕДКАМЬЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Аннотация

В статье представлены результаты научного исследования бассейнов рек территории Западного Предкамья Республики Татарстан. В ходе изучения проведён анализ физико-географических условий территории. Определено, что на исследованной территории наблюдается активная трансформация гидрографической сети, увеличение водности и возрастание доли подземного питания рек. Подтверждено, что геоморфологическая основа территории является ведущим фактором формирования, движения и процессов интенсификации разгрузки подземных и инфильтрации поверхностных вод. Не менее важную роль в формировании стока играет и антропогенный фактор. Так, создание крупнейшего в Европе водохранилища привело к перестройке морфолитогенного слоя земли и перераспределению горизонтов подземных вод на вновь образованном огромном бассейновом пространстве Куйбышевского водохранилища. Воздействие коснулось, в первую очередь, изменения строения гидрографической сети малых рек – прямых притоков водохранилища. Также большую роль в изменении условий формирования поверхностного стока играет характер освоения территориального пространства. Границы городов и сельских поселений разрастаются. При этом в градостроительстве превалирует целевой подход реконструирования ландшафтов. Немаловажным аспектом территориального преобразования является и сельскохозяйственная деятельность. В перспективе исследования коснутся и вопросов количественного увеличения заборов воды из подземных источников на густонаселённых участках территории Республики Татарстан, которые предположительно имеют существенное влияние на процессы переформирования поверхностного стока.

Ключевые слова: поверхностный сток, бассейны рек, геоморфология, модуль подземного питания.

Gorshkova A.T.¹, Urbanova O.N.², Bortnikova N.V.³, Pavlova O.V.⁴, Valetdinov A.R.⁵

¹ORCID:0000-0002-9149-3714, PhD in Geography, ²senior researcher, ³researcher, ⁴junior researcher,

⁵PhD in Engineering

Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences CHANGES THE MODE SURFACE RUNOFF IN THE WESTERN PREDKAMYA OF THE TATARSTAN REPUBLIC

Abstract

The article presents the results of a scientific research in the river basins of the West Predkamja of Tatarstan Republic. In a study conducted an analysis of physical and geographical conditions of the area. It was determined that there is an active transformation of the hydrographic network, an increase in water content and the proportion of underground water. It has been confirmed that the geomorphologic land base is a leading factor in the formation, movement and unloading processes of intensification of underground and surface water. But and the human activity is no less important. So the creation of Europe's largest reservoir has caused the restructuring of geomorphologic layer of the earth and led to a change in underground water levels within the new huge pool Kuibyshev reservoir. At first, it changes the structure of the rivers flowing into the reservoir. The style of development of the territorial space also plays a major role in the changes of the stream flow formation. City apartments and settlements increase in size. In the town planning prevalent targeted approach to the design populated areas, where the natural landscape is seen as a resource for urban development. The agriculture is another important aspect of the territorial transformation. In the future, research will concern the issues of quantitative increase in water intake from underground sources in densely populated areas of the territory of the Tatarstan Republic, which presumably have a significant impact on the process of runoff reforming.

Keywords: runoff, watersheds, geomorphology, underground supply module.

Исследования характера и условий формирования поверхностного стока на территории Республики Татарстан показывают, что трансформация природных объектов, выраженная в изменениях морфометрических характеристик, появлении и исчезновении водоёмов и водотоков, сокращении расходов воды, в последнее время

стала менее предсказуемой, и получила существенное ускорение в связи с интенсификацией происходящих геологических и ландшафтных преобразований. Причины стремительных изменений состояния географических объектов заключаются в характере перераспределения доли подземного питания, переформировании поверхностного стока, количественном увеличении встречаемости карстово-суффозионных процессов и эрозионных явлений. Предполагается, что изменения, в первую очередь, обусловлены влиянием подпора Куйбышевского водохранилища, способствующего перераспределению горизонтов подземных вод и видоизменяющего характер подземного питания водных объектов по всей площади обновленного бассейна Волги, которые, как, кстати, и ложе водохранилища, активно реструктурируются уже 60 лет. Равноценный вред наносит и бесконтрольный забор воды из подземных источников прогрессивно увеличивающимся количеством оседлого населения в пределах бассейновых территорий.

В Институте Проблем Экологии и Недропользования Академии наук Республики Татарстан начата работа по изучению динамики изменения речных и озёрных систем в рамках реализации глобальной научной тематики - исследования морфолитоогенной трансформации в бассейне Волги. Результаты анализа будут служить основой для обстоятельного осмысления возможности внесения изменений в законодательные акты, регулирующие водные отношения.

Исходным материалом для исследований служит созданная гидрологами института База Данных Автоматизированной Системы Оценки Водных Ресурсов (БД АСОВР), позволяющая оперировать данными в зависимости от установочной цели [1]. Необходимость получения обновленных и дополненных сведений по процессам стокообразования обусловлена, в частности, принятием новых законов использования земельных и водных ресурсов. В период 2009-2016 гг. в результате комплексных экспедиционных исследований были получены новые сведения по 2000 рек регионов Предволжья и Предкамья республики, включая и ранее не обследовавшиеся, что существенно пополнило списки водотоков. Параллельно методом дистанционного зондирования проведены инвентаризация и определение современных морфометрических параметров 3000 озер территории Республики Татарстан. Основная цель работы – выявление тренда в процессах формирования поверхностного стока, на фоне происходящих природных, как глобальное потепление, и антропогенных, как целевой архитектурный стиль освоения территориального пространства, изменений, а также определения скорости проявления новых процессов и тенденции изменения экологической ситуации.

Объекты и методы исследования

Наблюдения и измерения проводили в пределах речных бассейнов и их частях, замыкаемых постоянным (створом ФГБУ "УГМС Республики Татарстан") или временным (экспедиционным) гидрометрическим створом, на котором организовывались систематические наблюдения для определения устойчивости водного режима за период проведения работ. Измерение расходов проводили в количестве, предусмотренном в рекогносцировочных схемах маршрутов, обязательно в начале и в конце обозначенного участка реки, в устьях всех притоков, родников, на постах ФГБУ "УГМС Республики Татарстан"), благодаря чему смежные замеры обеспечивались, по крайней мере, одним повторным измерением. Если река принимала приток, расход которого превышал расход основной реки более чем на 30%, измерения производили выше притока, в его устье и ниже, что обусловлено необходимостью проверки правильности измерений последующим балансовым расчетом. Гидрометрические работы выполняли в соответствии с разработанными указаниями, которые предусматривают точность отсчетов при измерении глубин, расстояний, скоростей, расположение промерных и скоростных вертикалей, обеспечивают достоверность обработки цифровой матрицы и последующую систематизацию материалов [2]. Все гидрометрические измерения проводили в короткий период устойчивой летней межени, когда речной сток формируется в основном подземной составляющей и исключается влияние метеорологических факторов.

Для исключения случайных и систематических, объективных и субъективных ошибок и в целях получения статистически однородных величин применялся метод графического осреднения измеренных расходов, позволяющий получить относительно точную характеристику изменчивости расходов воды в бассейне. Приведение полученных данных к многолетним обеспеченным значениям произведено с помощью переходных коэффициентов, полученных для постов УГМС с длительными рядами наблюдений, из числа расположенных на изучаемых реках, но с учетом категории подземного питания.

Величина интенсивности подземного питания, выраженная в виде модуля стока, определена путем деления приращения расхода воды на приращение площади водосборного участка или делением устьевых расходов притока на площадь его водосбора. В качестве единицы площади принят элементарный частный водосбор, не всегда однородный по своей величине, высотному положению, характеру растительности, геологическому строению. Анализ данных геолого-гидрогеологических материалов водосбора частного бассейна позволяет выявить местные особенности и установить причины различий в величине модулей подземного питания, формирующегося в основном за счет вод первого гидрогеологического комплекса, движение которых определяется уклоном водоупоров. На основании вычисленных модулей составлены карты интенсивности подземного питания, величина которой изображается площадным фоновым способом, показывающим преобладающее значение подземного питания в частном бассейне, при этом детальность изображения зависит от масштаба.

Результаты и их обсуждение

Обязательным компонентом анализа при исследованиях трансформации водных систем является изучение структуры геоморфологической основы территории, как основополагающего фактора формирования, движения и разгрузки подземных и поверхностных вод.

Регион Предкамья, площадью более 20,0 тыс. км², занимает северную часть территории республики, расположенную в междуречье крупных рек Волги и Камы. На северо-западе регион граничит с Республикой Марий Эл, на востоке - с Кировской областью и Удмуртской Республикой, на юге граница проходит по Каме. Река Вятка, также протекающая в Предкамье, делит его территорию на две части: Западную и Восточную [3].

Геоморфологическую основу территории составляет западный склон Северо-Татарского свода Казанско-Кировского прогиба, имеющий характерное двухъярусное строение. Кристаллический фундамент данной территории образуют породы архея, нижнего и среднего протерозоя, а осадочный чехол сформирован палеозойскими и кайнозойскими отложениями [4]. Мощность осадочного чехла, формирование которого тесно связано с дифференцированными движениями блоков фундамента, достигает 1.6 км над сводами поднятий, а во впадинах 2.5 км. Палеозойские образования сформировались в период максимальных погружений региона, а кайнозойские - при его поднятии. Кристаллический фундамент Северо-Татарского свода характеризуется значительной расчлененностью, что проявляется в структуре осадочного чехла наличием четких линейных валов и валообразных зон с господствующим северо-восточным простираем. Конфигурация фундамента определяет базовую структуру рельефа и характер формирования ландшафтов Западного Предкамья, где выделяются три обособленные части, определяемые асимметрией междуречий. Сформированы они Волго-Вятским водоразделом, переходящим на юго-востоке территории в Вятско-Камский и Волго-Камский водоразделы, отделяющими камские правосторонние притоки от волжских левосторонних. Первая часть – это длинный и пологий спуск к Волге, в пределах которого течение волжских притоков направлено на запад, вторая – короткий и крутой спуск к Вятке, по которому вятские притоки направляют свои воды на восток, третья - короткий спуск к Каме, где камские притоки первого порядка разгружаются в водохранилище [5]. Водораздельные пространства характеризуются высотами до 195 м; максимальная точка достигает 280 м.

Отличительной особенностью территории Западного Предкамья является повсеместно наблюдаемый подъем глубинных высокоминерализованных вод. Специфическое высокоминерализованное подземное питание особенно сказывается на формировании стока р.р. Казанка, Илеть, Ашит, Ашланка, Меша. Глубинные подземные пласты воды разгружаются на поверхность из-под нижней границы положительной тектонической структуры Вятского Увала, обрамляющей с северо-запада территорию Западного Предкамья [6]. Таким образом, к Вятскому Увалу приурочены высокие значения модулей подземного питания, обусловленные выводом на поверхность глубоких водоносных горизонтов напорного типа, разгружающихся в русла основных рек, чему способствует и уклон подземного потока, направленный на юг и на восток, согласно понижению кровли нижеказанского подъяруса [7]. В связи с меридиональным направлением подземного потока, все реки, расположенные широтно, отличаются высокой водностью.

Поскольку основную часть территории Западного Предкамья занимают большие бассейны рек – Илеть, Казанка и Меша, а также правосторонние притоки Вятки и прямые притоки Куйбышевского водохранилища, в данной статье им уделено особое внимание.

Илеть - левый приток Волги, в Государственном Водном Реестре РФ зарегистрирован под кодом 08.01.04.007.12112100001524. Длина реки 204 км, площадь водосбора 6471 км². По территории Республики Татарстан Илеть протекает в лесном массиве на северо-западе Высокогорского муниципального района. Территория основного бассейна расположена на востоке Республики Марий Эл. Исток лежит у д. Куфтино на высоте 160 м БС, устье - в 4 км западнее г. Волжска на высоте 53 м БС.

Водосбор Илети представляет собой сильноволнистую равнину, сложенную в основном песчаными, реже суглинистыми грунтами, глубоко расчлененную речными долинами, балками и ложбинами. В высотном отношении водосбор неоднороден. Понижение высот происходит неравномерно, а серий отдельных возвышенностей, которые образуют охватывающий весь бассейн район тектонических Вятско-Марийских поднятий. В бассейне широко представлены проявления карста - воронки, озера, слепые овраги, сухие русла рек, которые в одних случаях являются поглотителями поверхностного стока и приводят к устойчивому пересыханию рек, а в других являются источниками повышенного напорного подземного питания рек [8].

Русло Илети извилистое, неразветвленное, встречаются острова длиной 0.6-1.4 км, шириной 140-250 м и высотой 0.3-0.5 м, полностью затапливаемые в половодье. В верхнем течении река мелководна, шириной 5-10 м, глубиной 0.2-0.5 м, со скоростями течения 0.1-0.3 м/сек. К устью ширина реки увеличивается до 45-55 м. Глубины изменяются от 0.4-1.0 м на перекатах до 1.5-3.6 м на плесах. Илеть принимает 56 притоков, наибольшие из которых р.р. Параньгинка (21.9 км), Шора (48.8 км), Ировка (66.3 км), Яранка (24.2 км), Ашит (83 км), Кужерка (18.3 км), Вонча (49.2 км), Петьялка (53.6 км), Юшут (121.7 км) [9]. Густота речной сети в бассейне составляет 0.41 км/км². Продольные профили рек бассейна отличаются значительным разнообразием и сложностью. В ряде случаев имеют место резкие переломы, обычно совпадающие с пунктами поступления в русло больших количеств подземных вод.

Гидрометеорологические наблюдения за режимом Илети ведутся на водомерных постах у с. Красногорский лесозавод (с 1941 г.), на р. Юшут у д. Помаштур (с 1962 г.). Естественный ход уровней Илети у с. Красногорский лесозавод искажается заломами леса выше и ниже поста, а также влиянием лесосплавной плотины, расположенной на р. Юшут. Среднее годовое колебание уровня воды на р. Юшут у с. Помаштур составляет 1.3 м, максимальное 2.4 м. Вода в р. Юшут, как, впрочем, и на многих других притоках Илети, не замерзает, вследствие поступления большого притока подземных вод.

При проведении сравнительного пространственно-временного анализа однородных по типу питания объектов, какими являются реки Западного Предкамья, можно опираться на такие интегральные показатели, как модуль подземного питания, который включен в число набора информативных показателей при проведении геоэкологической оценки пространственных структур. В разрезе бассейна Илети модули подземного питания изменяются в широком диапазоне, имеют местами и отрицательные значения, поскольку притоки отличаются значительным разнообразием и сложностью, обусловленными поступлением в их русла больших количеств подземных вод. Именно в таких местах и фиксируется наибольшее возрастание значений модуля.

Удобен показатель модуля подземного питания и для картографического отображения. По результатам расчетов построены карты, легенда к которым разработана с таким расчетом, чтобы показать всю гамму переходов от самых низких значений модуля стока до максимально высоких (рис. 1).

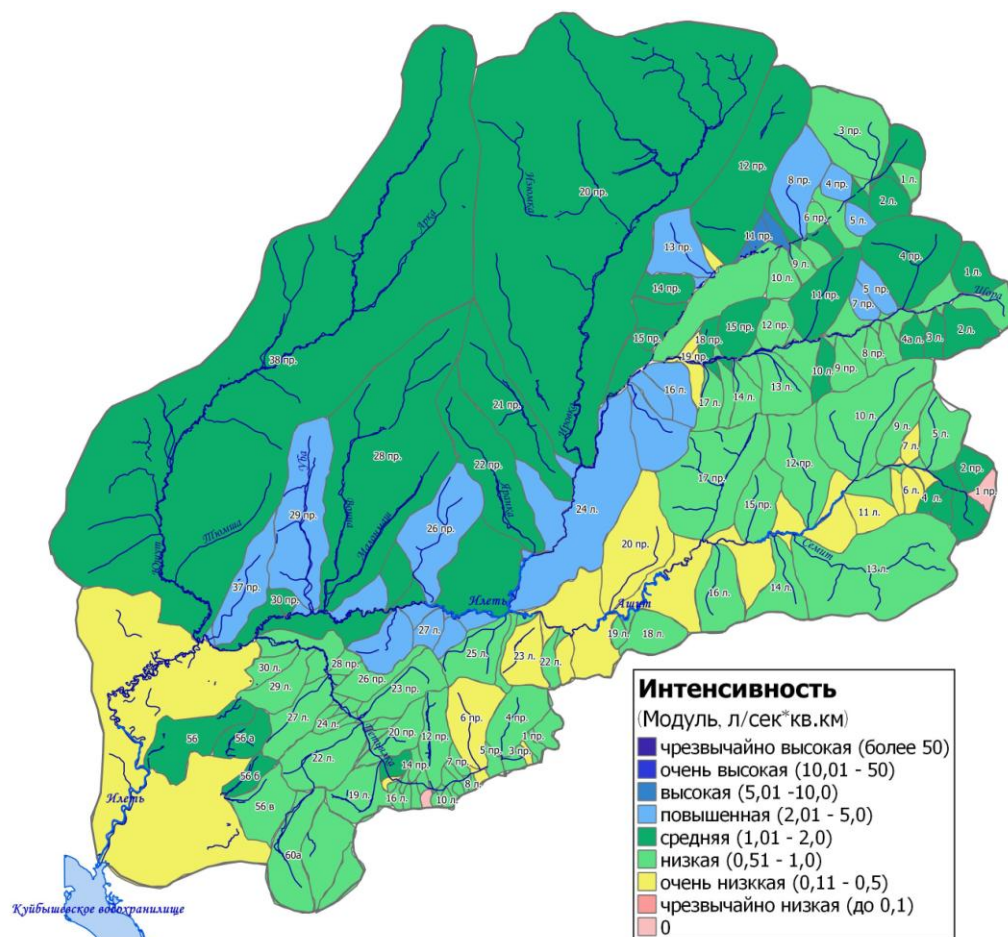


Рис. 1 – Интенсивность подземного питания бассейна р. Илеть

Казанка - левый приток Волги, в Государственном Водном Реестре зарегистрирован под кодом 11.01.00.001.12112100003182. Длина реки 140 км, площадь водосбора 2600 км². Бассейн Казанки полностью входит в границы республики; основная река и притоки формируются в пределах Арского, Атинского, Высокогорского, Пестречинского муниципальных образований и г. Казани. В настоящее время на Казанке действует один водомерный пост у г. Арск (с 1934г.).

Исток Казанки расположен в лесном массиве северо-восточнее д. Бимери Арского муниципального района на западных склонах Вятского Увала. Парадоксально, что для такой популярной у исследователей и стратегически важной водной артерии координаты истока были определены только в 2009 г. при проводившихся нами гидрологических изысканиях, тогда на участке 84 квартала лесного массива был установлен знак с надписью: «Исток реки Казанка. 56°15' СШ. 50°07'ВД. 25.08.2009. ИПЭН АН РТ».

Равнина, на которой располагается бассейн Казанки, имеет общий уклон поверхности к юго-западу, постепенно понижаясь к Волге. Средняя ширина водосбора почти на всем его протяжении составляет 17-18 км. Абсолютная максимальная высота водосбора достигает 210 м БС, а отметки уреза воды изменяются от 91 м БС (выше г. Арск) до 53,2 м БС (выше с. Большие Дербышки). Казанка принимает 41 приток первого порядка, суммарная длина притоков составляет 22 410,9 км. Самым длинным притоком является р. Нокса протяженностью 42 км. Чуть меньшую длину имеет р. Кисьмень - 35 км. Реки Красная, Шимьяковка, Сула, Солонка, Киндерка, Вerezинка имеют длину от 25 до 28 км. Немного уступает им р. Ия-Су - 21,9 км. Еще ряд притоков первого порядка несут свои воды в Казанку на протяжении 11-20 км [10].

Казанка самая изменившаяся за 60 лет с момента создания Куйбышевского водохранилища река. Строительство речного порта, создание инженерной защиты Казани от наводнений сопровождалось спрямлением русла Казанки, что механически сократило длину реки со 172 км до 140 км. По истечении полувекового периода с момента создания водохранилища стали проявляться и другие изменения в гидрографии речной сети, являющиеся пролонгированным воздействием подъема уровня воды. Последние исследования показывают, что суммарная величина гидрографической сети бассейна Казанки увеличилась более чем на 150 км, а количество притоков возросло со 126 до 254. Густота речной сети, соответственно, возросла с 0,30 км/км² до 0,40 км/км². Изменилось число притоков 2, 3, 4 порядков, появились речки 5 порядка по отношению к Казанке. Длина появившихся притоков не более 5 км. Наряду с этим отмечено частичное или полное пересыхание 60 коренных притоков разного порядка. Основная доля гидрографических преобразований лежит в зоне вероятного воздействия подпора, простирающегося по рельефу местности выше 53 м БС отметки нормального подпорного уровня Куйбышевского водохранилища. Очевидно, что уравнивание сообщающихся по высоте уровней подземных водоносных пластов морфолитоогенной платформы бассейна и водохранилища не дает водам разгружаться в пределах «привычных» тальвегов, как это происходило до создания водохранилища, и постепенно вода находит новые выходы, наполняя все возможные эрозионные углубления рельефа, которые встречаются на её пути. По-видимому, процесс этот по времени прохождения соответствует

процессу формирования ложа водохранилища, который с разной интенсивностью и в различных проявлениях успешно продолжается и сегодня. Анализ условий формирования стока Казанки показывает, что фиксирующееся изменение водности реки частично связано и с усилением дренирования глубинных горизонтов подземных вод. Это явление уже глобального характера, соответствующее сценарию развития событий меридиональной эпохи атмосферной циркуляции, сопровождающейся сменой периодов потепления, увеличением давления, наполнением глубинных подземных пластовых вод и смещением солевого баланса.

Величина модуля подземного питания Казанки, особенно в местах разгрузки напорных подземных вод, возросла за полвека с 10,0 л/сек*км² до 50,0 л/сек*км². Поскольку основу подземного питания Казанки представляют напорные глубинные источники, то увеличение их поступления обусловлено увеличением разгрузки вод Вятского Увала (рис. 2).

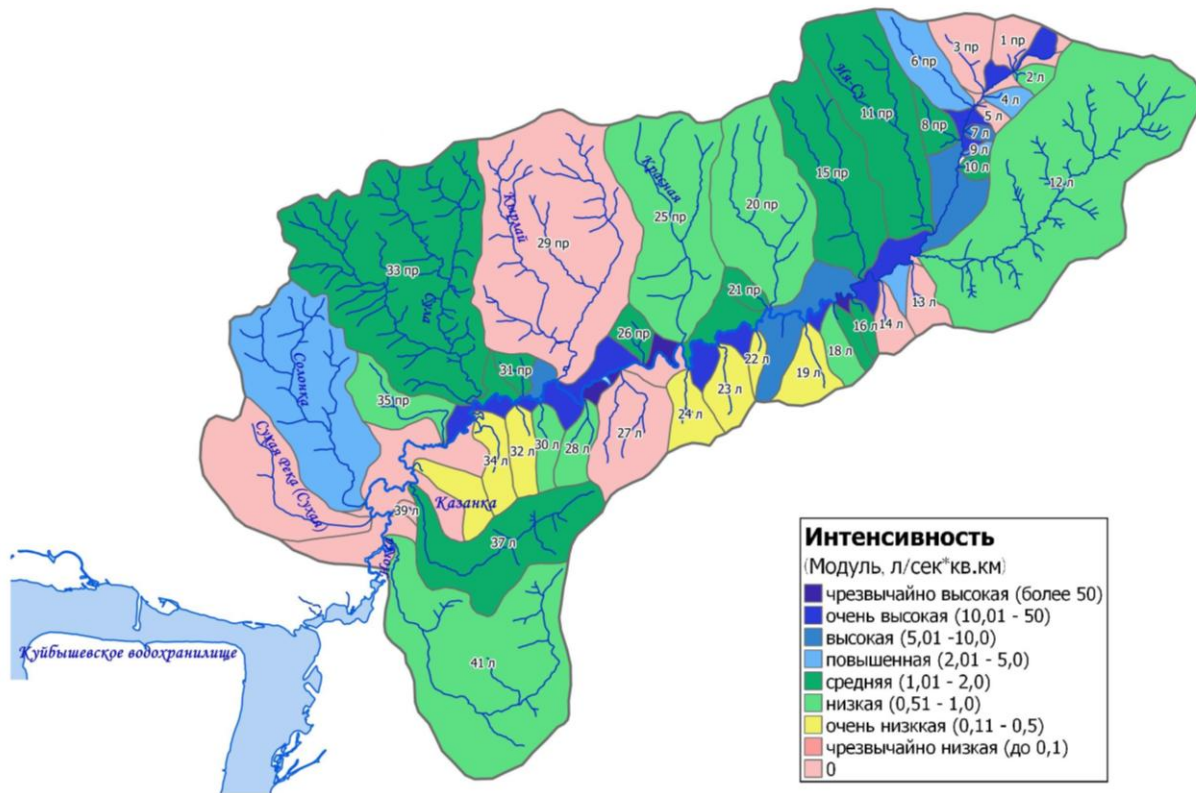


Рис. 2 – Интенсивность подземного питания бассейна р. Казанка

Следует отметить, что в аномально засушливый 2010 г. отсутствие поверхностного питания в период летней межени сказалось на расходах лишь верхнего течения реки. В среднем течении Казанки водность реки оставалась стабильной за счет поступления воды из притоков, имеющих устойчивое питание. В устье реки величина расхода в маловодный период 2009-2010 гг. снижалась лишь на 1 м³ по сравнению со среднееголетними значениями (6,8 м³/сек).

На фоне преобладания высокой интенсивности подземного питания в бассейне Казанки встречаются участки с низкими почти нулевыми модулями и, наоборот, на фоне преобладания низкой интенсивности подземного питания встречаются участки со средними и даже высокими модулями подземного питания для отдельных водосборов. Связано это как с расположением мелких рек и ручьев в пределах положительных структур III и более высоких порядков, так и с породами, слагающими территорию. К примеру, обширный район на юго-западе бассейна сложен нижне- и среднечетвертичными континентальными отложениями, которые представлены чередованием песков, глин и суглинков. Выдержанные водоносные горизонты отсутствуют, поэтому протекающие здесь реки отличаются низкой водностью или даже пересыхают (р.р. Сухая Река, Шимяковка). К седловинам между положительными структурами III и более высоких порядков, приурочены участки с повышенным подземным питанием (р.р. Сула, Вережинка, Ия-Су, Пшалымка). Морские отложения, слагающие эти территории, характеризуются выдержанностью водоупорных горизонтов, что обеспечивает устойчивое питание рек.

Таким образом, исследования формирования стока Казанки показали не только ускорение трансформации морфометрических параметров водотоков, связанное с воздействием подпора водохранилища на неглубокие пласты грунтовых вод, но и интенсификацию разгрузки глубинных подземных вод Вятского Увала в поверхностные горизонты.

Мёша - левый приток Волги, в Государственном Водном Реестре зарегистрирован под кодом 11.01.00.003.12112100004194. Длина реки 186,4 км, площадь водосбора 4180 км². В географическом плане бассейн Мёши расположен на востоке Европейской территории России, в среднем течении Волги, между 55°27' и 56°15'СШ и 49°02' и 50°50'ВД. Водосбор лежит на стыке двух природных зон - лесной и лесостепной. По форме он уподобляется неправильному прямоугольнику, который в широтном направлении имеет протяженность 80-100 км и в меридиональном - 60-75 км. В административном отношении бассейн Мёши расположен в Кукморском, Сабинском, Тюлячинском, Пестречинском, Лаишевском муниципальных районах республики. Контроль состояния реки ведётся на одном водомерном посту у н.п. Пестрецы.

Мёша - типично равнинная река со смешанным питанием, сток которой формируется за счет подземного притока, талых вод и дождевых осадков. Средний уклон водотока составляет $0.7-0.8\text{‰}$, общее падение 82 м. Река принимает 46 притоков, наиболее крупные из которых р.р. Ныса (22.2 км), Казнаш (28.4 км) с притоком Саба (15.8 км), Малая Мёша (49.9 км) с притоками Мёша (26.1 км) и Макса (24.1 км), Тямти-Баш (24.6 км), Метескибаш (14.1 км), Киба (14.0 км), Нурма (40.0 км) с притоками Ушня (26.9 км) и ее притоком Иинка (18.3 км), Сулица (23 км).

Смежные сопредельные бассейны Казанки и Мёши разделены узким высокогорным хребтом, достигающим местами 196 м БС высоты. С правой стороны хребта вода по рельефу местности стекает в Казанку, с левой – в Мёшу. Высота падения Мёши меньше Казанки, а значит меньше и скорость её течения. Большая часть гидрографической сети бассейна сосредоточена в правобережье, с общим уклоном поверхности к юго-западу. Общее падение водосбора 82 м. Абсолютная высота истока 160 м БС, устья 53 м БС. Долина Мёши в верховьях, как и долины ее верхних притоков слабо разработаны. Склоны долин асимметричные, выпуклые, рассечены короткими оврагами и балками. В долине Мёши распространена пойменная терраса, в отдельных местах прослеживается в рельефе первая надпойменная терраса. Пойма тянется полосой в 10-30 м, постепенно расширяясь до 60-70 м, по обоим сторонам реки, изредка чередуясь по берегам. Высота ее на отдельных притоках достигает 5-6 м. Водосбор осложнён карстом.

До создания Куйбышевского водохранилища Мёша являлась прямым притоком Камы; после заполнения водохранилища река стала впадать в Камский залив Куйбышевского водохранилища и устьевая часть реки превратилась в широкую пригодную для судоходства акваторию, называемую Мёшинским плёсом. В связи с этим сократилась длина реки - с 271.2 км до 186.4 км. Кроме того, на сокращение длины повлияли сильно развитые природные эрозионные процессы на территории водосбора и нарастающий антропогенный прессинг. Так же как и для Казанки, для Мёши отмечена трансформация системы притоков – коренные притоки пересыхают, а 4 и 5 порядков (по отношению к Мёше) появляются. Общая длина гидрографической сети возросла на более чем на 100 км, современная густота речной сети соответствует 0.35 км/км^2 .

Основная правобережная часть территории бассейна Мёши слабо расчленена, почти идеально ровная, с малыми уклонами и наличием в центральной части замкнутых и полужамкнутых понижений. Именно специфика рельефа местности и определила судьбу сельскохозяйственного назначения реки, бассейн которой распахан практически на 85%. Кроме того, на каждый километр течения реки приходится как минимум один водопользователь, связанный с животноводческим бизнесом, создающим колоссальную биогенную нагрузку на реку.

Кроме антропогенных факторов воздействия на водосбор, ускоряющих процессы трансформации речной сети в бассейне, существенное влияние на величину водоносности Мёши имеет и несоответствие поверхностного и подземного водоразделов, наблюдаемое по внешнему контуру бассейна, а также влияние тектоники и литологического состава пород. Общее слабое падение кровли нижеказанских отложений с севера на юг обеспечивает равномерное поступление грунтовых вод в русла рек, но отдельные обособленные поднятия и понижения создают местное перераспределение грунтового потока. В верхнем течении Мёши на участках, где русло приурочено к тектоническому прогибу, заложенному в переходной зоне переслаивания уржумских плитняков первой серии татарского яруса, Мёша получает грунтовое питание в размере 1.5 л/сек*км^2 . В среднем течении Мёша протекает по местному тектоническому понижению, в котором наклон стратиграфических горизонтов направлен от реки, что способствует отводу грунтовых вод из русла реки и снижению модулей подземного питания до нуля. Низкие значения модуля имеет бассейн р. Нырса, поскольку проходит по зоне разгрузки подземных вод в русло Мёши. В бассейнах р.р. Нурма и Тямти-Баш водоносность увеличивается до 3.0 л/сек*км^2 , вследствие отклонения от общего грунтового потока обширным пологим поднятием, расположенным в междуречье этих рек. Относительно высокое грунтовое питание (2.0 л/сек*км^2) отмечается в верхнем течении р. Нурма в связи с приуроченностью гидрографической сети к тектоническим прогибам. В нижнем течении Мёши широко развиты современные песчано-глинистые отложения, покрытые песчаными и лесными почвами, окультуренными сельскохозяйственным производством. Это обстоятельство обеспечивает некоторое повышение инфильтрационных свойств почв, что, соответственно, повышает потери талого стока на питание подземных вод. Модули подземного питания не превышают в нижнем течении 2.0 л/сек*км^2 , но в засушливые периоды эта величина может резко снижаться вследствие малых количеств осадков. Модули подземного питания в бассейне Мёши колеблются в пределах от 0 до 70.0 л/сек*км^2 (рис. 3). По сведениям БД АСОВР полвека назад максимальные значения фиксировались только до 5.0 л/сек*км^2 .

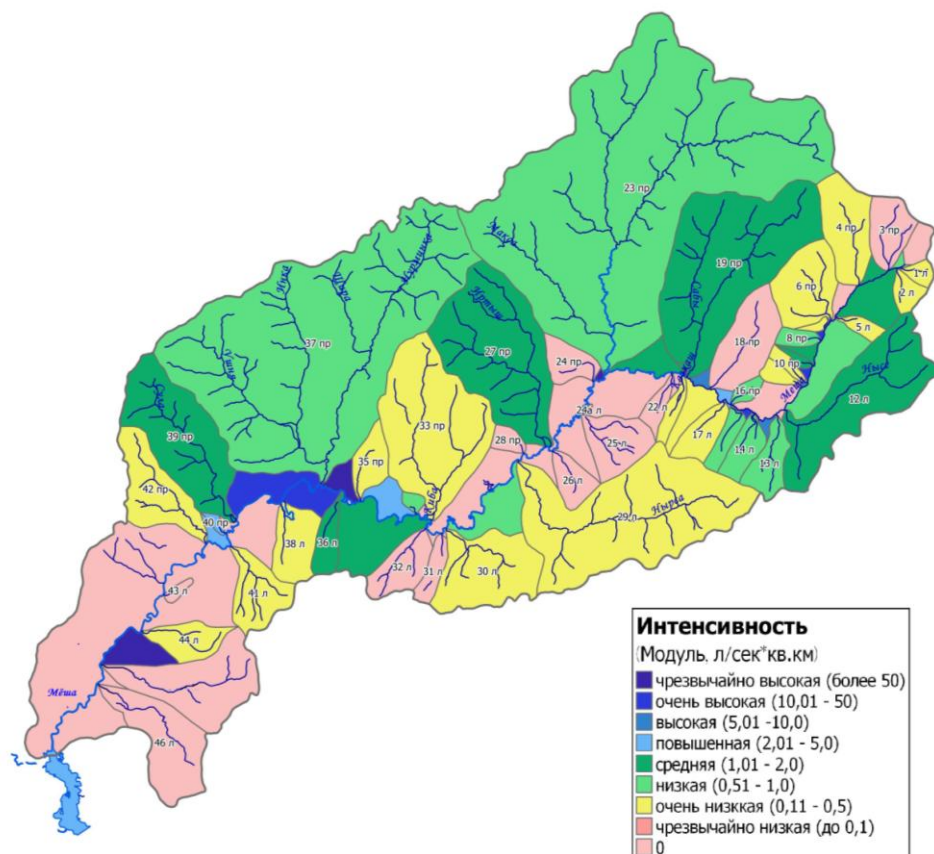


Рис. 3 – Интенсивность подземного питания бассейна р. Меша

Тенденция возрастания доли подземного питания отмечена и для других рек Западного Предкамья, в частности, для правобережных притоков Вятки – р.р. Шошма, Бурец, Ошторма, Шия, Арпач, Кумазанка, Ошма. Отмечавшиеся 60 лет назад показания модуля подземного питания этих рек не превышали 7.0 л/сек*м^2 , последние сведения показали возрастание значений модуля до 50.0 л/сек*км^2 (рис. 4).

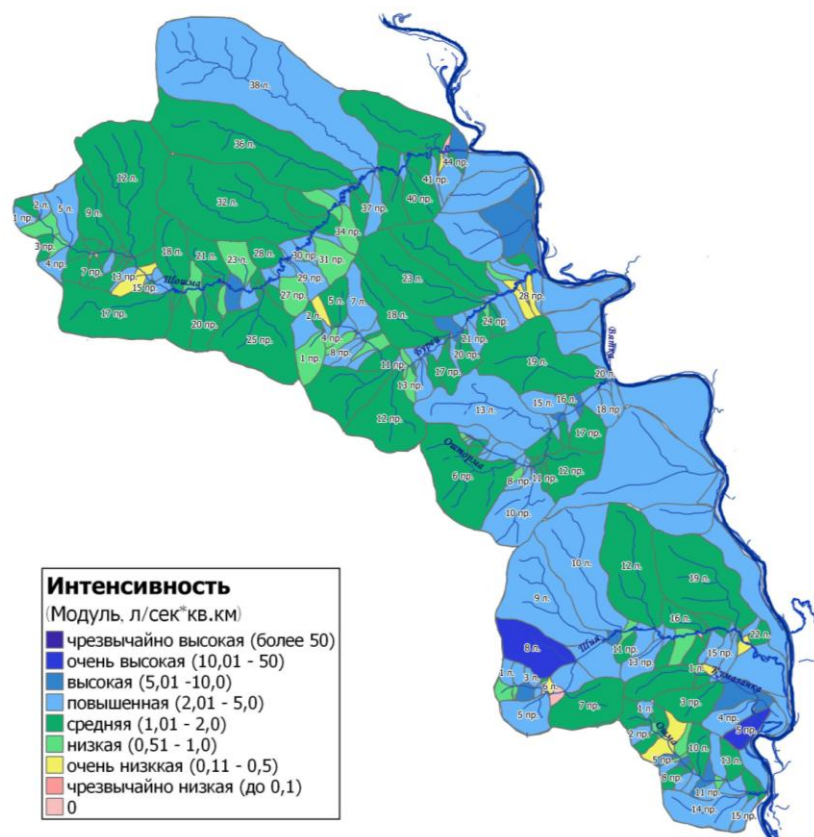


Рис. 4 – Интенсивность подземного питания бассейна р. Вятка

Зафиксированное в 2015-2016 гг. увеличение подземного питания рек бассейна Вятки ставят под сомнение предсказывавшееся учёными середины XX в. предположения о предполагаемой смене приоритетов перенаправления подземного стока глубоко врезаемых речных долин Западного Предкамья - от Вятки к Казанке [11].

Отмечается увеличение стока и для притоков Камского залива Куйбышевского водохранилища, протекающих по территории Западного Предкамья р.р. Брыска, Ошняк, Бетька, Урайка, Суша, Шумбут, Берсут, Омарка, Кирмянка, Пакшинка, Заборная и др. (рис. 5).

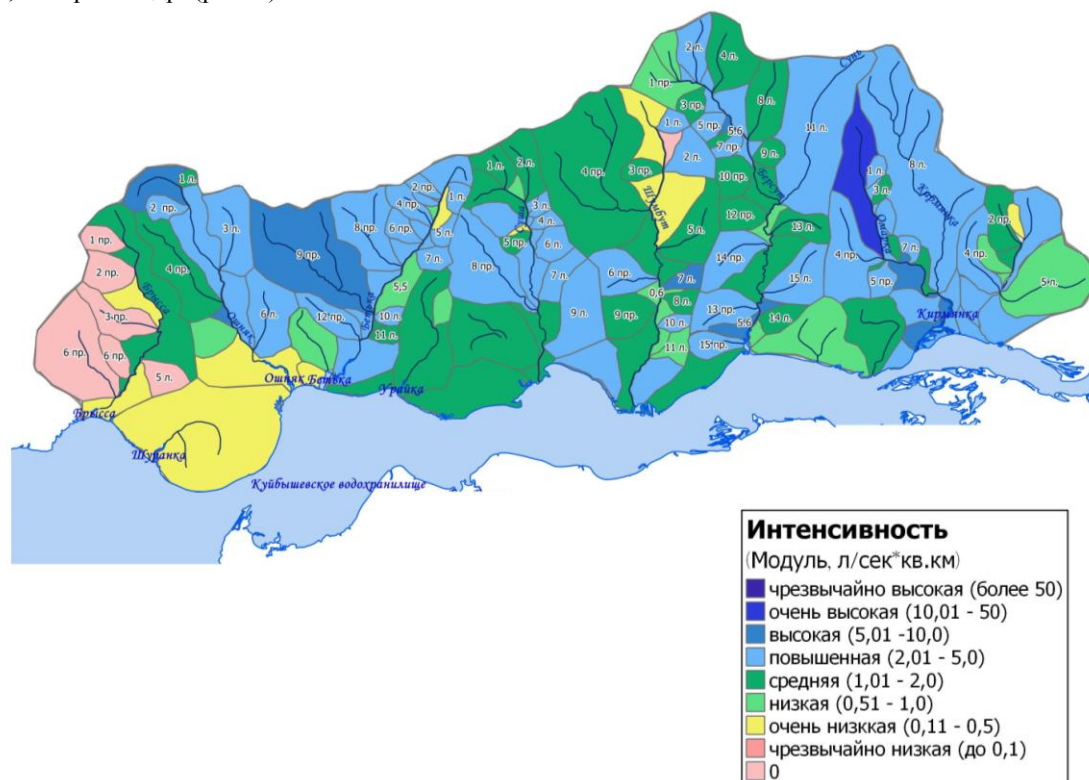


Рис. 5 – Интенсивность подземного питания бассейнов притоков Камского залива Куйбышевского водохранилища

Исследования показали, что величины расходов воды основных принимающих речных дрен территории Западного Предкамья, в бассейнах которых превалирует питание подземными глубинными водами, разгружающимися с Вятского Увала, либо остаются неизменными во времени, либо превышают среднееголетние значения.

Выводы

Результаты проведённых исследований позволили выявить увеличение поверхностного стока, наблюдающееся в последнее шестидесятилетие в регионе Западного Предкамья. Поскольку разгрузка подземных горизонтов в равной степени одинаково увеличивается во все крупные дрены рек Западного Предкамья - Итель, Казанку, Мёшу, Вятку и прямые притоки Куйбышевского водохранилища, можно утверждать, что процесса глобального горизонтального смещения рек в пределах единой географической зоны в последнее время не произошло. Условия формирования стока непостоянны во времени по двум основополагающим причинам: первая - это внутренняя геологическая, обусловленная изменениями состояния земной коры, и вторая - внешняя антропогенная, как производный фактор от воздействия человеческой деятельности. При этом антропогенная составляющая способствует ускорению изначально длительных во времени геологических процессов, на что указывают результаты научных исследований формирования стока, проведенные в последнее десятилетие. Фиксирующееся изменение в гидрографии речных бассейнов Западного Предкамья обусловлено, таким образом, и прогрессирующей эрозией, и усилением подземного притока за счёт увеличившейся разгрузки глубинных пластов вод, поступающих со стороны Вятского Увала. Наблюдающиеся изменения извилистости рек и ландшафтного облика поймы, выражающиеся в сокращении длин, полном исчезновении рек или, наоборот, возникновении новых притоков, как в бассейнах Казанки и Мёши, происходят на фоне многофакторного взаимодействия, в котором определяющую роль играет антропогенный фактор. Первоочередной вклад в формирование негативной экологической ситуации принадлежит созданию водохранилищ, как больших, так и малых (прудов), ландшафтному переустройству бассейновых пространств, в частности, прогрессирующему в последнее время процессу засыпки самих акваторий (строительство мостовых переходов или искусственное увеличение ширины береговых зон), и массовой распашки равнины, как это наблюдается, например, на мёшинском водосборе.

Исследования последних лет позволили выявить некоторые существенные закономерности в процессах формирования количества и качества вод поверхностных водоёмов, произвести оценку тренда гидроэкологической ситуации в бассейнах рек Западного Предкамья Республики Татарстан, проявляющуюся в активной трансформации гидрографической сети и в достоверно фиксирующемся увеличении водности рек.

Кроме своего фундаментального значения, знания о характере и условиях формирования, количестве и качестве вод, тренде преобразования структуры речных бассейнов необходимы для разработки нормирования водопользования за счёт ресурсов поверхностных вод территориальных водоёмов и водотоков.

Список литературы / References

1. Горшкова А.Т. Автоматизированная система оценки водных ресурсов / А.Т. Горшкова, О.Н. Урбанова, Н.В. Бортникова, и др. // Сборник научных трудов Института проблем экологии и недропользования АН РТ. – Казань: Отечество, 2014. С. 358 - 366.
2. Горшкова А.Т. Методология гидрологических исследований. Региональный подход к усовершенствованию системы расчетов водных ресурсов бассейна малой реки (на примере реки Казанка) / А.Т. Горшкова, О.Н. Урбанова, А.А. Минуллина и др. // LAP LAMBERT Academic Publishing – 2012 – С. 92
3. Физико-географическое районирование Среднего Поволжья // Под редакцией А.В. Ступишина. Изд-во казанского университета, 1964. - 198 с.
4. Шевелёв А.Н. Геология Приказанского района / А.Н. Шевелёв, В.В. Силантьев, Р.Х.Мусин и др.; под общ. ред. Шевелёв А.Н. – Казань: ГОУ ВПО «Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина, ЗАО «Новое знание», 2007. - С. 7-10
5. Воробьев Н.И. Предкамье / Н.И. Воробьев // Очерки по географии Татарии.- Казань, Таткнигоиздат, Редакция научно-технической литературы, 1957. - С. 127-132
6. Подземные воды Татарии / Под ред. М.Е. Королева. Казань: Издательство Казанского университета, 1987. - 189 с.
7. Мозжерин В.И., Ермолаев О.П., Мозжерин В.В. Река Казанка и ее бассейн. Казань: Orange key, 2012. - 280 с.
8. Ландшафты Республики Татарстан. Региональный ландшафтно-экологический анализ // По редакцией профессора Ермолаева О.П. / Ермолаев О.П., Игонин М.Е., Бубнов А.Ю., Павлова С.В. – Казань: «Слово», 2007.-411 с.
9. Длины малых рек Республики Татарстан. Справочник. Казань: ЗАО «Новое знание», 2003. - 320 с.
10. Водные объекты Республики Татарстан: Гидрографический справочник. Казань: ОАО «ПИК «Идель-пресс», 2006. - 504 с.
11. Дедков А.П., Мошкова Л.В., Пенькова Н.В. Гетерогенная структура гидрологической системы Татарстана как фактор изменчивости водораздельных озёр / А.П. Дедков, Л.В. Мошкова, Н.В. Пенькова // Функциональные проблемы изучения и использования воды и водных ресурсов / Материалы научной конф. Иркутск, 2005. - С. 307-309

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gorshkova A.T. Avtomatizirovannaya sistema ocenki vodnyh resursov [Automatic system tools for water resources estimation] / A. T. Gorshkova, O. N. Urbanova, N.V. Bortnikova and others // Sbornik nauchnyh trudov Instituta problem ehkologii i nedropol'zovaniya AN RT [Collection of scientific works of the Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences]. – Kazan: Otyechestvo, 2014. P. 358 – 366 [in Russian].
2. Gorshkova A.T. Metodologiya gidrologicheskikh issledovaniy. Regional'nyj podhod k usovershenstvovaniyu sistemy raschetov vodnyh resursov bassejna maloj reki (na primere reki Kazanka) [Methodology of hydrological researches. Regional approach to improvement the estimates system in small river water resource basin (the case of Kazanka river)] / A.T. Gorshkova, O.N. Urbanova, A.A. Minullina and others // LAP LAMBERT Academic Publishing – 2012 – 92 p. [in Russian].
3. Fiziko-geograficheskoe rajonirovanie Srednego Povolzh'ya [Physical and geographical zoning of the Middle Volga Region] / Ed. A. V. Stupishin. Kazan University Press. – 1964. – 198 p. [in Russian].
4. Shevelyov A.N. Geologiya Prikazanskogo rajona [Geology of Kazan Region Province] / A. N. Shevelyov, V.V. Silantiev, R.Kh. Musin and others ; edited by A. N. Shevelyov . – Kazan: SED HPE “ Kazan State University named after V. I. Lenin, CAS “Novoe znanie”, 2007. – P. 7 – 10 [in Russian].
5. Vorob'ev N.I. Predkam'e [Front Kama Region] / N.I. Vorob'ev/ Ocherki po geografii Tatarii [Essays in Tatariya geography]. – Kazan, Tatknigoizdat, scientific and technical literature editorial office, 1957. – P. 127 - 132 [in Russian].
6. Podzemnye vody Tatarii [Underground waters of Tatariya]/ Ed. M. Ye. Korolyov. Kazan: Kazan University Press, 1987. – 189 p. [in Russian].
7. Mozzherin V.I., Ermolaev O.P., Mozzherin V.V. Reka Kazanka i ee bassejn [Kazanka river and its basin]/ V.I. Mozzherin – Kazan: Orange key, 2012. - 280 p. – [in Russian].
8. Landshafty Respubliki Tatarstan. Regional'nyj landshaftno-ehkologicheskij analiz [Landscapes of Tatarstan Republic. Regional landscape and ecological analysis] // Ed. Ermolaev O. P. / Ermolaev O. P., Igonin M. E., Bubnov A. Y., Pavlova S. V. – Kazan: “Slovo”. – 2007. – 411 p.
9. Dliny malyh rek Respubliki Tatarstan. Spravochnik. [Tatarstan Republic small rivers length. Handbook] – Kazan: CAS “Novoe znanie”, 2003. – 320 p. [in Russian].
10. Vodnye ob"ekty Respubliki Tatarstan: Gidrograficheskij spravochnik. [Water objects of Tatarstan Republic: Hydrological and geographical handbook] Kazan: ОАО ПИК “Идель-пресс”, 2006. – 504 p. [in Russian].
11. Dedkov A.P., Moshkova L.V., Pen'kova N.V. Geterogennaya struktura gidrologicheskoy sistemy Tatarstana kak faktor izmenchivosti vodorazdel'nyh ozyor [Heterogenic structure of Tatarstan hydrological system as the factor of watershed lakes variation]/ A.P. Dedkov, L.V. Moshkova, N.V. Pen'kova // Funkcional'nye problemy izucheniya i ispol'zovaniya vody i vodnyh resursov [Functional problems of water and water resources use] / Materialy nauchnoj konf [Proc. of scientific conference]. Irkutsk, 2005. P. 307 – 309 [in Russian].

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOLOGY AND MINERALOGY

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.112

Абдрашитова Р.Н.

ORCID: 0000-0002-7060-0701, Кандидат геолого-минералогических наук,

Тюменский индустриальный университет

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ АПТ-АЛЬБ-СЕНОМАНСКОГО КОМПЛЕКСА КАМЕННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ**Аннотация**

Автором рассмотрены гидрогеодинамические и гидрогеохимические особенности апт-альб-сеноманского гидрогеологического комплекса в пределах Каменного месторождения нефти, расположенного в Красноленинском нефтегазоносном районе Западной Сибири. Показано, что несмотря на существование элементов геодинамической водонапорной системы в низах осадочного чехла, гидрогеологические условия апт-альб-сеноманского комплекса достаточно однородные. Основным процессом, определившим современную природу гидрогеологического поля в районе исследований, являлся элизионный водообмен, благодаря которому в апт-альб-сеноманском комплексе присутствуют сверхгидростатические пластовые давления и гидрокарбонатно-натриевый тип вод по В.А. Сулину.

Ключевые слова: гидрогеологический комплекс, элизионный водообмен, тип вод по В.А. Сулину, водонапорная система, пластовое давление.

Abdrashitova R.N.

Tyumen Industrial University,

ORCID: 0000-0002-7060-0701, PhD in Geology and Mineralogy

HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE APTIAN - ALBIAN - CENOMANIAN COMPLEX KAMENNYI OIL FIELD**Abstract**

Hydrogeodynamic and hydrogeochemical features of the Aptian-Albian-Cenomanian hydrogeological complex within Kamennyi oil fields are considered by the author. The field is located in the Krasnoleninsk petroliferous area of Western Siberia. Hydrogeological conditions of the Aptian-Albian-Cenomanian complex enough homogeneous despite the existence of elements of geodynamic water pressure system in the lower sedimentary cover. The basic process that has defined modern hydrogeological conditions in the study area have elision water exchange. Through this process in the Aptian-Albian-Cenomanian complex present excess hydrostatic reservoir pressure and sodium bicarbonate-type water by V.A. Sulin.

Keywords: hydrogeological complex, elision water exchange, treatment type by V.A. Sulin, a water pressure system, the reservoir pressure.

При разработке месторождений углеводородов особое внимание должно быть уделено гидрогеологическим исследованиям и контролю. Это является важнейшим условием эффективной и экологически безопасной нефтегазопромысловой деятельности. Особенно актуальным это становится в районах со сложным геологическим строением и гидрогеологическими условиями, где гидрогеологическая информация является одной из необходимых основ корректной разработки.

Красноленинский НГР является крайне сложным с точки зрения геологического строения. До настоящего времени не сложилось однозначного мнения о природе контрастности гидрогеологического поля в его пределах. Также для месторождений этого района требуется уточнение модели процесса разработки, так как проектные дебиты если и достигаются, то временно: за счет проведения мероприятий по гидроразрыву. В настоящей статье представлены результаты исследований гидрогеологических условий Каменного месторождения нефти, которое расположено в Красноленинском нефтегазоносном районе, в Приуральской части Западной Сибири.

Характерные черты геологического строения рассматриваемого района связаны с глинистым составом пород неокотского возраста (более 700 м) (фрловский барьер). Также можно отметить его приближенность к Восточно-Уральскому краевому шву. Это является одной из главных причин большого количества дизъюнктивных нарушений в фундаменте, прослеживаемых и выше, в осадочном чехле.

Гидрогеологическая стратификация разреза представлена бассейнами кайнозойского, мезозойского и палеозойского возрастов. В составе мезозойского бассейна выделяется семь этажно залегающих гидрогеологических пластов [5, С. 39].

Продуктивными в районе исследований являются апт-альб-сеноманский (ААСК) и ниже-среднеюрский комплексы. Гидрогеологические условия последнего рассмотрены нами в научных публикациях [1,2]. Мы предполагаем, что НГР принадлежит к водонапорной системе литостатического элизионного типа с элементами геодинамической системы в низах осадочного чехла.

В пределах Каменного месторождения ААСК сложен, в основном, песчано-алевритовыми разностями пород. Комплекс представлен в отложениях уватской (сеноман) ханты-мансийской (альб) и викуловской (апт) свит. Глубина залегания кровли ААСК (кровля уватской свиты) изменяется от 956 до 1008 м, подошвы (кровля кохайской свиты) – 1712 – 1780 м. В пределах месторождения уватская свита имеет мощность в среднем 249,2 м) и представлена преимущественно проницаемыми породами.

Подземные воды в осадках уватской свиты можно отнести к хлор-кальциевому типу (по В.А.Сулину), соленым с минерализацией от 12,6 до 12,9 г/дм³, очень жестким (14,75-15,58 мг-экв/дм³), по водородному показателю – нейтральным (рН = 7,3 – 7,4). По ионно-солевому составу воды относятся к хлоридно-натриевым.

Ханты-мансийская свита представлена в основном аргиллитоподобными глинами с редкими прослоями проницаемых пород. В пределах рассматриваемого месторождения свита имеет среднюю мощность 104,1 м.

Викуловская свита делится на две подсвиты, нижняя из которых более глинистая. Здесь заметно увеличивается количество выдержанных пластов песчаников, которые чередуются с глинами и плотными породами. Общая мощность составляет порядка 180-260 м.

Водные растворы в отложениях викуловской свиты по классификации В.А. Сулина принадлежат гидрокарбонатно-натриевому типу вод. ААСК здесь характеризуются хлоридно-натриевым составом.

Минерализация вод хлормagneйного типа достигает 15,5 г/л, а гидрокарбонатно-натриевого – 8,6-13,8 г/л. Величина хлор-ионов изменяется от 4042 до 8662 мг/л. Концентрация ионов хлора в ААСК превышает его концентрацию в ниже-среднеюрском комплексе почти в 1,7 раз. Гидрокарбонатные ионы концентрируются в диапазоне от 695 до 2044 мг/л. Таким образом, к ниже-среднеюрскому комплексу происходит увеличение концентрации в 1,5 раза в среднем. В викуловских отложениях катионный состав вод характеризуется преобладанием натрия с калием (среднее значение – 4037 г/л), концентрация этих катионов примерно в 1,4 раза выше по сравнению с ниже-среднеюрским комплексом. Концентрация ионов кальция (~117 мг/л) и магния (~16 мг/л) в рассматриваемом комплексе в 1,1 и 1,7 раз соответственно превышает таковые в ниже-среднеюрском комплексе.

Генетический натрий-хлорный коэффициент вод хлормagneйного типа в отложениях викуловской свиты не превышает значения 1, а для гидрокарбонатно-натриевого типа достигает значения 1,2. Значение бор-бромного коэффициента в среднем составляет 0,2.

На рисунке 1 представлены величины минерализации подземных вод в ААСК с изолиниями пластовых давлений, приведённых к отметке 1500 м. По площади месторождения пластовое давление изменяется от 15 до 16,6 МПа. Большая часть месторождения характеризуется развитием сверхгидростатических давлений (превышение до 1,6 МПа).

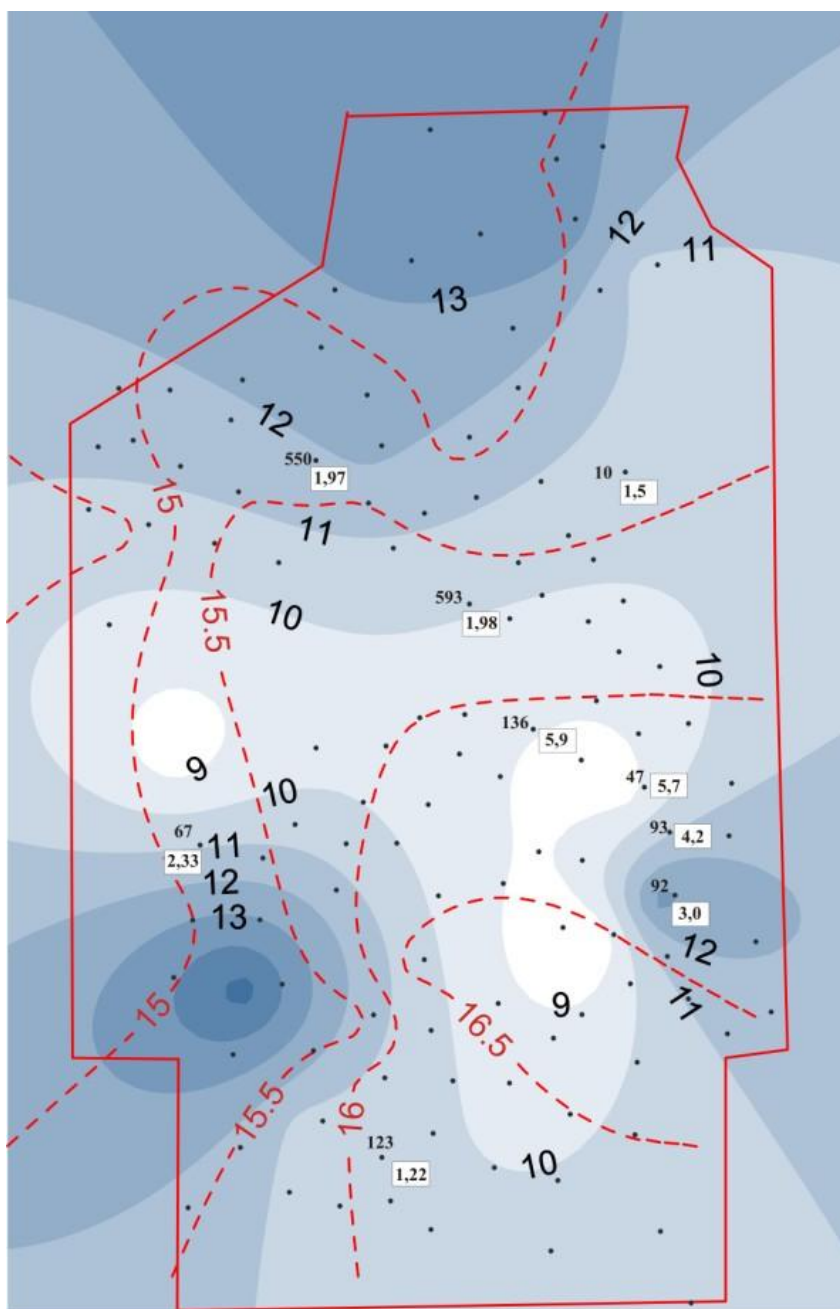


Рис. 1 – Минерализация и пластовые давления в подземных водах ААСК Каменного месторождения нефти (окончание на стр. 40)

Условные обозначения



Окончание рис. 1 – Минерализация и пластовые давления в подземных водах ААСК Каменного месторождения нефти

На основе имеющихся каротажных диаграмм по некоторым скважинам рассчитано число циклов элизионного водообмена (по А.А. Карцеву [3, С. 118]) (рис. 1).

Наибольшее число циклов (около 6) связано с зонами пьезомаксимума, т.е. участками развития сверхгидростатических давлений. Результаты предыдущих палеогидрогеологических исследований однозначно свидетельствуют, что причиной развития здесь пьезомаксимумов является элизионный водообмен [4, С. 108]. Учитывая, что коллекторские породы апта (викуловская свита) были перекрыты глинистыми отложениями альба (ханты-мансийская свита), авторы полагают, что отжимаемые из фроловского барьера воды двигались в сторону Кондинского и Северо-Сосьвинского сводов по аптским коллекторам. В этом направлении увеличивается минерализация вод ААСК, гидрокарбонатно-натриевый тип вод (по В.А. Сулину) переходит в хлоркальциевый. В восточном направлении разрез опесчанивается, а и влияние элизионных вод, отжатых из глин фроловского барьера, на состав подземных вод апта и юры ослабевает. Наблюдается рост минерализации, доля элизионных вод в составе подземных растворов значительно снижается. В пределах Каменного месторождения сохраняется региональная латеральная направленность потока подземных вод ААСК. Она заключается в движении к центральным районам бассейна от его окраин – региональных областей питания.

Таким образом, от апт-альб-сеномана до юры наблюдается инверсионная гидрогеохимическая зональность. С глубиной уменьшается содержание таких микрокомпонентов как бром и йод, а также увеличиваются содержания бора и диоксида кремния, значения хлор-натриевого и бор-бромного коэффициентов. Это свидетельствует о различных условиях формирования подземных вод в ААСК и ниже-среднеюрском комплексе рассматриваемого нефтегазоносного района. Кроме того, можно отметить отсутствие влияния глубинных высокотемпературных флюидов как на состав пластовых вод ААСК, так и на направленность их движения.

Описанная структура гидрогеохимического и геогидродинамического полей в пределах ААСК существенно отличается от аналогичной в пределах ниже-среднеюрского комплекса, в первую очередь большей однородностью. Основными факторами формирования подземных вод ААСК являются процессы взаимодействия в системе: осадки – захороненные седиментационные воды – элизионные воды. Поступление элизионных вод определило гидрогеохимическую картину ААСК, переход от хлоркальциевого (сеноман) к гидрокарбонатно-натриевому (апт) типу. Также, на наш взгляд, это основная причина формирования здесь пластовых давлений, превышающих условные гидростатические.

Список литературы / References

1. Абдрашитова Р.Н.. Гидрогеодинамические и гидрогеохимические условия нижнесреднеюрского гидрогеологического комплекса Талинского месторождения нефти / Р.Н. Абдрашитова, Р.А. Акжанов, Е.А. Лукьяненко. // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2016 – №2 – С.6-11.
2. Абдрашитова Р.Н. Модель формирования подземных вод глубоких нефтегазоносных горизонтов Красноленинского нефтегазоносного района Западно-Сибирского мегабассейна. В сборнике: Материалы Международной научной конференции, посвященной 85-летию академика Азада Халил оглы Мирзаджанзаде. Баку, 2013г. (21-22 ноября 2013 г.). С. 15-16.
3. Карцев А.А. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений / А.А. Карцев. – М.: ГОСГОПТЕХИЗДАТ, 1963. – 354 с.
4. Матусевич В.М. Геохимия подземных вод Западно-Сибирского артезианского бассейна / В.М. Матусевич. М: Недра, 1976. – 158 с.

5. Матусевич В.М. Геофлюидальные системы и проблемы нефтегазоносности Западно-Сибирского мегабассейна / В.М. Матусевич, И.Н. Ушатинский, А.В. Рыльков. – Тюмень: ТЮМГНГУ, 2005. – 225 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Abdrashitova R.N. Gidrogeodinamicheskie i gidrogeohimicheskie usloviya nizhniesrednejurskogo gidrogeologicheskogo kompleksa Talinskogo mestorozhdeniya nefti [Hydrogeochemical and hydrogeological conditions of Lower and Middle Jurassic complex Talin oil fields] / R.N. Abdrashitova, R.A. Akzhanov, E.A. Lukyanenko. // Proceedings of the higher educational institutions. Oil and gas. - Tyumen: TGNGU, 2016 - №2 - P.6-11. [in Russian]
2. Abdrashitova R.N. Model' formirovaniya podzemnyh vod glubokih neftegazonosnyh gorizontov Krasnoleninskogo neftegazonosnogo rajona Zapadno-Sibirskogo megabassejna. [The model of formation of underground waters of deep oil and gas bearing horizons Krasnoleninsk oil and gas region of the West Siberian megabasin]./ R.N. Abdrashitova In: Proceedings of the International conference devoted to the 85th anniversary of academician Azad Khalil oglu Mirzadzhanzade. Baku, 2013. (21-22 November 2013). P. 15-16. [in Russian]
3. Kartcev A.A. Gidrogeologiya neftyanyh i gazovyh mestorozhdenij [Hydrogeology of oil and gas exploration] / A.A. Kartcev. - M.: Gostoptekhizdat, 1963. - 354 p. [in Russian]
4. Matusevich V.M. Geohimija podzemnyh vod Zapadno-Sibirskogo artezijskogo bassejna. [Geochemistry of underground water of the West Siberian artesian basin]. M.: Nedra, 1976. - 158 p. [in Russian]
5. Matusevich V.M. Geofluidal'nye sistemy i problemy neftegazonosnosti Zapadno-Sibirskogo megabassejna [Geo-fluid system and the problems of oil and gas potential of the West Siberian megabasin] / V.M. Matusevich, A.V. Ryl'kov, I.N. Ushatinskaya. - Tyumen: TSOGU, 2005. - 225 p. [in Russian]

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.053

Беспалова Ю.В.¹, Лазутин Н.К.²

¹ORCID: 0000-0001-7976-7535, ассистент кафедры геологии месторождений нефти и газа,

²ORCID: 0000-0002-7817-3716, студент,

Тюменский индустриальный университет

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЮПЕЛЬСКО-ХАТТСКОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация

В статье рассмотрены гидрогеохимические условия рюпельско-хаттского водоносного горизонта в пределах Молодежного месторождения пресных подземных вод. Показано, что в целом гидрогеохимические условия достаточно спокойные. Предельные допустимые концентрации превышают значения органолептических показателей. С целью улучшения качества подземных вод необходима соответствующая водоподготовка.

Ключевые слова: водоносный горизонт, содержание железа в воде, минерализация, общая жёсткость, мутность воды.

Bespalova Ju.V.¹, Lazutin N.K.²

¹ORCID: 0000-0001-7976-7535, Assistant of Department of Geology of oil and gas,

²ORCID: 0000-0002-7817-3716, Student,

Tyumen Industrial University

HYDROGEOCHEMICAL CONDITIONS OF RYUPEL'SKO-HATTSKIY AQUIFER IN SOUTHWESTERN TYUMEN REGION

Abstract

Hydrogeochemical conditions Ryupel'sko-Hattskij aquifer within the Youth field fresh groundwater are considered in the article. In general hydrogeochemical conditions are sufficiently homogeneous. Limit values exceed the values of organoleptic characteristics. Corresponding preparation is necessary to improve the quality of groundwater used for drinking water supply.

Keywords: aquifer, the iron content in the water, salinity, total hardness, turbidity.

Гидрогеохимические условия рюпельско-хаттского водоносного горизонта на юге Тюменской области рассмотрены на примере Молодежного месторождения пресных подземных вод, работы на котором проводились с целью поисков и оценки эксплуатационных запасов подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Месторождение находится на территории Тюменского района Тюменской области. Район исследований относится к юго-западному мегаблоку Западно-Сибирского мегабассейна [1, С. 1160]. Месторождение условно разделено на Восточный и Западный участки.

Для целей водоснабжения могут использоваться подземные воды олигоцен-четвертичного гидрогеологического комплекса. Для него характерны безнапорный и напорный режим фильтрации, совпадение областей питания, транзита и разгрузки. На площади работ олигоцен-четвертичного гидрогеологического комплекс представлен следующими типами водоносных горизонтов: четвертичным полигенетическим, рюпельско-хаттским и туронско-приабонским водоупорным.

Рюпельско-хаттский горизонт (P₃ r-h) распространен повсеместно. Этот пласт и относится к отложениям куртамышской и туртасской свит. Перекрывается он осадками четвертичного возраста. Подстилается горизонт водоупорными глинами тавдинской свиты. Кровля горизонта прослеживается на абсолютных отметка 83,9 – 94,1 м, а его подошва – 21,1 – 59,48 м.

Продуктивный горизонт питается за счёт проникновения дождевых и талых вод, а также перетекания из вышележащего водоносного горизонта (четвертичный полигенетический). Также подземные воды движутся в

сторону долины реки. Естественный уклон потока подземных вод в северной части площади несколько ниже, а в южном направлении наблюдается незначительное сгущение гидроизогипс, особенно на участках небольших водотоков.

Рассматриваемый горизонт представляет собой единую водонасыщенную толщу, которая сложена неравномерно переслаивающимися песками различными по зернистости и глинистости, алевритами, глинами. На отдельных участках глины замещаются песчаными разностями пород, образуя литологические «окна». Выявить закономерность в распределении песчано-глинистого материала практически невозможно из-за частой литологической взаимозамещаемости осадков.

В результате опробования семи скважин (2п, 3п, 3н, 4п, 4р, 10п, 11п), пробуренных на площади разведки, были получены данные, характеризующие качество подземных вод продуктивного пласта.

Подземные воды рассматриваемого горизонта по водородному показателю близки к диапазону от нейтрального до слабощелочного (рН 8,6-8,4 ед.). При этом они являются пресными, а их минерализация незначительна (сухой остаток в пределах 0,32 - 0,45 г/дм³). Ионно-солевой состав является гидрокарбонатно-натриевым, или магниевым-кальциевым. Формирование минерализации подземных вод происходит, в основном, за счет ионов гидрокарбоната 275 - 342, кальция 44 - 66, натрия 13 - 39 и магния 9 - 18 мг/дм³. В анионном составе в резко подчиненном количестве присутствуют хлоридные (среднем 7 мг/дм³) и сульфатные (менее 2 мг/дм³) ионы. Содержание катиона калия составляет 2 - 4 мг/дм³.

Показатель жесткости общей составляет 3,2 - 4,9 ммоль/дм³, окисляемости перманганатной 2,08 - 4 мгО₂/дм³, фенольного индекса 0,0022 - 0,0048 мг/дм³, АПАВ менее 0,015 - 0,051 мг/дм³, нефтепродуктов 0,02 - 0,08 мг/дм³. На основании этих данных можно сделать вывод о том, что *обобщенные показатели* в целом соответствуют нормам.

Особое внимание среди показателей химического состава следует уделить – органолептическим, так как чаще всего именно значения этих показателей в подземных водах юга Тюменской области не соответствуют требованиям нормативных документов. На Молодёжном месторождении среди таких показателей можно выделить значение мутности, содержание железа общего и марганца. Значение мутности составляет в среднем 20,29 мг/дм³, диапазон колебаний значений от 9,25 до 61. Содержание железа изменяется от 0,21 до 3,62 при среднем значении 2,23 мг/дм³. Концентрация марганца варьирует от 0,1 до 0,7, среднее значение составляет 0,30 мг/дм³. Количество взвешенных частиц составляет 10 - 36, в среднем 17,2 мг/дм³. Остальные органолептические показатели соответствуют нормам.

Значения санитарно-токсикологических показателей в целом соответствует требованиям, за исключением содержания кремния среднее содержание которого составляет 13,09.

Подземная вода по приведенному перечню компонентов и показателей в основном отвечает требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества». Исключение составляют повышенные значения показателя мутности (80% проб), содержание общего железа (86% проб), марганца (86% проб) и кремния (86% проб). Превышение норм ПДК по Восточному и Западному участкам показано на рис. 1. Сравнивая содержание в воде компонентов, превышающих значения ПДК, видим, что на Восточном участке железо и мутность имеют меньшие значения, чем на Западном. Гидрогеохимические условия участков в целом однотипные, однако, с точки зрения качества подземных вод Восточный участок имеет более благоприятную обстановку.

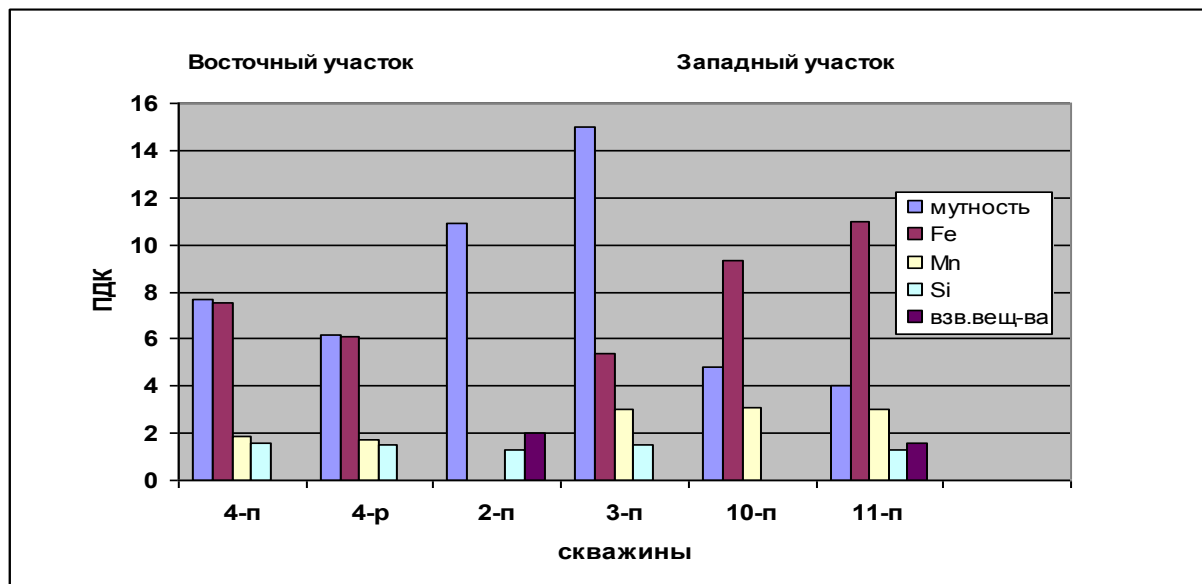


Рис. 1 – Гидрогеохимическая характеристика целевого водоносного горизонта

Формирование повышенных значений этих показателей связано с естественными природными факторами, характерными для подземных вод Тюменской области. Мутность является следствием присутствия в воде мельчайших взвешенных минеральных и органических веществ.

Главным источником железа в подземных водах выступают алюмосиликатные минералы тяжелой фракции осадочных пород, инконгруэнтное растворение которых обеспечивает перевод всех химических элементов, включая железо, в водный раствор. Марганец обладает аналогичными с железом геохимическими свойствами и является его «спутником». Повышенное содержание кремния также свойственно природным условиям Западно-Сибирского

сложного бассейна и объясняется тем, что кремний – это один из основных элементов водовмещающих песков. Снижение его содержания возможно путем аэрирования воды за счет соосаждения с гидроокисями железа и марганца.

Также было зафиксировано повышенное содержание нефтепродуктов в пробе воды из скважины № 2п (до 2 ПДК), что связано с техническими характеристиками работы компрессора, случайным попаданием нефтепродуктов в скважину.

Содержание фтора в воде ниже рекомендуемых пределов (в среднем $0,23 \text{ мг/дм}^3$). Перед подачей потребителю необходимо проводить фторирование.

Наблюдаются отклонения от требований ГОСТ 2761-84 по таким показателям как мутность, содержание железа, марганца и перманганатная окисляемость. С целью улучшения качества подземных вод водоподготовка: аэрация с последующей фильтрацией через песчано-гравийные фильтры и фторирование. Также возможно применение такого метода очистки как озонирование.

Таким образом, можно сказать, что гидрогеохимические условия месторождения определяются региональными факторами формирования подземных вод. На рассмотренном месторождении отсутствуют источники техногенного загрязнения подземных вод, и компоненты не соответствующие нормам могут быть доведены до требований путём выполнения стандартной очистки.

Список литературы / References

1. Матусевич В.М., Абдрашитова Р.Н. Геодинамическая концепция в современной гидрогеологии на примере Западно-Сибирского мегабассейна / Матусевич В.М., Абдрашитова Р.Н. // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4 (часть 5). – С. 1157-1160.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Matusevich V.M., Abdrashitova R.N. Geodinamicheskaja koncepcija v sovremennoj gidrogeologii na primere Zapadno-Sibirskogo megabassejna [Geodynamic concept in contemporary hydrogeology on the example of the West Siberian megabasin] / Matusevich V.M., Abdrashitova R.N. // Fundamental'nye issledovanija [Fundamental Research]. – 2013. – № 4 (chast' 5). – С. 1157-1160. [in Russian]

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.143

Нгуен Тьен Чунг

Аспирант,

Санкт-Петербургский горный университет

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ТИПИЗАЦИЯ ГРУНТОВ ГОРОДА ХАНОЙ

Аннотация

В статье рассмотрены инженерно-геологические особенности четвертичных отложений в разрезе подземного пространства города Ханой. Приведена классификация грунтов в зависимости от степени их сжимаемости и несущей способности для типового строительства. Выполнен анализ показателей физико-механических свойств четвертичных грунтов в инженерно-геологическом разрезе исторического центра Ханоя. Отмечается значительное влияние содержания органических остатков на физико-механические свойства грунтов территории Ханоя. Приведены закономерности распределения органики по глубине разреза, а также изменения некоторых показателей физических свойств грунтов города Ханой в зависимости от содержания органического вещества.

Ключевые слова: Ханой, исторический центр, инженерно-геологические особенности разреза, слабые грунты, физико-механические свойства грунтов, органическое вещество.

Nguyen Tien Trung

Postgraduate student,

St. Petersburg Mining University

ENGINEERING GEOLOGICAL FEATURES OF QUATERNARY SEDIMENTS AND TYPIFICATION OF SOILS OF HANOI CITY

Abstract

The article deals with engineering geological features of Quaternary sediments in the profile of underground space of Hanoi. Classification of soils by their compressibility and bearing capacity for the purposes of typical construction is given. Physical and mechanical characteristics of Quaternary soils in the historical centre of the city are analysed. Significant influence of organic materials on physical and mechanical characteristics of soil in Hanoi area is noted. Paper describes organics distribution in depth as well as changes of some physical and mechanical properties of soils in the profile of Hanoi depending on the content of organic matter.

Keywords: Hanoi city, the historic center, engineering geological features of section, the weakness of soil, physical and mechanical characteristics, organic material.

Одним из наиболее опасных инженерно-геологических процессов на территории Ханоя является оседание дневной поверхности при снижении напоров подземных вод, приуроченных к отложениям четвертичного возраста, и используемых для водоснабжения столицы [3, 4]. Особенно активно этот процесс развивается при наличии в инженерно-геологическом разрезе слабых глинистых грунтов.

В связи с этим, целью данной работы является разработка классификации грунтов наряду с раскрытием такого понятия как «слабые грунты», для которых характерны свои инженерно-геологические особенности.

В практике инженерной геологии, геотехнике и механике грунтов широко используется понятие - «слабый грунт». Известно, что во Вьетнаме для раскрытия указанного понятия действует несколько стандартов, регламентирующих классификацию слабых грунтов. Так, по мнению доцента Нгуен Хи Фьонг, к слабым грунтам относятся сильносжимаемые отложения, характеризующиеся низкой несущей способностью при использовании их в качестве основания сооружений типового строительства. В настоящее время, расчеты фундаментов выполняются по двум группам предельных состояний, а именно, по деформациям (второе предельное состояние) и несущей способности (первое предельное состояние) [2]. Если грунт, рассматриваемый в качестве основания для ответственных сооружений различного назначения, по физико-механическим показателям не соответствует требованиям вышеуказанных двух групп предельных состояний, то он относится к слабым грунтам. По мнению автора, в качестве основных показателей, которые позволят раскрыть определение «слабые грунты» и создать их классификацию, могут быть использованы модуль деформации (E_0) и расчетное сопротивление (R_0) грунтов. В связи с этим, к слабым грунтам будут относиться отложения, характеризующиеся следующими значениями указанных показателей: расчетное сопротивление R_0 менее 100 кПа, а модуль общей деформации грунта E_0 будет составлять менее 5 МПа. При рассмотрении слабых грунтов в качестве основания для средне- и высокоэтажных зданий использование фундаментов неглубокого заложения должно быть запрещено. Помимо этого, такие грунты не могут служить несущим слоем для свайных фундаментов, поскольку легко изменяют своё состояние и физико-механические свойства как под действием динамических нагрузок, так и при длительной контаминации подземной среды соединениями различной природы.

К слабым грунтам обычно относятся: сапропели, торф, заторфованные грунты, глинистые отложения (глины, суглинки, супеси) в текучем или текучепластичном состоянии с молекулярным типом структурных связей.

Слабые грунты характеризуются следующими показателями:

- малой степенью литификации;
- низкой прочностью структурных связей;
- содержанием органических остатков;
- высокой пористостью ($n \geq 50\%$) и коэффициентом пористости ($e > 1$);
- низкой прочностью: величиной удельного сцепления c_u менее 15 кПа и углом внутреннего трения ϕ меньше 10° ;
- высоким коэффициентом компрессионной сжимаемости $m > 1 \text{ МПа}^{-1}$ и низким модулем деформации $E_0 \leq 5 \text{ МПа}$;
- низкими значениями коэффициента консолидации C_v , что предполагает длительные сроки протекания указанного процесса;
- наличием реологических свойств.

На основании выполненных инженерно-геологических исследований территории города Ханой в качестве первичной единицы рассмотрения разреза было предложено понятие «слой». В каждом слое количество образцов с одинаковым гранулометрическим составом должно достигать 80-90%; оставшиеся случаи включают в себя грунты, гранулометрический состав которых отличен от общей массы.

Самым важным отличием слоев грунта является степень их сжимаемости и несущая способность, для количественного описания которых используется модуль деформации E_0 и расчетное сопротивление грунтов R_0 (табл. 1).

В соответствии с данными таблицы 1, четвертичные отложения на территории города Ханой могут быть разделены на инженерно-геологические свиты, пачки и слои грунта [2].

В разрезе четвертичные отложения на территории города Ханой разделены на 24 слоя. Для грунтов Ханоя разработана специальная классификация грунтов по предложенным показателям R_0 и E_0 как основания для сооружений различного назначения (табл. 1).

Слои нумеруются 1, 2, 3, 4, 5 и т.д. и описываются различными параметрами: название, состав, строение, цвет, состояние, символ для оценки условий строительства сооружений на таких грунтах.

Таблица 1 – Классификация грунтов по степени сжимаемости и несущей способности для типового строительства

Название грунта и его символ	Нормативное значение R_0 и E_0
Слабый грунт – А1 (с низкой несущей способностью и очень сильносжимаемый)	$R_0 \leq 50 \text{ кПа}$ $E_0 \leq 2 \text{ МПа}$
Относительно слабый грунт – А2 (с относительной низкой несущей способностью и сильносжимаемый)	$50 < R_0 < 100 \text{ кПа}$ $2 < E_0 \leq 5 \text{ МПа}$
Обыкновенный грунт – В1 (с несколько повышенной несущей способностью и сжимаемостью)	$R_0 = 100 - 150 \text{ кПа}$ $E_0 = 5 - 10 \text{ МПа}$
Относительно устойчивый грунт – В2 (с повышенной несущей способностью и относительно слабосжимаемый)	$R_0 = 150 - 200 \text{ кПа}$ $E_0 = 10 - 15 \text{ МПа}$
Достаточно устойчивый грунт – С (с повышенной несущей способностью и средней сжимаемостью)	$R_0 = 200 - 300 \text{ кПа}$ $E_0 = 15 - 20 \text{ МПа}$
Устойчивый грунт – D (с хорошей несущей способностью и пониженной сжимаемостью)	$R_0 = 300 - 500 \text{ кПа}$ $E_0 = 20 - 50 \text{ МПа}$
Грунт с повышенной устойчивостью – Е (с малой сжимаемостью)	$R_0 \geq 500 \text{ кПа}$ $E_0 > 50 \text{ МПа}$

I. Техногенные отложения (тН)

Слой 1: Насыпные и намывные грунты - пески, суглинки и супеси с примесью отходов как органического, так и неорганического происхождения.

II. Верхняя пачка свиты Тхайбинь (aIV^3tb_2)

Слой 2: Суглинок илоподобный дна озер и прудов с предельно малой степенью литификации - A_1 .

Слой 3: Суглинок малой степени литификации, перемежающийся с супесями, коричневым, розовато-коричневым, мягкопластичный - B_1 .

Слой 4: Мелко- и тонкозернистый водонасыщенный песок, местами с гравием, буровато-серый, рыхлого сложения - B_1 .

III. Нижняя пачка свиты Тхайбинь (alb, aIV^3tb_1)

Слой 5: Глина, желтовато-серая, туго- и мягкопластичной консистенции - B_2 .

Слой 6: Суглинок, желтовато-серый, коричневый, туго- и мягкопластичной консистенции - B_2 .

Слой 7: Водонасыщенный суглинок с органическими остатками, серо-коричневый, текучепластичный - текучий - A_2 .

Слой 8: Суглинок, переслаивающейся с супесями и песками, серо-коричневый, мягкопластичный - текучепластичный - B_1 .

Слой 9: Мелко- и тонкозернистые водонасыщенные пески, зеленовато-серые, средней плотности - B_2 .

Слой 10: Суглинок, переслаивающейся с супесями и песками местами, серо-коричневый, мягкопластичный - B_1 .

IV. Верхняя пачка свиты Хайхынг ($ambIV^{1-2}hh_3$)

Слой 11: Водонасыщенный суглинок с органическими остатками, темно-серый, текучепластичный - текучий - A_2 .

V. Средняя пачка свиты Хайхынг ($mIV^{1-2}hh_2$)

Слой 12: Глина, зеленовато-серая, тугопластичная - мягкопластичная - B_1 .

VI. Нижняя пачка свиты Хайхынг ($lbIV^{1-2}hh_1$)

Слой 13: Суглинок илоподобный предельно малой степени литификации с органическими остатками, темно-серый - A_1 .

VII. Верхняя пачка свиты Виньфук ($a, amIII^2vp_3$)

Слой 14: Глина, светло-серая, желтовато-серая, тугопластичная - B_2 .

Слой 15: Суглинок, коричневый, желтый, красный, полутвердый - тугопластичный - C .

VIII. Средняя пачка свиты Виньфук ($albIII^2vp_2$)

Слой 16: Суглинок с органическими остатками, темно-серый, текучепластичный - текучий - A_2 .

IX. Нижняя пачка свиты Виньфук ($aIII^2vp_1$)

Слой 17: Супесь (суглинок), переслаивающаяся с суглинками или песками, желтовато-серая, пластичная - B_2 .

Слой 18: Мелко- и тонкозернистые водонасыщенные пески, коричневые, желтовато-коричневые, средней плотности - плотные - C .

Слой 19: Средне- и крупнозернистые водонасыщенные пески, местами с гравием и галькой, желтовато-серые, светло-серые, плотные и очень плотные - D .

X. Свита Ханой ($a, apII-III^1hn$)

Слой 20: Суглинок с включением органических остатков, серо-коричневый, мягкопластичный - B_1 .

Слой 21: Супесь с включениями гравия, серая, пластичная - B_2 .

Слой 22: Водонасыщенные галечно-гравийные отложения, местами крупнозернистые пески, серые, желтовато-серые, очень плотные - E .

XI. Свита Лечи ($aIIc$)

Слой 23: Супесь, местами с гравием, серая, коричневая, пластичная - C .

Слой 24: Водонасыщенные галечно-гравийные отложения, мелко- и крупнозернистые с суглинками, коричневатые, желтовато-серые, плотные - E .

Таблица 2 – Обобщенные показатели физико-механических свойств четвертичных отложений на территории г. Ханоя [2]

Слой	W	ρ	ρ_s	e	S_r	I_p	I_L	φ	c	$M_{(0,1-0,2)}$	$E_{(0,1-0,2)}$	R_0	$C_{v(0,1-0,2)}$	ОВ	Группа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2	55,8	1,64	2,60	1,47	0,99	16,9	1,12	5°	7,0	1,0	1,6	49,1	-	-	A1
3	32,6	1,79	2,70	1,00	0,88	15,6	0,58	10°	16,2	0,41	6,8	117,7	-	-	B1
4	-	-	-	-	-	-	-	25°	-	-	7,1	100,0	-	-	B1
5	32,8	1,85	2,71	0,95	0,94	19,0	0,35	10°	28,7	0,36	10,9	166,8	0,42	-	B2
6	29,1	1,89	2,70	0,84	0,93	14,3	0,37	12°	26,3	0,31	11,4	166,8	0,65	-	B2
7	42,6	1,72	2,66	1,21	0,94	14,8	0,89	7°	11,8	0,70	3,9	68,7	0,99	5,7	A2
8	31,6	1,82	2,67	0,93	0,90	9,7	0,78	12°	14,4	0,40	7,5	107,9	0,65	-	B1
9	-	-	-	-	-	-	-	27°	-	-	10,5	127,5	-	-	B2
10	34,3	1,74	2,66	1,12	0,87	12,1	0,73	10°	15,8	0,49	5,3	107,9	0,89	-	B1
11	40,1	1,76	2,68	1,13	0,95	15,6	0,96	6°	9,4	0,79	3,3	58,9	0,93	12,2	A2
12	35,1	1,80	2,71	1,03	0,92	18,6	0,47	10°	23,7	0,42	8,7	137,3	0,48	5,3	B1
13	53,3	1,61	2,60	1,48	0,94	15,9	1,26	5°	8,9	1,0	1,6	49,1	1,02	9,7	A1
14	30,6	1,87	2,72	0,90	0,92	18,5	0,25	12°	30,2	0,27	14,9	176,6	0,67	-	B2

Окончание на стр. 46

Окончание табл. 2 – Обобщенные показатели физико-механических свойств четвертичных отложений на территории г. Ханоя [2]

Слой	W	ρ	ρ_s	e	S_r	I_p	I_L	φ	c	$M_{(0,1-0,2)}$	$E_{0(0,1-0,2)}$	R_0	$C_{v(0,1-0,2)}$	ОВ	Группа
15	26,6	1,92	2,70	0,78	0,92	13,9	0,28	14°	29,8	0,28	14,5	206,0	0,62	-	C
16	36,4	1,76	2,67	1,07	0,91	12,8	0,88	10°	11,8	0,54	4,8	88,3	0,85	8,0	A2
17	26,0	1,85	2,68	0,83	0,84	7,5	0,77	15°	14,2	0,33	11,3	137,3	0,56	-	B2
18	-	-	-	-	-	-	-	33°	-	-	19,4	284,5	-	-	C
19	-	-	-	-	-	-	-	36°	-	-	29,5	363,0	-	-	D
20	27,3	1,84	2,69	0,86	0,85	10,8	0,59	9°	17,9	0,51	6,9	117,7	0,83	-	B1
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,2	176,6	-	-	B2
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	>50	>490	-	-	E
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15-20	>196	-	-	C
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	>50	>490	-	-	E
TK1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5-10	100-150	-	-	B1
TK2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5-10	100-150	-	-	B1
TK3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5-10	100-150	-	-	B1

Примечание: W – естественная влажность (%); ρ – плотность грунта ($г/см^3$); ρ_s – плотность частиц грунта ($г/см^3$); e – коэффициент пористости; S_r – степень влажности; I_p – число пластичности (%); I_L – показатель текучести; φ – угол внутреннего трения (град.); c – удельное сцепление (кПа); $M_{(0,1-0,2)}$ – коэффициент сжимаемости ($МПа^{-1}$); $E_{0(0,1-0,2)}$ – модуль деформации (МПа); R_0 – расчетное сопротивление грунта (кПа); $C_{v(0,1-0,2)}$ – коэффициент консолидации ($10^{-3} см^2/сек$); ОВ – содержание органических веществ (%).

В пределах исторического центра города Ханой (районы: Хайбачынг, Донгда, Бадинь, Хоанкьем, Тханьсуан, Тайхо, Хоангмай и Лонгбьен) в разрезе выделены четыре слоя слабых грунтов свит Тхайбинь и Хайхынг (слои 2, 7, 11, 13). Основные показатели физико-механических свойств этих слоев приведены в таблицах 3-6.

Таблица 3 – Обобщенные показатели физико-механических свойств 2-ого слоя

№	Показатели свойства грунтов	Единица	Символ	Величина*		
				Xn	S	V
1	Естественная влажность	%	W	55,8	18,03	0,32
2	Плотность грунта	$г/см^3$	ρ	1,64	0,12	0,08
3	Плотность частиц грунта	$г/см^3$	ρ_s	2,60	0,12	0,04
4	Коэффициент пористости	-	e	1,470	-	-
5	Пористость	%	n	59,5	-	-
6	Коэффициент водонасыщения	д.е	S_r	0,99	-	-
7	Предел текучести	%	W_L	53,8	15,39	0,29
8	Предел раскатывания	%	W_p	36,9	13,83	0,37
9	Число пластичности	%	I_p	16,9	-	-
10	Показатель текучести	-	I_L	1,12	-	-
11	Угол внутреннего трения	градус	φ	5°33'	-	-
12	Удельное сцепление	кПа	c	7,0	-	-
13	Коэффициент сжимаемости	$МПа^{-1}$	$M_{0-0,1}$	1,325	0,05	0,37
			$M_{0,1-0,2}$	0,999	0,04	0,41
14	Модуль деформации	МПа	$E_{0(0,1-0,2)}$	1,6	-	-
15	Расчетное сопротивление грунта	кПа	R_0	49,1	-	-
16	Количество образцов	n		52		

* Примечание: Xn - нормативное значение; S - среднее квадратическое отклонение; V - коэффициент вариации.

Таблица 4 – Обобщенные показатели физико-механических свойств 7-ого слоя

№	Показатели свойства грунтов	Единица	Символ	Величина*		
				Xn	S	V
1	Естественная влажность	%	W	42,6	12,11	0,28
2	Плотность грунта	$г/см^3$	ρ	1,72	0,12	0,07
3	Плотность частиц грунта	$г/см^3$	ρ_s	2,66	0,05	0,02
4	Коэффициент пористости	-	e	1,205	-	-
5	Пористость	%	n	54,7	-	-
6	Степень влажности	д.е	S_r	0,94	-	-
7	Предел текучести	%	W_L	44,2	10,97	0,25
8	Предел раскатывания	%	W_p	29,4	8,63	0,29

Окончание на стр. 47

Окончание табл. 4 – Обобщенные показатели физико-механических свойств 7-ого слоя

№	Показатели свойства грунтов	Единица	Символ	Величина*		
		%	W	S	S	S
9	Число пластичности	%	I _p	14,8	-	-
10	Показатель текучести	-	I _L	0,89	-	-
11	Угол внутреннего трения	градус	φ	7°10'	-	-
12	Удельное сцепление	кПа	c	11,8	-	-
13	Коэффициент сжимаемости	МПа ⁻¹	M _{0-0,1}	1,264	0,06	0,52
			M _{0,1-0,2}	0,703	0,03	0,40
14	Модуль деформации	МПа	E _{o(0,1-0,2)}	3,9	-	-
15	Расчетное сопротивление грунта	кПа	R ₀	68,7	-	-
16	Коэффициент консолидации	см ² /сек*10 ⁻³	Cv _(0,05-0,1)	1,13	0,31	0,27
			Cv _(0,1-0,2)	0,98	0,35	0,36
17	Содержание органических веществ	%	ОВ	5,7	-	-
18	Количество образцов	n		385		

* Примечание: X_n - нормативное значение; S - среднее квадратическое отклонение; V - коэффициент вариации.

Таблица 5 – Обобщенные показатели физико-механических свойств 11-ого слоя

№	Показатели свойства грунтов	Единица	Символ	Величина*		
				X _n	S	V
1	Естественная влажность	%	W	40,1	8,14	0,20
2	Плотность грунта	г/см ³	ρ	1,76	0,10	0,06
3	Плотность частиц грунта	г/см ³	ρ _s	2,68	0,02	0,01
4	Коэффициент пористости	-	e	1,133	-	-
5	Пористость	%	n	53,1	-	-
6	Степень влажности	%	S _r	0,98	-	-
7	Предел текучести	%	W _L	40,8	5,51	0,14
8	Предел раскатывания	%	W _P	25,2	3,71	0,15
9	Число пластичности	%	I _p	15,6	-	-
10	Показатель текучести	-	I _L	0,96	-	-
11	Угол внутреннего трения	градус	φ	6°35'	-	-
12	Удельное сцепление	кПа	c	9,4	-	-
13	Коэффициент сжимаемости	МПа ⁻¹	M _{0-0,1}	1,335	0,02	0,15
			M _{0,1-0,2}	0,785	0,01	0,12
14	Модуль деформации	МПа	E _{o(0,1-0,2)}	3,3	-	-
15	Расчетное сопротивление грунта	кПа	R ₀	58,9	-	-
16	Давление предуплотнения	кПа	P _c	60,8	0,06	0,10
17	Коэффициент консолидации	см ² /сек. *10 ⁻³	Cv _(0,05-0,1)	0,959	0,18	0,19
			Cv _(0,1-0,2)	0,927	0,22	0,24
18	Содержание органических веществ	%	ОВ	12,2	-	-
19	Количество образцов	n		27		

* Примечание: X_n - нормативное значение; S - среднее квадратическое отклонение; V - коэффициент вариации.

Таблица 6 – Обобщенные показатели физико-механических свойств 13-ого слоя

№	Показатели свойства грунтов	Единица	Символ	Величина*		
				X _n	S	V
1	Естественная влажность	%	W	53,3	18,62	0,35
2	Плотность грунта	г/см ³	ρ	1,61	0,13	0,08
3	Плотность частиц грунта	г/см ³	ρ _s	2,60	0,16	0,06
4	Коэффициент пористости	-	e	1,476	-	-
5	Пористость	%	n	59,6	-	-
6	Степень влажности	д.е	S _r	0,94	-	-
7	Предел текучести	%	W _L	49,1	14,08	0,29
8	Предел раскатывания	%	W _P	33,2	11,96	0,36
9	Число пластичности	%	I _p	15,9	-	-
10	Показатель текучести	-	I _L	1,26	-	-
11	Угол внутреннего трения	градус	φ	5°39'	-	-
12	Удельное сцепление	кПа	c	8,9	-	-
13	Коэффициент сжимаемости	МПа ⁻¹	M _(0-0,1)	1,366	0,06	0,48
			M _(0,1-0,2)	0,999	0,05	0,48
14	Модуль деформации	МПа	E _{o(1-2)}	1,6	-	-

Окончание на стр. 48

Окончание табл. 6 – Обобщенные показатели физико-механических свойств 13-ого слоя

№	Показатели свойства грунтов	Единица	Символ	Величина*		
				X _n	X _n	X _n
15	Расчетное сопротивление грунта	кПа	R ₀	49,1	-	-
16	Давление предуплотнения	кПа	P _c	81,4	0,31	0,38
17	Коэффициент консолидации	см ² /сек. *10 ⁻³	Cv _(0,05-0,1)	1,149	0,74	0,64
			Cv _(0,1-0,2)	1,022	0,68	0,67
18	Содержание органических веществ	%	ОВ	9,7	2,34	0,24
19	Количество образцов	n		628		

* Примечание: X_n - нормативное значение; S - среднее квадратическое отклонение; V - коэффициент вариации.

Исходя из анализа таблиц 3-6, в которых приведены показатели физико-механических свойств четырех слоев слабых грунтов свит Тхайбинь и Хайхынг, можно провести оценку инженерно-геологических особенностей этих свит:

- присутствие органического вещества с различной степенью разложения (в некоторых зонах органическое вещество характеризуется полным разложением, в других – присутствуют остатки древесины и растительности) в свитах Тхайбинь и Хайхынг создает пространственную неоднородность и анизотропию строения, состояния и свойств грунтов этих свит;
- состав и показатели физико-механических свойств этих слоев зависят от содержания органических веществ, которое уменьшается с глубиной (рис. 1) и соответственно снижаются влажность и показатели консистенции, а плотность частиц грунта с глубиной возрастает (рис. 1-3) [1].

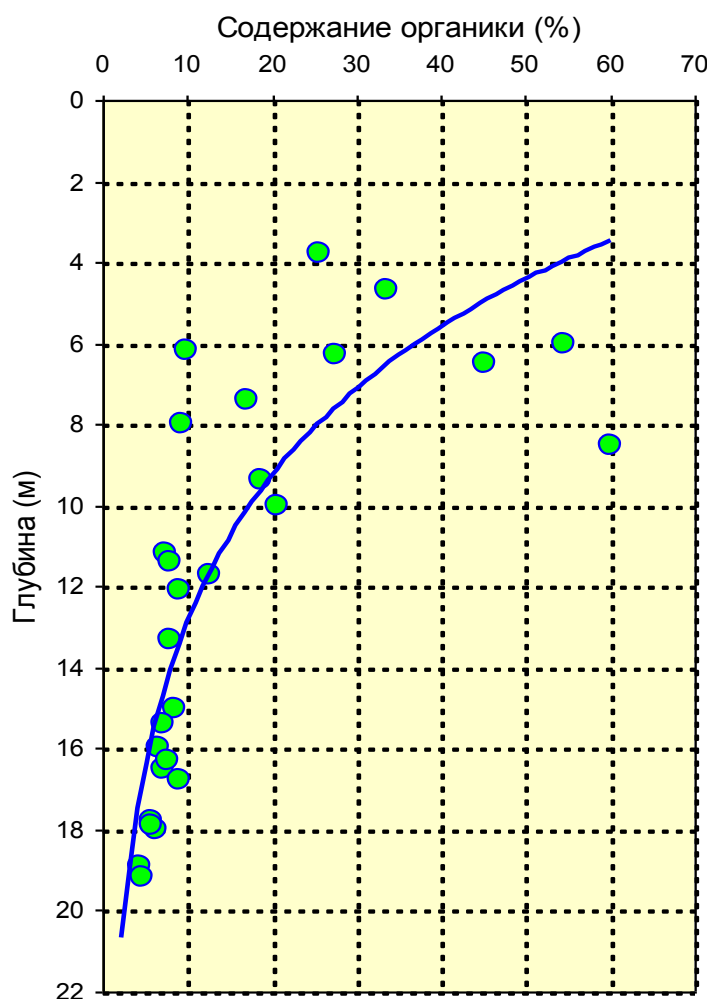


Рис. 1 – Изменение содержания органики по глубине в толще слабых водонасыщенных грунтов свиты Хайхынг (IbIV¹⁻²hh₁)

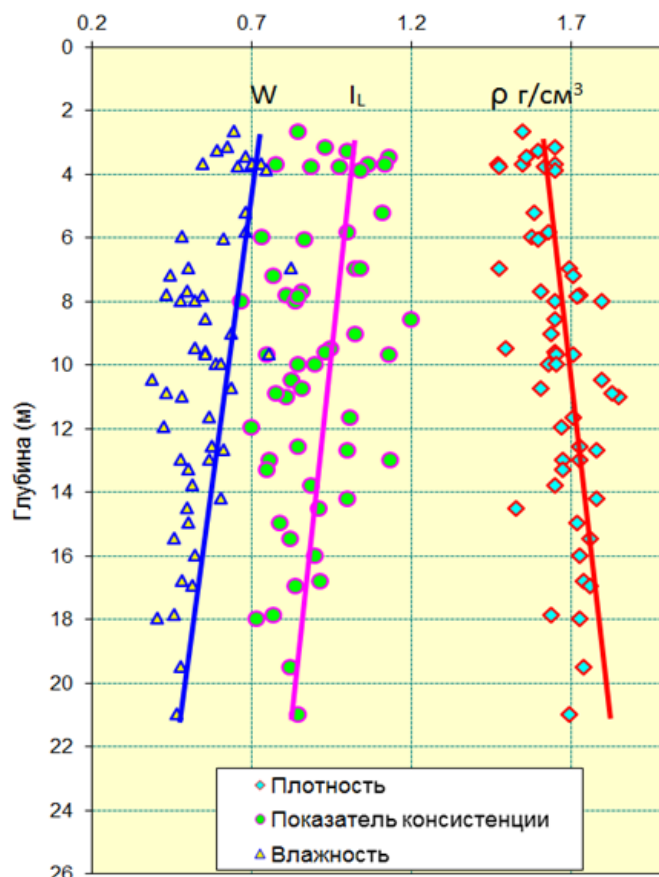


Рис. 2 – Изменение плотности (ρ), показателя консистенции (I_L) и влажности (W) слабых водонасыщенных грунтов свиты Хайхынг ($lbIV^{1-2}hh_1$) по глубине

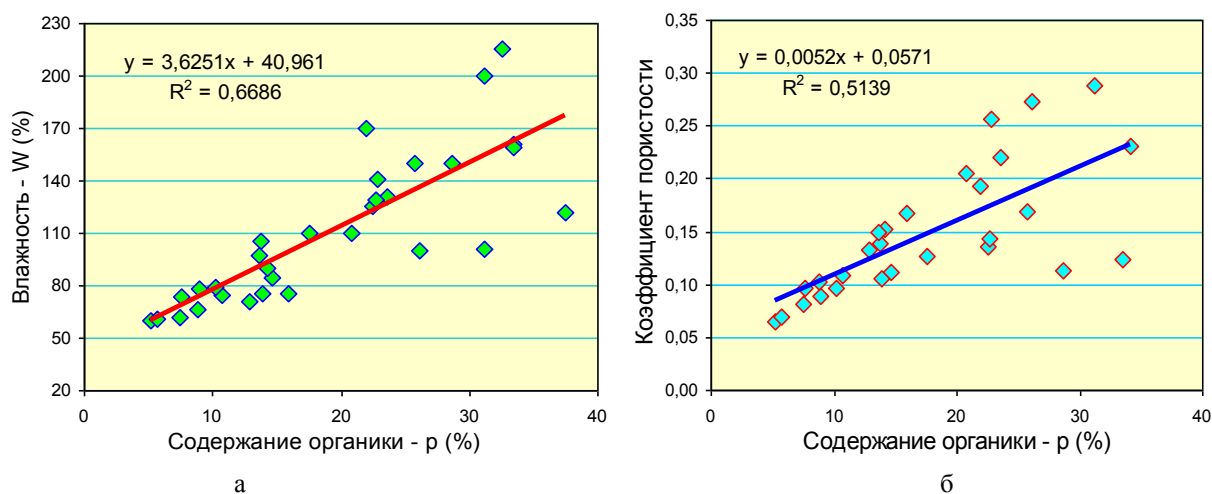


Рис.3 – Изменение влажности и коэффициента пористости от содержания органического вещества в слабых водонасыщенных глинистых грунтах свиты Хайхынг ($lbIV^{1-2}hh_1$) в городе Ханой:

а – зависимость между влажностью и содержанием органики;
б – зависимость между коэффициентом пористости и содержанием органики

Выводы

1. В верхней части разреза исторического центра города Ханой залегают слои слабых пылевато-глинистых грунтов. Толщи слабых грунтов Хайхынг ($lbIV^{1-2}hh_1$) и Тхайбинь ($albIV^3tb_{1,2}$) имеют большую мощность (до 30 м) и повсеместное распространение, что определяет высокую степень сложности инженерно-геологических условий указанной территории.

2. Параметры физико-механических свойств этих свит в 1,2 – 2,3 раза превышают значения, регламентируемые Вьетнамским государственным строительным стандартом для оснований и фундаментов (ТСХД 245-2000): угол внутреннего трения $\phi = 5-8^\circ$; коэффициент пористости $e = 1,1 - 1,5$ д.е.; удельное сцепление $c = 7 - 12$ кПа; расчетное сопротивление грунта $R_0 = 49 - 68,7$ кПа [5].

3. Наличие органического вещества с различной степенью разложения в свитах Тхайбинь ($albIV^3tb_{1,2}$) и Хайхынг ($lbIV^{1-2}hh_1$) определяет пространственную неоднородность, анизотропию строения, состояния и физико-механических свойств грунтов этих свит, а также вызывает развитие негативных процессов и явлений.

4. Водонасыщенные песчано-глинистые грунты малой степени литификации, приуроченные к свитам Хайхынг ($lbIV^{1-2}hh_1$) и Тхайбинь ($a, albIV^3tb_{1,2}$), должны рассматриваться как среда, характеризующаяся развитием больших и неравномерных деформаций зданий и сооружений.

Список литературы / References

1. 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.
2. Фи Хонг Тхинь Слабые грунты на территории города Ханой / Фи Хонг Тхинь, Строкова Л.А.// Инженерная геология. -2014. -№ 1. - С. 30-36.
3. Фи Хонг Тхинь Опасные геологические процессы на территории Ханоя / Фи Хонг Тхинь, Строкова Л.А.// Вестник Томского государственного университета. - 2011. - №309. - С. 200 – 204.
4. Фи Хонг Тхинь. Оценка и прогноз оседания земной поверхности в результате извлечения подземных вод на территории г. Ханой (Вьетнам). Автореф. дисс. канд. геол.-минер. наук. Томск, 2014. – 20 с.
5. Вьетнамский государственный строительный стандарт для оснований и фундаментов. TCXD 245 - 2000.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Nguen Dyk Man'e. Nekotorye problemy osvoenija i ispol'zovanija podzemnogo prostranstva v slozhnyh inzhenerno-geologicheskikh usloviyah goroda Hanoj [Some of the problems of development and utilization of underground space in difficult engineering-geological conditions of the city Hanoi]/ Nguen Dyk Man', Dashko R.Je.// Inzhenernaja geologija [Engineering geology]. – 2010. - № 3. - P. 56-61. [in Russian]
2. Fi Hong Thin' Slabye grunty na territorii goroda Hanoj [Weak soils in the city of Hanoi] / Fi Hong Thin', Strokova L.A.// Inzhenernaja geologija [Engineering geology]. - 2014. - № 1. - P. 30-36. [in Russian]
3. Fi Hong Thin' Opasnye geologicheskie processy na territorii Hanoja /Fi Hong Thin', Strokova L.A. //Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Tomsk State University]. - 2011. - № 309. - P. 200 – 204. [in Russian]
4. Fi Hong Thin'. Ocenka i prognoz osedaniya zemnoj poverhnosti v rezul'tate izvlecheniya podzemnykh vod na territorii g. Hanoj (V'etnam) [Assessment and forecast of earth surface subsidence due to the extraction of groundwater in the city of Hanoi (Vietnam)]. Avtoref. diss. kand. geol.-miner. nauk. Tomsk, 2014. – 20 p. [in Russian]
5. V'etnamskij gosudarstvennyj stroitel'nyj standart dlja osnovanij i fundamentov [Vietnamese state building standard for bases and foundations]. - TCXD 245 - 2000.

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.044

Шапкина Н.С.

ORCID: 0000-0002-9831-6964, ассистент кафедры,

Тюменский индустриальный университет

МАКРОКОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НИЖНЕЮРСКОГО ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ТАЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ

Аннотация

Автором рассмотрены гидрогеохимические условия нижне-среднеюрского гидрогеологического комплекса в пределах Талинского месторождения нефти, расположенного в Красноленинском нефтегазоносном районе Западной Сибири. Показано, что на распределение макрокомпонентов значительно повлияли процессы элизионного водообмена. Значения натрий-хлорного и бор-бромного генетических коэффициентов свидетельствуют о значительной метаморфизации состава вод.

Ключевые слова: гидрогеологический комплекс, элизионный водообмен, тип вод по В.А. Сулину, минерализация подземных вод, бор-бромный коэффициент.

Shapkina N.S.

ORCID: 0000-0002-9831-6964, assistant of the Department,

Tyumen Industrial University

MACROCOMPONENTAL COMPOSITION OF GROUNDWATER LOWER-MIDDLE JURASSIC HYDROGEOLOGICAL COMPLEX OF TALIN OIL FIELD

Abstract

Hydrogeochemical condition of Lower-Middle Jurassic hydrogeological complex within Talin oil fields considered by the author. The field is located in the area of oil and gas Krasnoleninsk Western Siberia. ElySION water exchange process significantly influenced the distribution of macro-components in ground waters. Considered in the article values of sodium chloride and boron-bromine genetic coefficients indicate significant metamorphism composition of water.

Keywords: hydrogeological complex, elision water exchange, type of water for V.A. Sulin, groundwater salinity, boron-bromine coefficient.

Исследования гидрогеологических условий глубоких нефтегазоносных горизонтов, в частности гидрогеохимических, дает ценную информацию для решения проблем аккумуляции и деградации залежей углеводородов. Причины того или иного распределения компонентов связаны с различными факторами: литологическими, геотемпературными, геодинамическими, и в каждом конкретном районе структуру гидрогеохимического поля определяет совокупность и взаимовлияние этих факторов.

Закономерности распределения макрокомпонентов в подземных водах нижнеюрского комплекса Талинского месторождения нефти Западной Сибири. Геологические условия района месторождения достаточно сложное, во-

первых, это связано с его расположением вблизи Восточного склона Уральских гор. Это явилось предпосылкой наличия большого количества дизъюнктивных нарушений в фундаменте, прослеживающихся и в осадочном чехле. Во-вторых, сложность геологического строения связана с наличием уникальной по мощности толщи глинистых пород (около 800 м) фроловской свиты (неоком), которую называют фроловским барьером. Наличие этой толщи определило закрытость нижнеюрского комплекса и условия для поступления большого количества вод особого состава. Такие воды проходят разные этапы метаморфизации от начальных (в процессе накопления и уплотнения глинистых осадков их содержащих) до конечных стадий (при их выжимании в песчаные коллекторы). Такие воды принято называть элизионными.

Гидрогеологическая стратификация объекта исследований характерна для центральной части Западно-Сибирского мегабассейна: кайнозойско-меловая система бассейнов стока, турон-олигоценый (мощность 650-700 м), апт-альб-сеноманский (600-650 м), неокомский (до 700–750 м), верхнеюрский (до 100 м) и ниже-среднеюрский комплексы (до 400 м). К нижеюрскому комплексу относятся отложения шеркалинской (ЮК10, ЮК11) свиты.

Подземные воды исследуемого комплекса относятся к гидрокарбонатно-натриевому типу по В.А. Сулину. Ионно-солевой состав – гидрокарбонатно-хлоридный натриевый или хлоридный натриевый. Воды имеют минерализацию относительно низкую для данных глубин – около 9 г/л. Также встречаются локальные участки с очень низкой минерализацией 2-3 г/л и участки с относительно нормальной минерализацией – 14 г/л. На рис. 1 показано, как меняется минерализация на глубинах от 2400 м до 2850 м. Более низкие значения этого параметра вверху комплекса может быть косвенным доказательством разбавления пластовых вод элизионными, отжатыми как из фроловского барьера, так из глинистых осадков верхнеюрского комплекса. До глубины 2700 м можно отметить классическую вертикальную гидрогеохимическую зональность, т.е. увеличение минерализации по мере увеличения глубины.

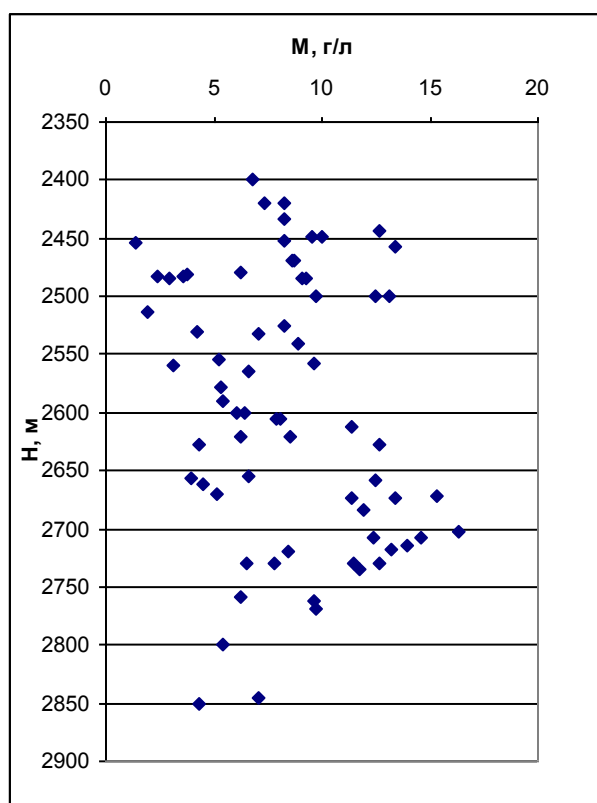


Рис. 1 – Зависимость величины минерализации от глубины в подземных водах нижней юры

При поступлении элизионных вод в коллекторы, в последних часто наблюдается повышение концентрации гидрокарбонат-ионов. На рис. 2 видно, что его количество достигает 4300 мг/л (70 мг-экв/л) вблизи фроловского барьера (рис. 2).

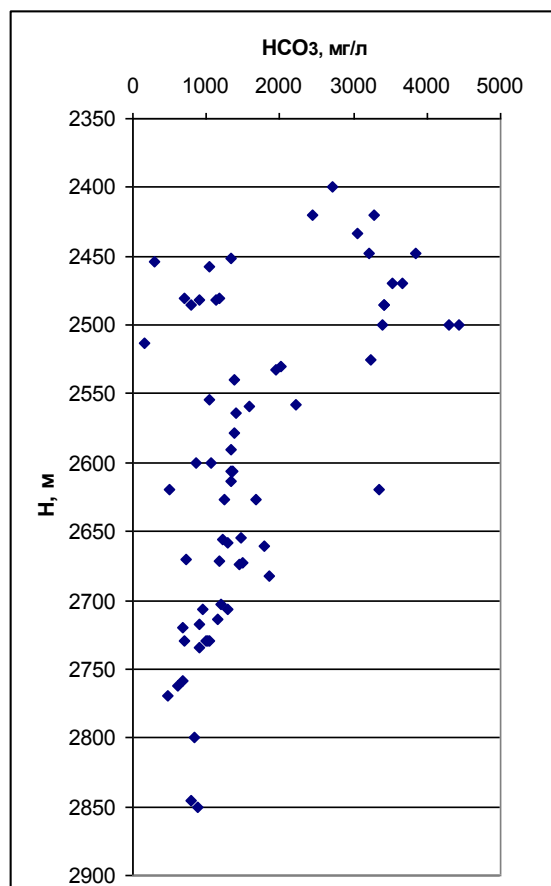


Рис. 2 – Зависимости концентрации гидрокарбонат-ионов от глубины в подземных водах нижнеюрского комплекса

При увеличении содержания гидрокарбонат-ионов повышается щелочность вод, что в свою очередь повышает их агрессивность и активность процессов в системе вода-порода. В щелочных водах часто наблюдается повышенное содержания органики, металл-органических комплексов и макроэлементов. Это связано с повышенным содержанием в них HCO_3^- - ионов [2, С. 4]. Таким образом, подземные воды, в составе которых присутствуют элизонные воды можно диагностировать по широкому спектру микроэлементов и различных органических веществ, хотя это и является косвенным признаком. В определённых термобарических условиях присутствие элизонных вод может интенсифицировать процесс нефтегазообразования. На настоящее время определить долю этих вод в составе природных вод крайне сложная задача.

Концентрация хлоридных ионов в подземных водах комплекса уменьшается с глубиной от неокского комплекса, но с одним обстоятельством: в водах шеркалинской свиты его содержание резко увеличивается и затем снижается при приближении к фундаменту. Аналогичная ситуация складывается и с содержанием натрия – иона. Но в то же время хлор может иметь глубинное, эндогенное происхождение [3, С. 59]. Поэтому мы не исключаем, что на данной глубине часть концентрации хлор-иона может иметь глубинное происхождение.

Ионы натрия и хлора тесно связаны в геохимических процессах, поэтому чаще всего между ними наблюдается прямая зависимость.

Среди макрокомпонентов маркёром процессов поступления элизонных вод является магний. Интересно, что при проведении компрессионных опытов, моделирующих отжатие вод из глинистых пород в природных условиях установлено, что при отжиме возрастает концентрация магниевых ионов [3, С. 59]. Повышение концентрации магния наблюдается в подземных водах верхней части исследуемого комплекса, там, где разбавление седиментационных вод элизонными, вероятно, было максимальным.

Также следует отметить характер поведения генетического натрий-хлорного коэффициента, значения которого больше 1 свидетельствуют о значительной трансформации состава подземных вод. Влияние процессов элизии можно проследить по наличию гидрокарбонатного типа вод для которого фиксируются натрий-хлорные коэффициенты, превышающие единицу [2, С. 3]. Эти условия выполняются для подземных вод нижнеюрского комплекса: все проанализированные пробы отнесены к названному типу, а натрий-хлорный коэффициент составляет около 1,4 (иногда повышаясь до 4).

Для данных глубин интересны также имеет важное значение имеет бор-бромный коэффициент. B/Br – коэффициент [3, С.57], близкий к единице может быть доказательством разбавления седиментационных вод глубинными флюидами. Пути поступления которых являются многочисленные дизъюнктивные дислокации в фундаменте. Для пластовых вод седиментогенного (талассогенного) генезиса значения данного коэффициента не превышает 0,2 – 0,3. Для океанической воды B/Br – коэффициент имеет значение 0,07-0,18 [3, С. 58]. В подземных водах рассматриваемого гидрогеологического комплекса его среднее значение составляет 0,57 (максимальное 4,75). При этом породы комплекса содержат относительно мало бора, чтобы он мог в таких количествах поступать в воду.

[1, С. 18]. В/Вг – коэффициент имеет обратную связь с величиной минерализации раствора. В районе месторождения мы наблюдаем корреляцию участков с низкими минерализациями подземных вод, повышенными значениями бор-бромного коэффициента (больше 1) и наличием разрывных нарушений. При совместном рассмотрении гидрогеохимической информации и сейсмических профилей с разрывными нарушениями, нами было выявлено повышение В/Вг – коэффициента при нахождении скважины вблизи разлома, и наоборот его понижение – если скважина находится на расстоянии более 2-3 км. Такой разлом и мог быть путем внедрения глубинных вод из фундамента. [1, С. 19]

Формирование химического состав подземных вод на глубинах нижнеюрского комплекса Талинского месторождения нефти связаны со сложнейшими взаимодействиями в системе «вода-порода». Некоторые процессы вероятно протекают импульсно (поступление глубинных флюидов), для других, наоборот, свойственна длительность (поступление элизионных вод при возрастании геостатической нагрузки в процессе накопления осадочного чехла). Поведение основных макрокомпонентов, характер их распределения по глубине и значения генетических натрий-хлорного бор-бромного коэффициентов свидетельствуют о наличии сопряженного восходяще-нисходящего движения подземных вод.

Список литературы / References

1. Абдрашитова Р.Н. Влияние разломно-блокового строения фундамента на гидрогеохимическое поле Краснотенинского свода / Р.Н. Абдрашитова // Нефть и газ. Известия ВУЗов. – 2011. – №4. – С. 15 - 19.
2. Абдрашитова Р.Н. Гидрогеохимический облик подземных вод в условиях элизионной водонапорной системы Западно-Сибирского мегабассейна / Р.Н. Абдрашитова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2 – С. 1 - 8.
3. Всеволожский В.А. Влияние глубинных газопаровых флюидов на формирование состава пластовых вод нефтегазовых месторождений / В.А. Всеволожский, Т.А. Киреева // Вестник Московского университета. Серия 4, Геология. – 2010. – №3. – С. 57 – 62.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Abdrashitova R.N. Vliyanie razlomno-blokovogo stroenija fundamenta na gidrogeohimicheskoe pole Krasnoleninskogo svoda [Influence of fault-block structure of the foundation on hydrogeochemical field of the Krasnoleninsk arc] / R.N. Abdrashitova // Neft' i gaz. Izvestija VUZov [Oil and gas. News of Higher Schools]. – 2011. – №4. – P. 15 - 19. [in Russian]
2. Abdrashitova R.N. Gidrogeohimicheskij oblik podzemnyh vod v usloviyah jelizionnoj vodonapornoj sistemy Zapadno-Sibirskogo megabassejna [Hydrogeochemical image of groundwater in conditions of the elysion water pressure system West Siberian megabasin] / R.N. Abdrashitova // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija [Modern problems of science and education]. – 2015. – № 2 – P. 1 - 8. [in Russian]
3. Vsevolozhskij V.A. Vliyanie glubinnnyh gazoparovykh fljuidov na formirovanie sostava plastovyh vod neftegazovyh mestorozhdenij [Influence of deep gas-steam fluid on the formation of the composition of reservoir water oil and gas fields] / V.A. Vsevolozhskij, T.A. Kireeva // Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 4, Geologija [Bulletin of Moscow University. Series 4, Geology]. – 2010. – №3. – P. 57 – 62. [in Russian].

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.177

Юаньцю Е.

ORCID: 0000-0002-1825-0023, аспирант, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ СЛОИСТОСТИ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД ЧЕРНОГОМОРЯ ПОЗДНЕЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДСТВ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Аннотация

Образование осадочных пород – это процесс достаточно сложный, подверженный одновременно воздействию ряда факторов, что приводит к выявлению четких закономерностей становления конечной структуры и свойств. Осадочные породы Черного моря представляют собой поистине уникальный объект для геологического изучения, что стало очевидно только с появлением средств электронной микроскопии для изучения шлифов при высокой степени разрешения. В данной статье приведены практические результаты изучения шлифов осадочных накоплений черного моря.

Ключевые слова: Черное море, шельф, склон, осадконакопление, породы, шлиф.

Yuanqiu Ye.

ORCID: 0000-0002-1825-0023, postgraduate student, Lomonosov Moscow State University

PRACTICAL CONFIRMATION DIVERSITY LAYERING SEDIMENTARY ROCKS CHERNOGOMORYA LATE PERIOD OF ELECTRON MICROSCOPY

Abstract

The formation of sedimentary rock - a process quite complex, subject to the simultaneous action of a number of factors that leads to the identification of clear laws governing the formation of the final structure and properties. Sedimentary rocks of the Black Sea is a truly unique facility for geological study, it became apparent only with the advent of electronic microscopy for the study of thin sections at high resolution. This article provides practical results of the study shlivov sedimentary accumulations of Black sea.

Keywords: Black Sea, shelf, slope, sedimentation, rock, microsection.

К уникальным особенностям истории осадконакопления Черного относится протекание морского осадконакопления, сопровождаемого активным рифтингом и сопутствующих ему тектонических явлений в течение последующих 3-5 млн. лет.

История осадконакопления Черного моря ознаменовалась появлением плиоценовых осадочных пород порядка 5 млн. лет назад. Этому предшествовало углубление бассейна, утонение земной коры, внедрение базальтов в виде силлов в миоценовую соленосную толщу. В начале раннеплиоценового времени после установления связи с Индийским океаном через Баб-эль-Мандебский пролив сформировался относительно маломощный горизонт доломитовых глин с примесью нannoфосилий и высоким содержанием органического вещества и пирита. В этот же период вследствие того, что произошел раскол континентальной коры, произошло образование океанической коры, характеризующейся первичными магнитными аномалиями линейного характера. В течение раннего - позднего плиоцена в ходе развивающегося спрединга донной части по осевому рифту при условии нормального уровня солености при активном поступлении терригенного материала с шельфа и суши на окраинной территории бассейна происходило накопления алевритов и глин с примесями микарба и органогенных карбонатов. В центральных областях в значительной степени проходила накопление алевритовых глин, которые обогащены за счет карбонатного материала (кокколиты, фораминиферы, микарб) [4, С. 24].

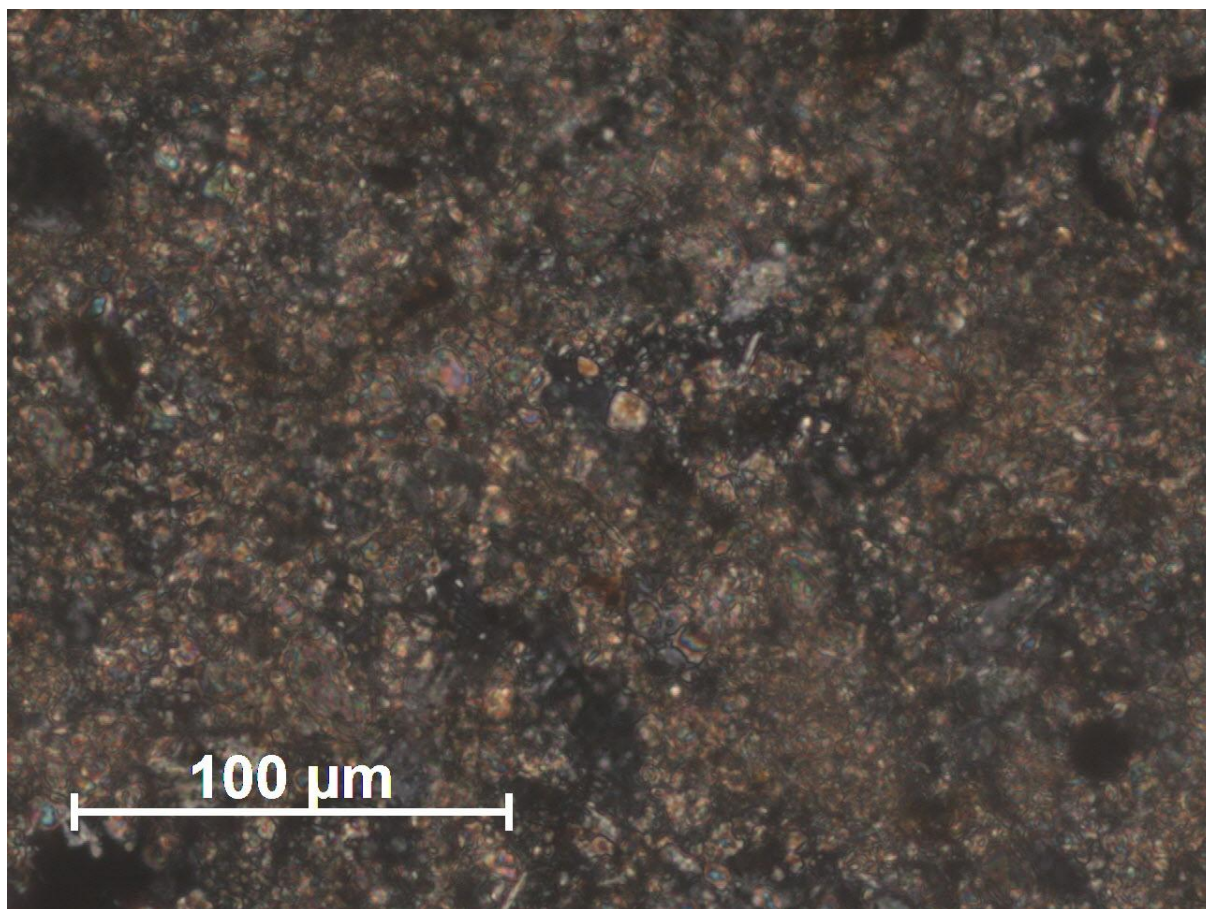


Рис. 1 – Шлиф керна позднечетвертичных отложений Черного моря с включением фораминиферов

В течение позднеплиоценового и четвертичного времени в южной окраине Черного моря продолжается формирование молодой океанической коры, раздвижение которой можно измерить несколькими десятками километров. Вследствие разрыва соленосной толщи осадконакопление происходило в структуре поднявшихся и распространившихся по дну базальтах. Данное явление приводит к омоложению возраста основания осадочных образований, а также к уменьшению мощности по причине движения в направлении от внутренних ступеней главного трога к осевому трогу параллельно с уменьшением возраста базальтов. Позднеплиоценовые и четвертичные отложения формируют генетически единую толщу (III свита). В пределах главного трога происходит сложение за счет мягких или слабо литифицированных карбонатных образований, которые частично обогащены терригенными алевритовыми и глинистыми материалами, прослоями сапропеля. В окраинных частях главного трога в разрезе отмечаются прослой терригенных алевритов и глин [5, С. 37 – 42].

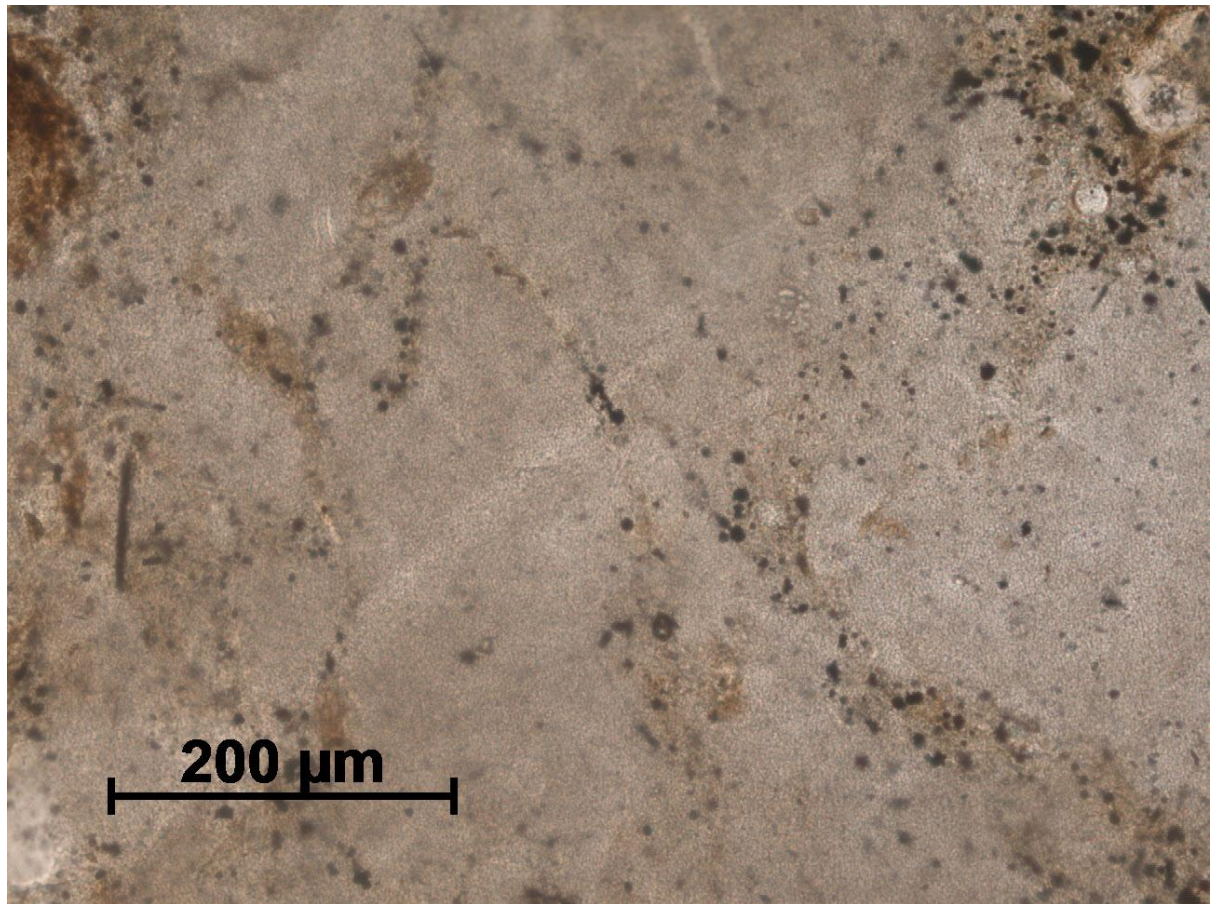


Рис. 2 – Шлиф прослая терригенных отложений

Период, охватывающий последние около 770 тыс. лет сейчас принято называть четвертичным. Иногда его называют также плейстоценом или антропогеном, т.е. эпохой человека. Именуют также ледниковым периодом в связи с тем, что для него характерны резкие пульсации климата, приводившие к периодическим покровным оледенениям полярных и умеренных широт. Предыдущий период длительностью около 1 миллиона лет получил в последние годы название эоплейстоцен.

Термин «четвертичный», хотя и употребляется довольно часто, считается устаревшим. Он появился ещё в 18-ом веке, когда итальянский учёный Адрунио выделил четыре возрастные генерации горных пород [1, С. 56]:

- первичных, без органических остатков;
- вторичных, с остатками примитивных морских организмов;
- третичных, с обилием остатков водных и наземных организмов;
- четвертичных, самых молодых земляных и каменных наносов.

Со времен Адрунио схема расчленения земных слоёв многократно пересматривалась и усовершенствовалась, но некоторые термины, в том числе и слово «четвертичный», наполненное, конечно, новым содержанием, сохранилось. Отсюда и обозначение четвертичной системы: Q – quarta (четверть).

Дело в том, что Черное море – единственный крупный внутренний водоём юга России, связанный через систему проливов Босфор и Дарданеллы со Средиземным морем и далее с Атлантикой и Мировым океаном. Поэтому исследования моря, например, колебания его уровня, имеют не только местное, но и, можно сказать, глобальное значение. Кроме того, нужно учитывать, что с Чёрным морем, его побережьем связана очень интенсивная хозяйственная деятельность, а изучение его истории – единственная основа для прогноза «поведения моря», развития его берегов в будущем.

Выше было упомянуто, что море оставило свою своеобразную летопись четвертичной истории, которую специалисты разных направлений с каждым годом расшифровывают всё более полно. Прежде всего, это морские отложения. На Кавказском, в частности, на Сочинском побережье прибрежно-морские отложения слагают серию четвертичных террас, расположенных на самой разной высоте.

На нижних ступенях главного трога и в осевом троге, особенно в южной части бассейна, плиоценовые отложения отсутствуют. Различные горизонты четвертичных осадков моложе 5 млн. лет накапливались здесь на базальтах раздвигающегося дна. В осевом троге четвертичные осадки представлены своими самыми молодыми горизонтами (позднеплейстоцен-голоценом), а часто здесь обнажаются голоценовые базальты. Активная вулканическая деятельность способствовала накоплению в повышенных количествах пирокластического материала и формированию туфовых горизонтов. В рассольных впадинах осевого трога в результате активной гидротермальной деятельности, сопровождающей излияния базальтов, в конце позднего плейстоцена и в голоцене сформировались и, по-видимому, формируются металлоносные осадки.

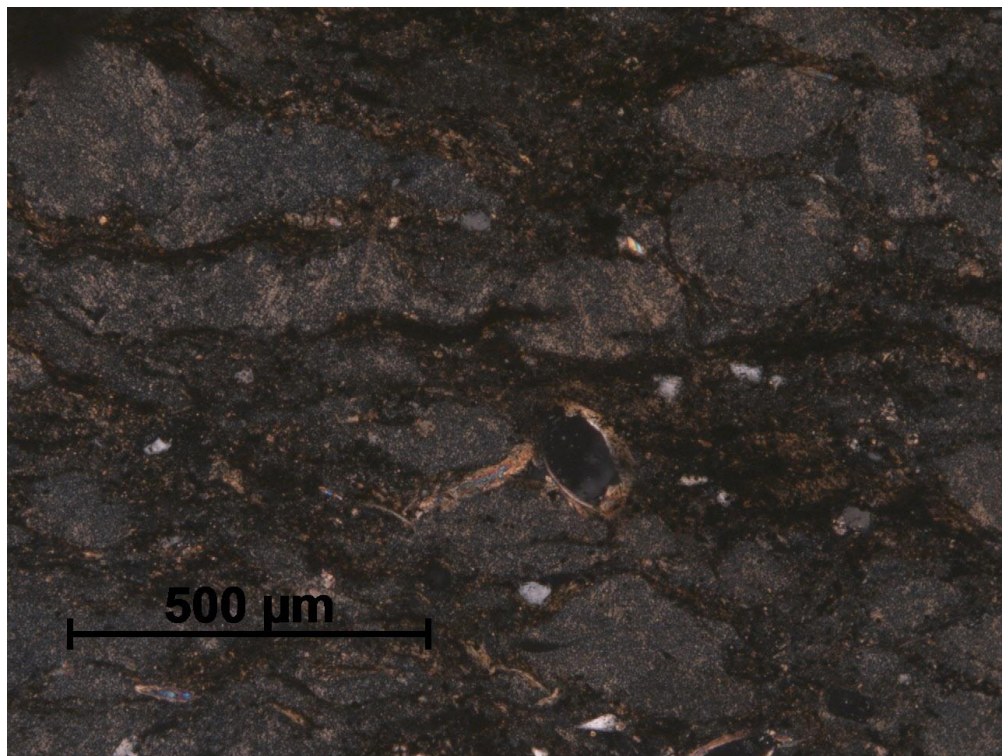


Рис. 3 – Шлиф голоценовых базальтов

В северной части Черного моря соленосная толща лежит без разрыва сплошности. Океанические базальты внедрены в нее в виде силлов. Лишь местами в ней образовались тектонические окна, – соленосные впадины, в которых просвечивают магматические породы, т.е. ситуация напоминает ту, которая была в южной части бассейна на ранних стадиях формирования рифта.

На шельфах в четвертичное время накопился сложный комплекс рифовых и других органических отложений, мощность которого достигает первых сотен метров. Колебания уровня бассейна не могли не сказаться на строении четвертичных осадков прежде всего на шельфе. Имеются данные о наличии на западных берегах нескольких рифовых террас высотой от первых метров до 10-12 м, которые фиксируют высокие стояния красноморского уровня в межледниковые эпохи. Именно в это время происходило наращивание рифовых массивов. В ледниковые эпохи при понижении уровня морские осадки размывались и на шельфе накапливались континентальные, скорее всего, эоловые образования. Учитывая низкие темпы карбонатного осадконакопления, можно предположить малые суммарные мощности морских рыхлых осадков. По-видимому, именно в регрессивные эпохи при падении уровня моря и его изоляции от океана, сопровождавшееся повышением солености вследствие испарения, в толще глубоководных илов формировались алевроито-глинистые прослои, а также арагонитовые литификаты [7, С. 15].

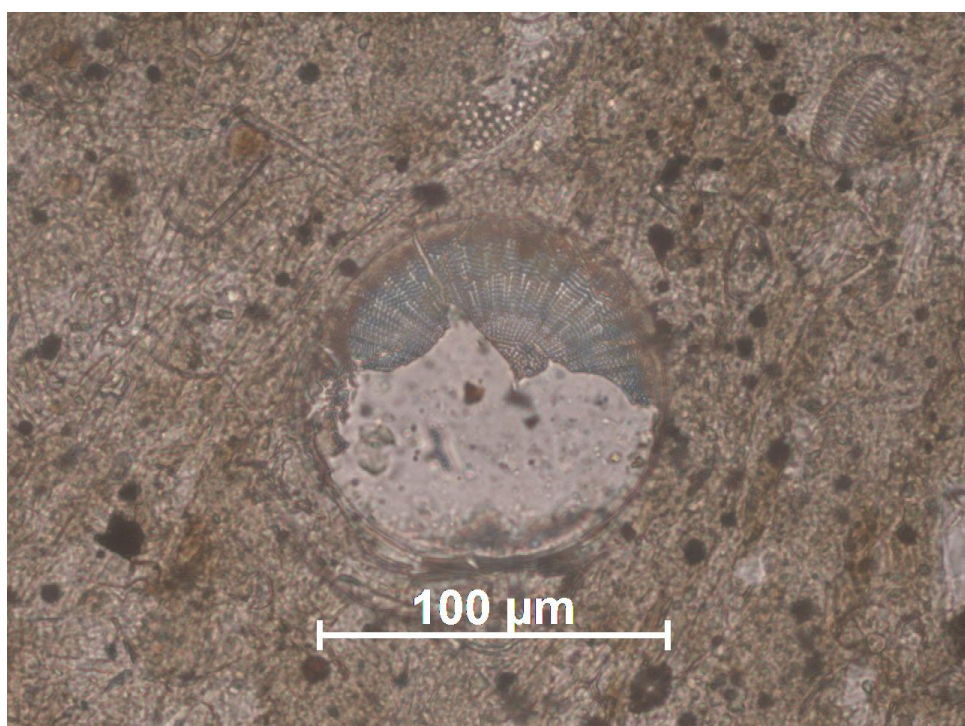


Рис. 4 – Шлиф осадков вулканогенно-биогенной седиментации

Накопившиеся осадочные толщи включают своеобразный фациальный комплекс литологических и генетических типов отложений, формируемый в результате сочетания вулканогенной, биогенной, хемотропной и терригенной седиментации. Этот комплекс по составу и генезису является вулканогенно-осадочным. Четвертичный осадочный процесс, приведший к его образованию можно выделить в качестве вулканогенно-осадочного рифтового типа.

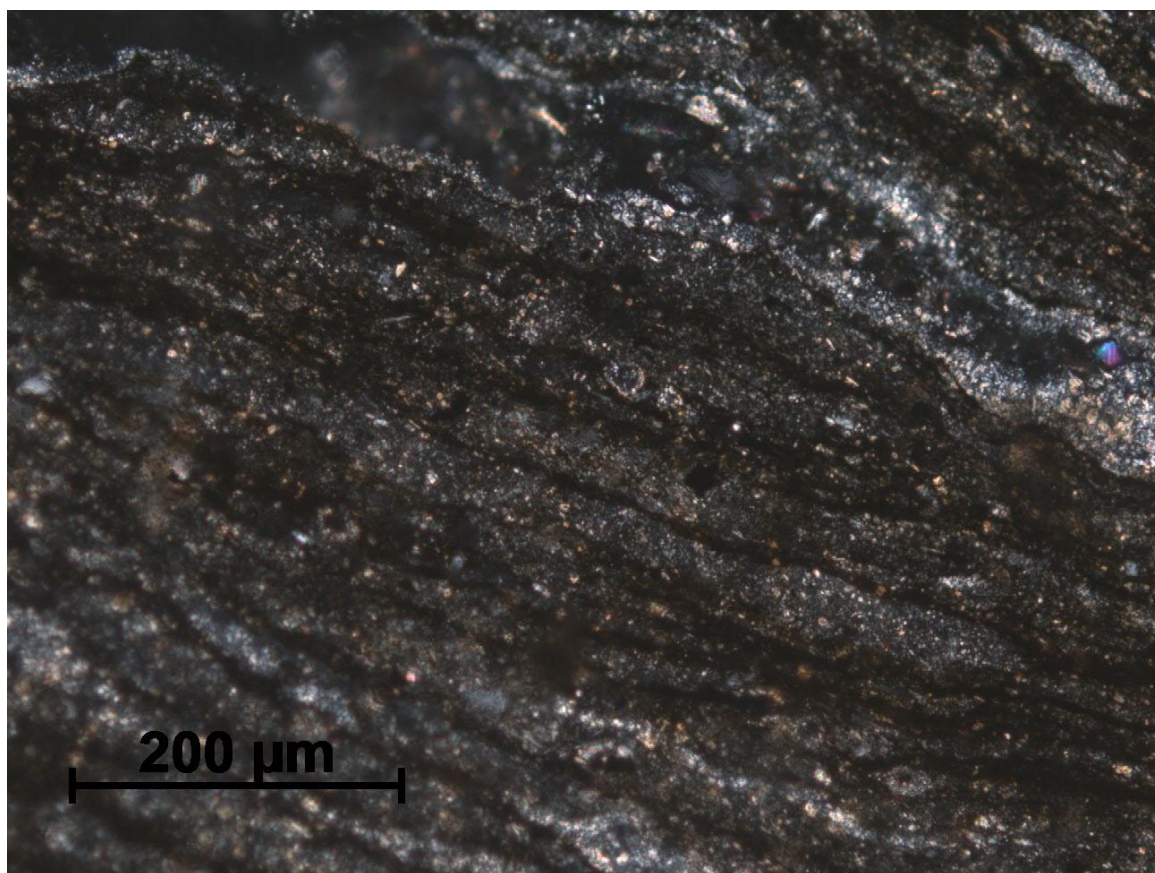


Рис. 5 – Шлиф металлоносных осадков

Сочетание собственно осадочных и вулканогенных процессов привело к формированию в осевых частях бассейнов вулканогенно-осадочных комплексов отложений, являющихся отличительной чертой четвертичного осадконакопления в РВ, поэтому процесс можно классифицировать как вулканогенно-осадочный рифтовый.

Список литературы / References

1. Айбулатов Н.А. Процессы современного осадконакопления на шельфе северо-восточной части Черного моря. Проблемы четвертичной истории шельфа. 1982. С. 98-100.
2. Бердников С.В., Прудникова (Сорокина) В.В. Современное терригенное осадконакопление на Азовском шельфе Экосистемные исследования Азовского моря и побережья. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2002, Т. IV, 264-273.
3. Бердников В., Ивлиева О.В., Прудникова (Сорокина) В.В. Применение компартментальной модели для исследования переноса и захоронения твердых техногенных примесей Среда, биота и моделирование экологических процессов в Азовском море. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001а. 226- 239.
4. Вольвовский Б.С. Сейсмичность. Строение и эволюция земной коры и верхней мантии Черного моря [Текст]. 1989. 240 с.
5. Вронский В. А. Маринопалинология южных морей [Текст]. 1976. 200с.
6. Ещенко Л.А., Шипилова Л.М. Особенности динамики прибрежных вод на севере Приазовья. Экосистемные исследования Азовского моря и побережья Т. IV. Апатиты. Изд. КНЦ РАН. 2002. 118- 139.
7. Девдариани, Н.А. Строение верхней части осадочного чехла Гудаутской банки (Черное море). Вестник Московского университета. 1992. №6. С.74-80.
8. Коротаев В. Н., Иванов В.В., Римский-Корсаков Н.А. Русловая морфодинамика дельтовых рукавов Кубани. Мат-лы XVII пленар. межвуз. координац. совещ. по проблеме эрозионных русловых и устьевых процессов. Краснодар, 2002.
9. Опекунов А.Ю. Аквальный техноседиментогенез. Тр. ВНИИ Океанологии Министерства природных ресурсов РФ. Т. 208. СПб.: Наука, 2005. 278 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ajbulatov N.A. Processy sovremennogo osadkonakopleniya na shel'fe severo-vostochnoj chasti Chernogo morja. Problemy chetvertichnoj istorii shel'fa [The processes of sedimentation on the shelf of the northeastern part of the Black Sea. Problems of quaternary history shelf] /N.A. Ajbulatov// 1982. P. 98-100. [in Russian]
2. Berdnikov S.V., Prudnikova (Sorokina) V.V. Sovremennoe terrigennoe osadkonakoplenie na Azovskom shel'fe Jekosistemnye issledovaniya Azovskogo morja i poberezh'ja [Modern terrigenous osadkonakoplenie Azov shelf Ecosystem research of the Azov Sea and the coast] /S.V. Berdnikov, V.V. Prudnikova (Sorokina)// 2002. P. 264-273. [in Russian]

3. Berdnikov S. V., Ivlieva O.V., Prudnikova (Sorokina) V.V. Primenenie kompartmental'noj modeli dlja issledovaniya perenosa i zahoroneniya tverdyh tehnogennykh primesej Sreda, biota i modelirovanie jekologicheskikh processov v Azovskom more [Application kompartmental'noy model for the study of the transfer and disposal of solid man-made contaminants Wednesday, biota and modeling of environmental processes in the Azov Sea]. /S.V. Berdnikov, V.V. Prudnikova (Sorokina), O.V. Ivlieva// 2001. P. 226- 239. [in Russian]
4. Vol'vovskij B.S. Sejsmichnost'. Stroenie i jevoljucija zemnoj kory i verhnjej mantii Chernogo morja. [Seismicity. Structure and Evolution of the Earth's crust and upper mantle of the Black Sea] /B.S. Vol'vovskij// 1989. P. 240. [in Russian]
5. Vronskij V. A. Marinopalinologija juzhnyh morej. [Marinopalinologiya of Southern Seas] /V. A. Vronskij// 1976. P. 200. [in Russian]
6. Eshenko L.A., Shipilova L.M. Osobennosti dinamiki pribrezhnykh vod na severe Priazov'ja [Features of the dynamics of coastal waters in the north of the Azov Sea] /L.A. Eshenko, L.M. Shipilova// 2002. P. 118- 139. [in Russian]
7. Devdariani H.A. Stroenie verhnjej chasti osadochnogo chehla Gudautskoj banki (Chernoe more). [The structure of the upper part of the sedimentary cover Gudauta banks (the Black Sea)] /H.A. Devdariani// Vestnik Moskovskogo universiteta [Collection of scientific works of the Moscow University]. 1992. P. 74-80 [in Russian]
8. Korotaev V. N., Ivanov V.V., Rimskij-Korsakov N.A. Ruslovaja morfodinamika del'tovykh rukavov Kubani [Run-morphodynamics delta Kuban sleeves] /V. N. Korotaev, V.V. Ivanov, N.A. Rimskij-Korsakov // 2002. P. 105 – 109. [in Russian]
9. Opekunov A. Ju. Akval'nyj tehnosedimentogenez. [Aquatic tehnosedimentogenez] /A. Ju. Opekunov// 2005. P. 278. [in Russian]

НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.160

Плешакова Е.К.

Аспирант, Санкт-Петербургский горный университет

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ ЗАТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПО ЦИФРОВОЙ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

Аннотация

Рассмотрено текущее состояние вопроса определения площади затопления при наводнениях, сезонных паводках и гидродинамических авариях. В результате анализа нормативно-технической литературы выявлены недостаточно освещенные вопросы. Для решения задачи определения площади затопления территории предложено учитывать влияние типа рельефа местности и непараллельность уровенных поверхностей. Решение поставленных задач позволит прогнозировать площади затоплений территорий и выявить участки, благоприятные для применения мер защиты.

Ключевые слова: площадь затопления, типы рельефа местности, непараллельность уровенных поверхностей, геоинформационная система.

Pleshakova E.K.

Postgraduate student, Saint-Petersburg Mining University

IDENTIFICATION OF FLOOD-PRONE AREAS USING DIGITAL TOPOGRAPHIC BASE

Abstract

The article deals with the current state of the problem in estimation flooded areas caused by inundations, river floods and hydrodynamic accidents. As a result of normative literature studies issues that are not represented have been presented. To develop new method suggested using the influence type of surface topography and out-of-parallel of initial levels. The solution of these states will allow to predict flooded areas and to identify areas favorable for the application of protective measures.

Keywords: flooded area, type of surface topography, out-of-parallel of initial levels, geographical information system.

В настоящее время крайне актуальным является вопрос определения зон затопления. Как правило, затопления территорий возникают в результате наводнений, сезонных паводков и гидродинамических авариях. В течение последних нескольких лет только на территории РФ произошло большое количество серьезных наводнений. В июле 2012 г. в результате наводнения из-за проливных дождей в Краснодарском крае пострадало 34 тысячи человек. В августе 2013 г. в результате паводка пострадало свыше 100 тысяч жителей Дальнего Востока. Наводнение охватило Амурскую и Магаданскую области, Еврейскую автономную область, Приморский край и Республику Саха (Якутия), Хабаровский край. В 2014 г. от наводнений пострадали 52 тысячи жителей населенных пунктов Алтайского края, Республики Алтай, Хакасии и Тувы. В 2015 г. серьезно пострадал Ханты-Мансийский автономный округ, Алтайский край, город Сочи. Для территорий с застройкой или с ценными сельскохозяйственными угодьями точное определение площадей затоплений и особенно ценно. Помимо непосредственного определения площадей территорий, подверженных затоплению, также решают не менее важную задачу - создание предпосылок по разработке комплекса мер для обеспечения защиты населения и хозяйственных объектов от затоплений и смягчению их последствий. Кроме того, что информация о площадях затоплений может быть использована при разработке нормативно-технической документации, регламентирующей хозяйственное использование земель, подверженных сезонным затоплениям. Важность темы исследования подтверждена нормативно-правовыми актами, например постановлением Правительства РФ от 18.04.2014 №360 «Об определении границ зон затопления, подтопления» [5]. В целях оперативного обнаружения и прогнозирования зон затопления осуществляют государственный мониторинг водных объектов,

который является частью государственного экологического мониторинга [1]. Подробно порядок осуществления мониторинга представлен в [4]. В названных нормативных документах отмечена необходимость определения границ зон затоплений, но тем не менее не представлены расчетные методики. В этой связи возникает необходимость в разработке методики определения площадей затопления.

Задача определения площади затопления возникает при возведении гидротехнических сооружений. Строительство практически любого гидросооружения сопряжено с затоплением территорий при создании водохранилища. При создании гидросооружения на равнинных реках, расходы, связанные с затоплениями и подтоплениями составляют значительную часть стоимости строительства, а в некоторых случаях могут достигать и стоимости сооружения всего гидросооружения. В связи с этим вопрос определения площадей затоплений и подтоплений является одним из важнейших при проектировании, особенно в условиях использования равнинных рек. Наиболее активно гидротехническое строительство на территории бывшего СССР велось во второй половине XX века. Накопленный большой и разнообразный опыт производства топографо-геодезических работ для проектирования и строительства гидротехнических сооружений широко представлен в технической литературе того периода. Задача определения площади затопления прежде решалась по топографическим картам. Площадь водохранилища определяли с помощью планиметра или по палеткам, которые строили на прозрачной пленке. Определение площади этими методами возможно только на бумажных топографических картах, использование которых в настоящее время потеряло актуальность. В настоящее время также ведется возведение гидросооружений, но в меньшем объеме, при этом зачастую предпочтение отдается строительству малых ГЭС. Вместе с тем, стоит отметить, что к настоящему времени завершено строительство Богучанской ГЭС на р. Ангара в Красноярском крае. В Московской области сооружается Загорская ГАЭС-2, на Северном Кавказе ведется строительство Зарамагской ГЭС в Северной Осетии, Зеленчукской ГЭС-ГАЭС в Карачаево-Черкесии, Гочатлинской ГЭС в Дагестане. На Дальнем Востоке возводятся Усть-Среднеканская ГЭС в Магаданской области и Нижне-Бурейская ГЭС в Амурской области. Опыт современного гидротехнического строительства показывает, что наиболее перспективным способом получения картографического материала является воздушное лазерное сканирование. Для моделирования областей, подверженных затоплению, используют геоинформационные системы. Источником данных для моделирования служат цифровые модели рельефа. Несмотря на немалое количество работ, посвященных определению затоплений при наводнениях и гидродинамических авариях, до сих пор остаются недостаточно освещенными некоторые вопросы. Возникает задача исследовать влияние характера рельефа местности на степень затопления прибрежных территорий.

Затопление территории прежде всего зависит от уровня подъема воды водохранилище и рельефа рассматриваемой территории. Водоохранилища, сооружаемые на средних и крупных равнинных реках, имеют протяженность от нескольких десятков до сотен километров, и охватывают территории площадью в сотни и тысячи квадратных километров. Водоохранилища на малых равнинных реках и на горных реках имеют протяженность, не превышающую одного-двух десятков километров; площади таких водохранилищ не превосходят нескольких десятков квадратных километров. При одинаковом повышении уровня воды в реке или водохранилище на равнинной территории и горной территории, площади затопления будут значительно отличаться, при этом гораздо большая площадь будет затоплена на равнинной местности. В связи с этим была выдвинута гипотеза, что при определении площади затопления территории следует выбирать масштаб картографического материала в зависимости от типа рельефа местности.

В таблице 1 представлены типы местности по преобладающим углам наклона согласно нормативным документам [2], [3].

Таблица 1

Преобладающие уклоны местности	Типы местности согласно	
	[3]	[2]
до 2°	плоскоравнинный	равнинный
до 4°	равнинный, пересеченный и холмистый	всхолмленный
до 6°		пересеченный
5-15°	низкогорный	горный и предгорный (с углами наклона более 6°)
10-25°	среднегорный	
20-45°	высокогорный	

Для дальнейшего моделирования выделены следующие типы местности: с углами наклона до 2°, пересеченный (всхолмленный) с углами наклона до 6°, низкогорный с углами наклона более 6°.

Моделирование площадей затопления для различных типов рельефа выполнено в программном продукте ArcGIS. Наиболее значительное увеличение площади при затоплениях возникает на равнинных типах рельефа, где в зависимости от уровня фактически зарегистрированных поднятий площадь затопления может в разы превосходить первоначальную. В средне- и высокогорных районах поднятия уровня при затоплениях на метры может незначительно отразиться на первоначальной площади водного объекта.

Существующие методики определения площадей затопления водохранилища не позволяют учитывать непараллельность уровенных поверхностей, все они основаны на предположении, что границей затопления будет горизонталь, соответствующая единому числовому значению нормальной высоты. В действительности граница затопления будет представлять собой некий контур, имеющий в разных частях различные нормальные (или ортометрические высоты). Также ошибочно считать, что уровень водного бассейна в спокойном состоянии имеет одинаковые нормальные высоты, и урезы воды на берегах везде имеют разные высоты. Во многих случаях влияние непараллельности уровенных поверхностей мало, поэтому пренебрегаемо, например при топографических съемках, но в случаях когда точность определения высот имеет важное значение, то это обстоятельство следует учитывать.

Возникает необходимость исследовать влияние динамических высот на точность определения площади затопления. Для этого планируется выполнить моделирование в программном продукте ArcGIS площадей затопления с учетом поправок за переход к динамическим высотам.

Решение поставленных задач позволит прогнозировать площади затоплений территорий и выявить участки, благоприятные для применения мер защиты.

Список литературы / References

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 31.10.2016). [Электронный ресурс] – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения: 28.11.2016).
2. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 : [ГКИНП-02-033-82: введен 01.01.1983]. – М. : Недра, 1985. – 151 с.
3. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:10000, 1:25000: [ГКИНП-02-033-82: введен 01.01.1983]. – М.: Недра, 1978. – 149 с.
4. Постановление Правительства РФ от 10 апреля 2007 года N 219 "Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов". [Электронный ресурс] – URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=162057#0/> (дата обращения: 28.11.2016).
5. Постановление Правительства РФ от 18 апреля 2014 N 360 "Об определении границ зон затопления, подтопления". [Электронный ресурс] – URL: <https://goo.gl/mNJz9Y> (дата обращения: 28.11.2016).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vodnyj kodeks Rossijskoj Federacii ot 03.06.2006 N 74-FZ (red. ot 31.10.2016). [Water Code of the Russian Federation dated 03.06.2006 N 74-FL (ed. dated 31.10.2016)] [Electronic resource] – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (accessed: 28.11.2016). [in Russian]
2. Instrukciya po topograficheskoj s"emke v masshtabah 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. [Rules of surveying in scales 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500] [GKINP-02-033-82: vveden 01.01.1983]. – М. : Nedra, 1985. – 151 s. [in Russian]
3. Instrukciya po topograficheskoj s"emke v masshtabah 1:10000, 1:25000. [Rules of surveying in scales 1:10000, 1:25000] [GKINP-02-033-82: vveden 01.01.1983]. – М.: Nedra, 1978. – 149 s. [in Russian]
4. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 10 aprelja 2007 goda N 219. «Ob utverzhdenii Polozhenija ob osushhestvlenii gosudarstvennogo monitoringa vodnyh ob#ektov». [Decree of the Government of the Russian Federation dated 10.04.2007 N 219. «About asseveration of statement national monitoring of water objects»] [Electronic resource] – URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=162057#0/> (accessed: 28.11.2016). [in Russian]
5. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 18 aprelja 2014 N 360. «Ob opredelenii granic zon zatopenija, podtoplenija». [Decree of the Government of the Russian Federation dated 18.04.2014 N 360. «About identification flood-prone areas»] [Electronic resource] – URL: <https://goo.gl/mNJz9Y> (accessed: 28.11.2016). [in Russian]

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.014

Нгуен Хыу Вьет

Аспирант кафедры «Инженерная геодезия», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования, «Санкт-Петербургский горный университет»

ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ДЕФОРМАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Аннотация

В статье рассматриваются подходы к оценке устойчивости реперов, являющихся опорными при геодезических наблюдениях. Задача весьма актуальная, в связи с возросшими требованиями к обеспечению устойчивости как строящихся объектов, так и эксплуатирующихся, а также многочисленными фактами перехода в аварийное состояние зданий и сооружений. Ставится вопрос о необходимости классифицирования методов оценки устойчивости опорных реперов с целью последующего выбора при конкретных наблюдениях. Приведен анализ одного из методов. Показаны его возможности и предложено развитие. Показан конкретный пример и дано сравнение методик. Обоснована необходимость изучения других методов для разработки классификации методов оценки устойчивости опорных реперов.

Ключевые слова: геодезические наблюдения, отметки реперов, опорные репера, деформации, оседания земной поверхности, метод наименьших квадратов, устойчивость реперов.

Nguyen Huu Viet

Postgraduate student, Saint-Petersburg Mining University

ISSUES FOR EVALUATING SURVEY OBSERVATION DEFORMATION PROCESSES

Abstract

The article discusses approaches to the assessment of sustainability benchmarks, which is a reference for geodetic observations. The problem is very relevant in connection with the increased requirements for sustainability as projects under construction and operating, as well as numerous facts of the transition to the emergency state of buildings and structures. The question about the necessity of classification of methods for assessing the stability of reference frames for subsequent choices in specific observations. The analysis of one of the methods. Shown its capabilities and the proposed development. Shown a concrete example and the comparison methods. The necessity of studying other methods to develop a classification of methods for assessing the stability of reference frames.

Keywords: geodetic observations, benchmarks elevation, supporting benchmarks, deformation, settling of Earth's surface, least square method, benchmarks stability.

Иntenсивное развитие территорий предполагает проработку условий строительства на предмет ее соответствия требованиям. Но даже при соответствии, возможны случаи когда требуется контроль состояния среды. В этих случаях необходимо для обеспечения безопасности организация наблюдений. С одной стороны Организация наблюдений за деформациями сооружений является очень важным мероприятием. Необходимо рассчитывать и соблюдать точность измерений, потому что смещения, деформация сооружений при превышении предельных значений не только ставит под угрозу целостность сооружения, но и может причинить вред жизни человека. Таким образом, работы по созданию мониторинга деформаций сооружений, всегда имели важное значение, и методике наблюдений уделяется повышенное внимание.

Деформации сооружений обычно делятся на три категории:

1. Вертикальные смещения (неравномерная осадка);
2. Горизонтальные смещения (деформации растяжения);
3. Наклоны (крен).

Вместе с тем, спектр возможных деформаций довольно широк. Здания и сооружения могут испытывать и деформации кручения, а также локальные растяжения и сжатия. Говоря в общем, можно сказать, что требования к оценке деформаций с каждым годом становятся все жестче. Возникает актуальная задача обеспечения наблюдений за различными объектами. При этом важно, чтобы эти наблюдения могли быть организованы в практически любых условиях с требуемой точностью и иметь автономный характер. Последнее заключается в создании свободных сетей наблюдений, которые имеют достаточную степень свободы для математической обработки с требуемой точностью.

В этой статье рассматривается вопрос о мониторинге вертикальных смещений здания, также известный как мониторинг осадок. Важным моментом при этом является оценка стабильности опорных реперов (деформационных марок), от которой напрямую зависит точность измерений осадок зданий.

После того, как определена стабильность опорных реперов, приступают к определению деформаций зданий и сооружений.

Стабильность деформационной сети можно оценить различными методами, такими как: В.А. Карпенко, А. Костехеля, В.Ф. Черникова, В. Н.Ганьшина и др. [1–4]. При этом стабильность сети оценивается по принципу: “Контрольные точки считаются стабильными, если разность высот точек в рассматриваемый период по сравнению с первым циклом не превышает допустимые пределы, которые определяют разницу”.

Можно выделить две основные группы методов оценки “относительные” и “абсолютные”.

1. Группа методов «относительные» основана на критерии оценки точности измерения по концепции разности осадок.

2. Группа методов оценки «абсолютные» основана на критериях оценки точности измерения по абсолютной погрешности оседания.

Группа методов оценки "относительные" включает в себя такие методы, как: В.А. Карпенко и Я. Мартусевича.

Группа методов оценки "абсолютно" включает в себя методы: А. Костехеля, В.Ф. Черникова.

При детальном рассмотрении указанных методов, обнаруживаются их специфические стороны. Одни методы удачно применять при оценке осадок, но другие могут иметь более универсальный характер. Для эффективного их применения необходимо методы классифицировать и определить рациональные области использования каждого из них. Надо заметить, что сравнение методов проводилось в разных работах, которые позволили продолжить исследования в этом направлении [3,4]. Кроме того, некоторые из них можно модифицировать.

Приведем анализ метода Я. Мартусевича [2].

Суть метода состоит в нахождении наиболее устойчивого репера, путем поочередного использования каждого в качестве базового (устойчивого) и устойчивым считается репер, для которого выполняется условие:

$$\sum_{z=1}^P |U_z| = \min \quad (1.1)$$

U_z – отклонения от среднего. $Z = (1, 2, 3, \dots, P)$

Расчет сети реперов (Z) проводится без наличия опорных пунктов, т.е. сеть является свободной. Вычисляются разности высот в каждом цикле. В данном методе используется ряд измеренных высот реперов.

Вместе с тем, можно проводить уравнивание сети по разности измеренных высот реперов. При этом существенно сократится количество вычислений.

Проведем сравнение указанных подходов на конкретном примере. Опорная сеть приведена на рис. 1.

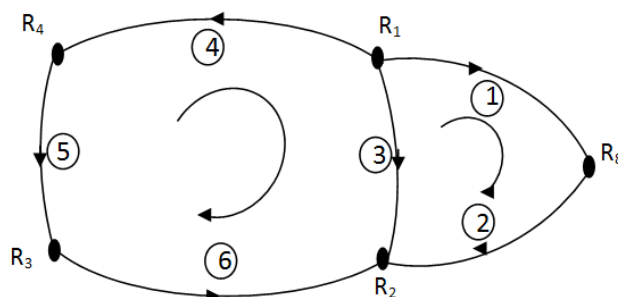


Рис 1 – Схема опорной сети

В табл. 1 приведены измерения по двум циклам (2 и 3). Первый цикл принимается с нулевыми измерениями

Таблица 1 – Данные измерений

	Цикл 2		Цикл 3	
	hi(mm)	ni(станция)	hi(mm)	ni(станция)
1	328.00	1	327.76	1
2	652.18	3	652.36	4
3	980.31	4	979.97	3
4	97.58	5	97.60	5
5	398.49	4	398.33	5
6	483.92	3	483.24	5

Определение устойчивого репера (метод [2]):

После уравнивания по методу наименьших квадратов [5] измеренных высот реперов мы получим уравненные высоты реперов $H_j^{*(k)}$, $H_j^{*(i)}$.

В табл. 2 показаны изменения отметок реперов по каждому циклу по измерениям их высот.

Таблица 2 – Динамика изменений отметок реперов

№ репера	$ U_{1j} $	$ U_{2j} $	$ U_{3j} $	$ U_{4j} $	$ U_{8j} $
R ₁	0.00	0.28	0.20	0.18	0.28
R ₂	0.28	0.00	0.48	0.46	0.01
R ₃	0.20	0.48	0.00	0.02	0.49
R ₄	0.18	0.46	0.02	0.00	0.47
R ₈	0.28	0.01	0.49	0.47	0.00
$\sum_{z=1}^{P1} U_{zj} $	0.95	1.23	1.19	1.13	1.25

В табл. 3 приведена оценка устойчивости всех реперов по методу [2].

При этом принято, что устойчивость реперов оценивается при стабильности репера 1. Как видно из табл. 3 наиболее стабильным является репер 4, у которого наименьшее значение суммы среднеквадратических отклонений (0,18). Отношение этого значение к допуску должно быть менее 2-3. В результате, наиболее устойчивым после репера 1 является репер 4 (см. табл. 3).

Таблица 3 – Устойчивость всех реперов по измерениям высот

№ репера	Цикл 2				Цикл 3				U_{zj}	$\sigma_{U_{zj}}$	$\frac{ U_{zj} }{\sigma_{U_{zj}}} \leq 2 \div 3$	Оценка устойчивости
	H_j^2	σ_{H_j}	Δh_{zj}	$\sigma_{\Delta h_{zj}}$	H_j^3	σ_{H_j}	ΔH_{zj}	$\sigma_{\Delta H_{zj}}$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
R ₁	0.10	0.05			0.13	0.13						1
R ₂	980.3	0.05	980.2	0.07	980.0	0.15	979.93	0.20	0.28	0.21	1.31	4
R ₃	496.3	0.07	496.2	0.08	496.5	0.21	496.44	0.25	0.20	0.26	0.79	3
R ₄	97.7	0.07	97.7	0.09	97.98	0.20	97.85	0.24	0.18	0.26	0.71	2
R ₈	328.1	0.05	328.0	0.07	327.8	0.15	327.72	0.20	0.28	0.22	1.33	5

Модификация метода [2].

Отличие состоит в том, что уравниваются не высоты реперов, а разности их отметок (превышения). В результате уравнивания мы получим разности оседаний реперов Δ_j (см. табл. 4).

Таблица 4 – Уравненные значения разности отметок реперов

Репер	Δ_j	$ U_{1j} $	$ U_{2j} $	$ U_{3j} $	$ U_{4j} $	$ U_{8j} $
R ₁	0.03	0.00	0.29	0.23	0.21	0.29
R ₂	-0.27	0.29	0.00	0.52	0.51	0.00
R ₃	0.26	0.23	0.52	0.00	0.02	0.52
R ₄	0.24	0.21	0.51	0.02	0.00	0.51
R ₈	-0.26	0.29	0.00	0.52	0.51	0.00
$\sum_{z=1}^{P1} U_{zj} $		1.03	1.33	1.29	1.25	1.32

После уравнивания выполнена оценка устойчивости реперов по модифицированному методу (см. табл. 5).

Таблица 5 – Устойчивость всех реперов по разности измеренных высот

Репер	Δ_j	σ_{Δ_j}	U_{zj}	$\sigma_{U_{zj}}$	$\frac{ U_{zj} }{\sigma_{U_{zj}}} \leq 2 \div 3$	Оценка
1	2	3	4	5	6	7
<u>R₁</u>	0.03	0.11				1
R ₂	-0.27	0.12	0.29	0.17	1.78	5
R ₃	0.26	0.16	0.23	0.20	1.17	3
R ₄	0.24	0.17	0.21	0.20	1.06	2
R ₈	-0.26	0.13	0.29	0.17	1.74	4

Сравнение подходов приведено на рис. 2. По столбцу 11 таблицы 3 и столбцу 5 таблицы 5 мы можем сравнить метод [2] до и после модификации.

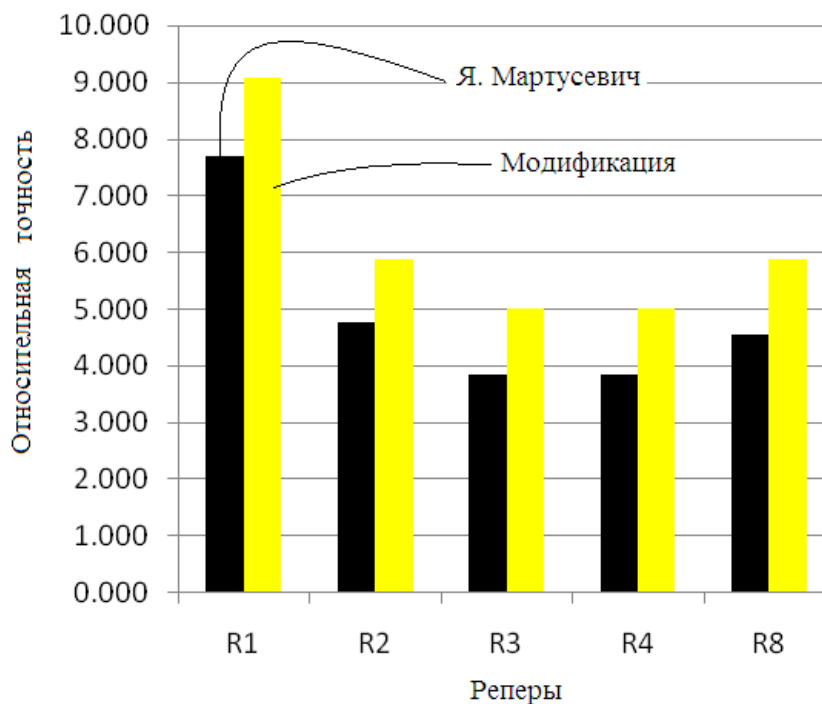


Рис. 2– Сравнение подходов к оценке устойчивости реперов

Как видно из рассмотрения рисунка 2 – относительная точность по разности отметок реперов выше, чем по методу [2].

В итоге можно сделать вывод, что модификация метода, основанного на вычислениях по высотам реперов, существенно упрощается и уточняется при рассмотрении разности измеренных высот. Количество вычислений может быть менее 50%.

Подобно приведенному анализу метода [1], следует провести оценку других методов, что позволит разработать классификацию способов оценки устойчивости геодезической сети по типам объектов и видам наблюдений для их выбора при конкретных геодезических наблюдениях.

Список литературы / References

1. Ганышин В.Н. Измерение вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов / В.Н. Ганышин и др.; под общ. ред. В.Н. Ганышина. – М.: Недра. – 1981. – 215 с.
2. Martusiewicz Janusz (1982), podstawy wyznaczania przemieszczeń, GIK
3. Стороженко А.Ф. Геодезические методы измерений вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов / А.Ф. Стороженко, В.Н. Ганышин, Н.А. Буденков. – М.: Недра. – 1981.
4. Дьяков Б.Н. Анализ устойчивости реперов свободной нивелирной сети / Б.Н. Дьяков. – Геодезия и картография, 1992, №4. – с. 15-17.
5. Гудков В.М. Математическая обработка маркшейдерско-геодезических измерений / В.М. Гудков, А.В. Хлебников. – М.: Недра. – 1990. – 335 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gan'shin V.N. Izmerenie vertikal'nyh smeshhenij sooruzhenij i analiz ustojchivosti reprov [Measurement of the vertical displacements of structures and stability analysis of frames] / V.N. Gan'shin and others; pod obshh. red. V.N. Gan'shina. – М.: Nedra. – 1981. – 215 p. [in Russian]
2. Martusiewicz Janusz (1982), podstawy wyznaczania przemieszczeń, GIK
3. Storozhenko A.F. Geodezicheskie metody izmerenij vertikal'nyh smeshhenij sooruzhenij i analiz ustojchivosti reprov [Geodetic measurements of vertical displacements of structures and stability analysis of frames] / A.F. Storozhenko, V.N. Gan'shin, N.A. Budenkov. – М.: Nedra. – 1981. [in Russian]
4. D'jakov B.N. Analiz ustojchivosti reprov svobodnoj nivelirnoj seti [Analysis of the stability of frames free levelling network] / B.N. D'jakov. – Geodezija i kartografija [Geodesy and cartography], 1992, №4. – p. 15-17. [in Russian]
5. Gudkov V.M. Matematicheskaja obrabotka markshejdersko-geodezicheskikh izmerenij [Mathematical processing of mine surveying-geodetic measurements] / V.M. Gudkov, A.V. Hlebnikov. – М.: Nedra. – 1990. – 335 p. [in Russian]

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.037

Пархимчик М.В.

Аспирант кафедры маркшейдерского дела, Санкт-Петербургский Горный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИБОРОВОГО РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ БОРТОВ КАРЬЕРОВ

Аннотация

Обеспечение устойчивости бортов карьеров является сложной инженерной задачей, зависящей от многих факторов. Наличие дополнительных, пусть и не значительных, притоков влаги действует на призму скольжения, уменьшая силу трения. В данной работе рассмотрены условия формирования потенциально опасных зон в приконтурном массиве карьера, приведено обоснование необходимости учета рельефа местности при определении мест расположения наблюдательных станций, так как такие зоны аккумулируют в себе влагу и, соответственно, отрицательно воздействуют на устойчивость.

Ключевые слова: Маркшейдерское дело, устойчивость, карьер, рельеф, маркшейдерский контроль, гидрогеология.

Parkhimchik M.V.

Postgraduate student, Department of Mine Surveying, Saint Petersburg Mining University

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF TOPOGRAPHY ON THE STABILITY OF PIT WALLS

Abstract

Ensuring the stability of pit is a complex engineering task that depends on many factors. The presence of additional, though not significant, the tributaries of the moisture acts on the prism slide, reducing friction. In this paper, the conditions for the formation of potentially dangerous zones in the marginal array career, the substantiation of the necessity of taking into account of the terrain when determining the locations of observation stations, as these areas accumulate moisture and, accordingly, adversely affect the stability.

Keywords: mine surveying, slope stability, quarry, topography, mine monitoring, hydrogeology.

Одной из важнейших проблем при добыче полезных ископаемых открытым способом является обеспечение устойчивости бортов карьеров. Решение этого вопроса базируется, в основном, на существующих общих методах расчёта устойчивого борта и стандартной инструкции по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости.

Расчёту устойчивости бортов карьеров уделено большое внимание в работах таких ученых, как Фисенко Г.Л., Мочалов А.М., Мустафин М.Г., Борщ-Компаниец В.И., Пустовойтова Т.К., Певзнер М.Е., Куваев Н.Н., Макаров А.Б., Низаметдинов Ф.К. и других. Разработанные методики позволили повысить как безопасность, так и рациональность ведения горных работ. Тем не менее, методы имеют большой запас устойчивости, что может привести к увеличению объема вскрышных работ и снижению величины извлечения полезных ископаемых.

Благодаря совершенствованию компьютерных технологий и, в частности, программных комплексов, стало возможно рассчитать, как влияет строение прилегающего к борту рельефа на устойчивость массива: получить зависимости распределения напряжений в породах борта и выявить отличия между разными формами рельефа. Таким образом, на сегодняшний день, существуют хорошие условия для решения вопроса устойчивости бортов карьеров с учетом рельефа местности.

Различия в строении месторождений создают многообразие горно-геологических условий, учет которых позволит повысить экономическую эффективность ведения горных работ и безопасность на карьерах как во время их эксплуатации, так и после завершения работ. Накопленный опыт является хорошей базой для дальнейших исследований и совершенствования существующей системы маркшейдерского контроля устойчивости в соответствии с текущей ситуацией в горном деле.

На устойчивость откоса оказывает влияние множество факторов: прочность пород, угол и высота откоса, структурные особенности массива и др. Эти характеристики, в свою очередь, влияют на величины сопротивления сдвигу горных пород в массиве и положение в массиве поверхностей скольжения.

Нарушение устойчивости (сдвигание) бортов карьеров связано с изменением напряженного состояния нетронутого массива в результате проведения открытых горных работ. При этом еще в работах у Г.Л. Фисенко отмечено, что на прочность пород существенное влияние оказывают условия накопления осадков и процессы последующего их изменения [4, С. 36]. Таким образом, следует ожидать, что наличие зон просачивания в виде углублений в прибортовом рельефе, является существенным фактором воздействия на массив.

Гидрогеологические факторы напрямую зависят от климата и современного рельефа местности. Они оказывают существенное влияние на устойчивость откосов, сложенных несвязными и слабосвязанными осадочными и сильно выветрелыми скальными породами. [4, С. 43].

Не резко выраженный рельеф, содержащий в себе бессточные впадины, препятствует стоку атмосферных осадков и, соответственно, способствует увеличению обводненности пород. Кроме того, такое препятствие стоку котлованным микрорельефом способствует заболачиванию территории и образованию поверхностных водоемов [4, С. 44].

Прибортовой рельеф можно классифицировать по форме на три большие группы:

1. Плоский.
2. Бургистый.
3. Котлованный.

При строении приконтурного рельефа 1 и 2 типа, сток дождевых и талых вод осуществляется беспрепятственно. Влага частично фильтруется через массив, в зависимости от типа пород, однако просачивание происходит равномерно по всей площади массива.

Если в прибортовом рельефе присутствуют локальные понижения (3 тип), это приводит к аккумулярованию дождевых и талых вод, просачиванию их через зоны повышенной проницаемости (верхние участки плоскости скольжения с высокими растягивающими напряжениями). Влажность существенно изменяет прочностные характеристики массива горных пород, места скопления влаги следует относить к потенциально опасным.

Для решения поставленной задачи хорошо подходит программный комплекс Phase2 [5], основанный на методе конечных элементов, способный рассчитать коэффициент запаса устойчивости откоса с учетом физико-механические свойств горных пород.

Данная задача ставилась уже не раз у разных авторов, занимавшихся решением вопросов устойчивости откосов в годы становления данной области исследований. Стоит отметить, что сложность расчетов и большой объем исходных данных не позволил исследователям решать подобные задачи в прошлом. Поэтому их научный интерес сконцентрировался вокруг разработки методик определения положения поверхности скольжения. Но с развитием технологий и появлением современных программных комплексов эти трудности исчезли.

Использовались упрощенные модели карьеров, сформированные в однородном массиве горных пород (в данном случае сложенными из песка мелкозернистого).

Коэффициент поперечной деформации Пуассона определяется при испытании грунтов методом трехосного сжатия (ГОСТ 12248-96). СНиП 2.02.01-83 рекомендует в случае отсутствия данных лабораторных определений значение коэффициента Пуассона принимать равным для песков и супесей – 0,30.

Механические характеристики приняты по СНиП 2.02.01-83, Приложение Б «Нормативные значения удельного сцепления c_n , кПа, угла внутреннего трения j_n , град., глинистых нелессовых грунтов четвертичных отложений» (рис. 1).

Define Material Properties

☐ Surficial sediments
 ☐ Weathered rock
 ☐ Rock
 ☒ песок тонкозернистый
 ☐ песок 50%

Name: Material Colour:

Initial Element Loading: Unit Weight (kN/m3):

Elastic Properties

Elastic Type:

Young's Modulus (kPa): Poisson's Ratio:

E1 (kPa): E2 (kPa): Ez (kPa):

v12: v1z: v2z:

Strength Parameters

Failure Criterion: Material Type:

Tensile Strength (kPa): Dilation Angle (deg):

Fric. Angle (peak) (deg): Fric. Angle (resid) (deg):

Cohesion (peak) (kPa): Cohesion (resid) (kPa):

☐ Stage Properties
 ☐ Datum Dependent

Unsaturated Shear Strength

Phi b: Air Entry (kPa):

☐ Show only properties used in model

Рис. 1 – Значения механических характеристик

Высота результирующего уступа принята равной 100 метрам. Максимально допустимый угол для данного типа пород посчитан с помощью программного комплекса Phase2.

Для обеспечения необходимого коэффициента запаса устойчивости для бота сложенного песками тонкозернистыми угол откоса должен составлять 34° , что видно из интерпретации результатов расчета (рис. 2).

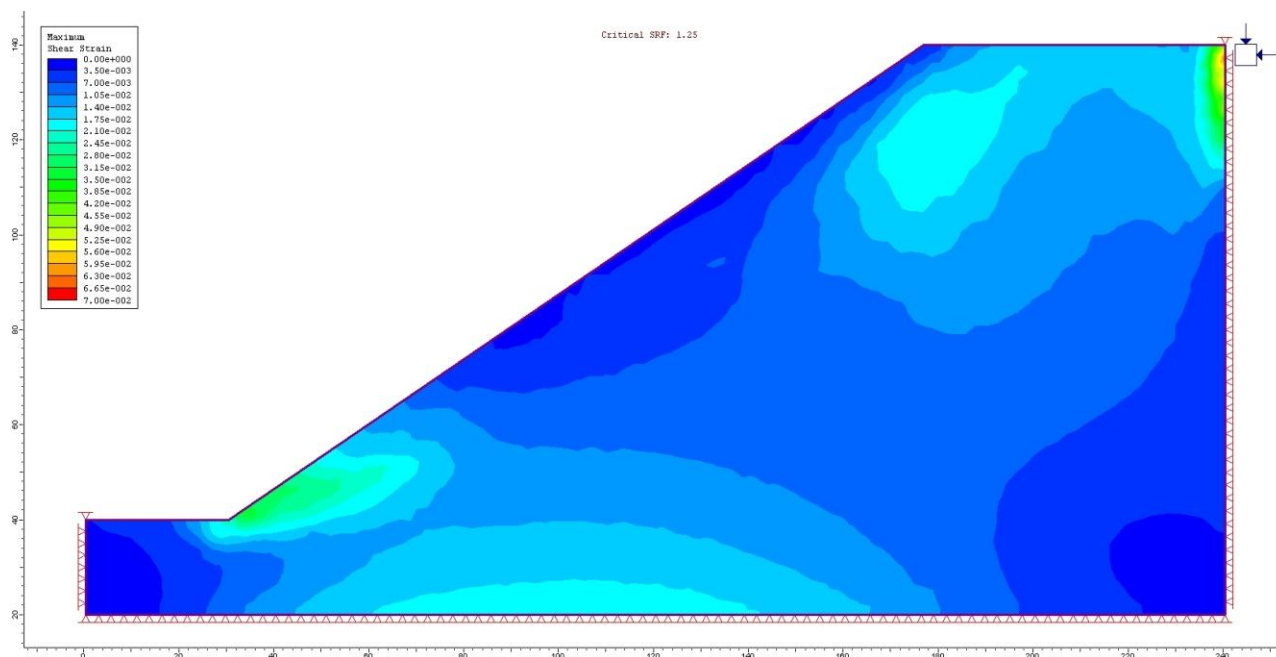


Рис. 2 – Интерпретация результатов расчета устойчивости плоского борта

Для составления наглядной картины влияния рельефа прибортовой местности на устойчивость была взята за основу полученная модель устойчивого однородного борта и в нее были добавлены произвольные углубления в зоне предполагаемого влияния призмы скольжения.

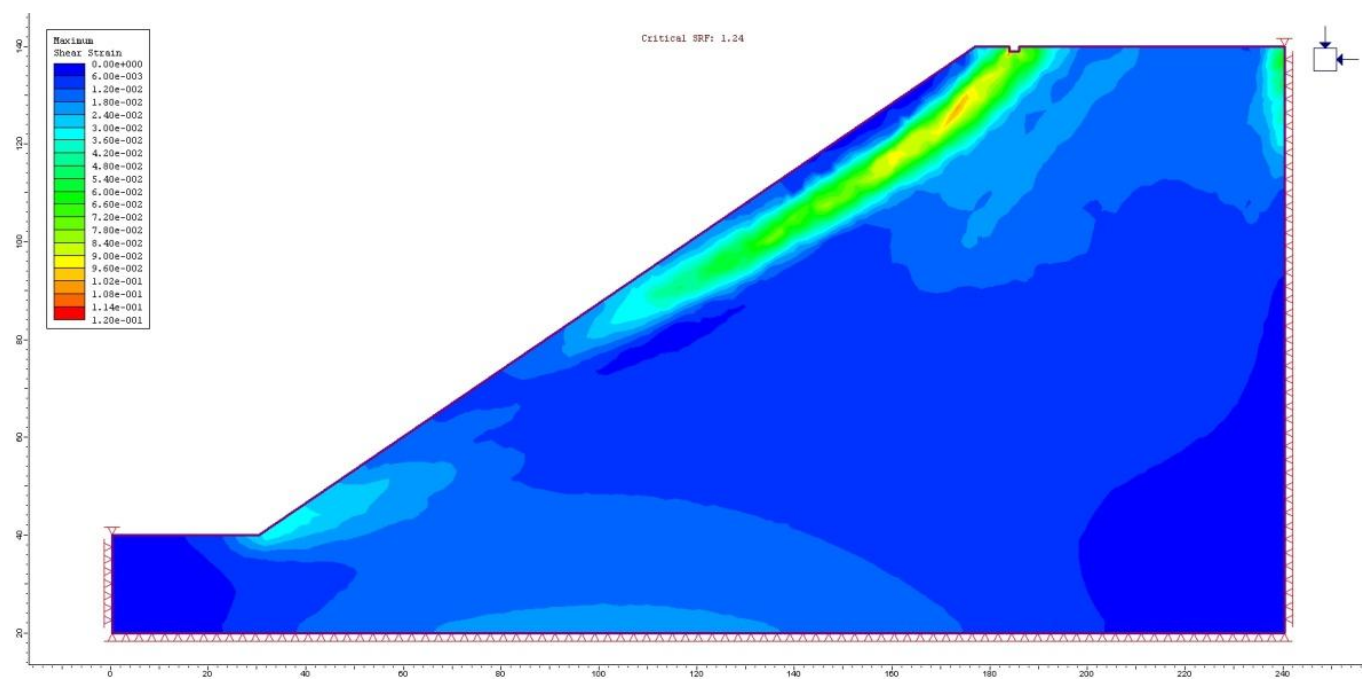


Рис. 3 – Интерпретация расчета уступа с локальным понижением 1:2м при фиксированном коэффициенте запаса устойчивости $n=1.25$

На рисунках 2 и 3 видно, что при одинаковых исходных механических параметрах грунта и разной геометрии борта, для ровного в плане борта условие устойчивости было соблюдено, а для борта с незначительным понижением 1 м глубиной и 2 м шириной видно формирование плоскости скольжения.

Дальнейшие исследования показывают, что выявленная тенденция сохраняется при варьировании ширины и глубины «ям». Тем не менее, степень влияния разных форм локальных понижений рельефа, их геометрических параметров и пространственного расположения может оказывать разное влияние на различные литологические разности.

Изучив существующие схемы позиционирования наблюдательных станций и факторы, влияющие на устойчивость, можно сделать вывод, что до сих пор недостаточное внимание уделено форме приконтурного рельефа и наличия зон увлажнения.

Необходимо дополнительно рассмотреть данные участки, как потенциальные накопители влаги и провести следующий этап моделирования.

Автором работы предполагается также построить зависимости изменения коэффициента устойчивости борта в зависимости от увлажненных зон. Разработать методику прогноза потенциально опасных зон в прибортовом массиве карьера.

Список литературы / References

1. Гусев В. Н. Сдвигения и деформации горных пород: Учеб. пособие. / В. Н. Гусев, Е. М. Волохов // Санкт-Петербургский государственный институт (технический университет). – 2-е изд., исправленное. – СПб.: СПГИ, 2008. – С. 64-80.
2. Мустафин М. Г. Геомеханическое обеспечение маркшейдерского контроля сдвижения пород при открытой разработке месторождений полезных ископаемых / М. Г. Мустафин, Т. К. Пустовойтова, А. Н. Гурин и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2006. – № 6. – С. 45 – 48.
3. Панченко А. В. Моделирование деформаций борта карьера с разными свойствами горных пород и геометрией в плане / А.В. Панченко // Наука и Мир. – 2014. – № 4 (8). – С. 160-162.
4. Фисенко Г. Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов / Г. Л. Фисенко – М.: Недра, 1965. – С. 40-47.
5. Phase2 Finite Element Analysis for Excavations and Slopes. Support [Электронный ресурс] / Rocscience inc. - Ресурс доступа: <http://www.rocscience.com/products/3/support.pdf>

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gusev V. N. Sdvizheniya i deformacii gornyh porod: Uchebnoe posobie [Displacement and deformation of rocks: textbook] / V. N. Gusev, E. M. Volohov // Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj institut (tehnikeskij universitet) [Saint Petersburg state institute (technical university)]. – 2nd ed. fixed. – Spb.: SPGGI, 2008. – P. 64-80. [In Russian]
2. Mustafin M. G. Geomechanicheskoe obespechenie markshejderskogo kontrolja sdvizhenija porod pri otkrytoj razrabotke mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh [Geomechanical surveying of the control of the displacement of rocks in surface mining of mineral deposits] / M.G. Mustafin, T. K. Pustovojtova, A. N. Gurin and others // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' [Mining information-analytical bulletin]. – M.: MGGU, 2006. – № 6. – P. 45 – 48. [In Russian]
3. Panchenko A. V. [Modeling of the deformation of the side of the pit with different rock properties and geometry in terms] / A. V. Panchenko // Nauka i Mir [Science and the World]. – 2014. – № 4 (8). – P. 160-162. [In Russian]

4. Fisenko G. L. Ustojchivost' bortov kar'erov i otvalov [Stability of pit walls and dumps] / G. L. Fisenko – M.: Nedra, 1965. – P. 378-382. [In Russian]

5. Phase 2 finite element analysis for excavations and slopes. Support [Electronic resource] / Rocscience Inc. Resource access: <http://www.rocscience.com/products/3/support.pdf>

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.058

Усольцев И.И.¹, Кильматов Т.Р.²

¹Аспирант, Дальневосточный Федеральный Университет,

²доктор физико-математических наук, профессор, Дальневосточный Федеральный Университет,

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского

ПРОГНОЗ ТРАЕКТОРИЙ ДРЕЙФА ПЛАВАЮЩИХ ОБЪЕКТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ

Аннотация

В приложении к задачам распространения загрязнения на поверхности моря представлены модельные и натурные эксперименты по перемещению дрейфующих объектов. Эксперименты проведены с плавающими буйами в акватории центральной части Охотского моря. Приводятся результаты исследования раздельного влияния ветра и термогалинной составляющей на дрейф. Модельные оценки показали, что для прогноза одного поля ветра недостаточно, необходим учет термогалинной составляющей поверхностного морского течения. Предлагается использовать данные спутниковой альтиметрии. Представлены наблюдаемые траектории движения объекта, модельные траектории движения под действием ветра, модельные траектории под действием термогалинных течений. Отмечается, что атмосферные синоптические циклоны приводят к непредсказуемым стохастическим смещениям объектов и затрудняют прогноз перемещения объектов

Ключевые слова: Дрейф, Охотское море, поверхностное загрязнение, поле ветра, спутниковая альтиметрия

Usoltsev I.I.¹, Kilmatov T.R.²

¹Postgraduate student, Far Eastern Federal University

²PhD in Physics and Mathematics, Professor, Far Eastern Federal University,
Maritime State University

FORECAST OF LEEWAY'S TRAJECTORIES OF FREE-DRIFTING OBJECTS ON THE SURFACE OF THE OKHOTSK SEA

Abstract

There are represented model and real experiments of leeway of drifting objects, attached to the surface of the sea pollution problems. Those experiments were held with drifting buoys in the central part of water area of the Okhotsk Sea. Here are results of research of separated influence of wind and termohaline component on the leeway. Model estimates showed, that wind field only is insufficient for the forecast. It is necessary to take into account also the termohaline component of the surface current of the sea. Data of the satellite's altimetry is offered for use. There are represented real trajectories of object's leeway, model trajectories, using wind data and model trajectories, using termohaline currents. It was noticed, that atmospheric synoptic cyclones lead to unpredictable stochastic movements of objects and difficult to forecast the object's leeway

Keywords: Leeway, the Sea of Okhotsk, surface pollution, wind field, satellite altimetry.

В настоящее время большое внимание уделяется анализу и прогнозу движения объектов, свободно плавающих на поверхности моря. Это связано с прикладными задачами по изучению распространения загрязнения в морях и океанах, в частности по возможным потенциальным загрязнениям нефтепродуктами в Охотском море рядом с о. Сахалин [4, 5, 8]. Проблема дрейфа объектов остается актуальной, поскольку однозначного решения задач распространения объектов по поверхности акваторий нет.

В данной работе представлены результаты наблюдений за дрейфом буйев в центральной части Охотского моря. Экспериментальные работы проведены в рамках ДВНИГМИ с буйами типа SVP-Marlin [7]. Буй “SVP-Marlin” снабжен спутниковой системой “Argos” и имеет подводный парус с крылом 1 метр, который и определяет генеральное направление движения буя по течению. Наблюдения проведены в летний период 2013 года, причем в данной работе выделяется буй период движения 01.08 – 28.08 2013 года.

На рис.1 представлена траектория движения буя. На начальную дату 01.08.2013 координаты траектории соответствуют 52.865° N, 144.804°E. Это рядом с северо-восточным шельфом о. Сахалин, что имеет прикладное значение для прогноза зоны загрязнения вследствие близости нефтедобычи на шельфе и потенциальной возможности разлива нефти.

Из рис. 1(С) видно, что движение буя можно разделить на два периода. Первый период (П1) с 1 по 15 августа можно ассоциировать как упорядоченное движение с преобладающим северным направлением движения. Второй период (П2) с 16 по 28 августа характерен квази – хаотическим характером траектории севернее точки начала дрейфа. В данном конкретном случае не так важна конечная координата точки буя 28.08.2013, поскольку в режиме движения П2 достаточно определить границы акватории, в которую вероятно попадет дрейфующий объект и будет совершать хаотические перемещения.

Причина двух режимов движения в данном эксперименте легко объяснить из анализа синоптической ситуации в тот период времени. Она была резко отличной в периоды П1 и П2. Анализ поля (карт) давления над рассматриваемой акваторией по данным [11] показал, что в период П1 доминировали антициклоны, период П2 характеризовался

появлением крупного циклона. Так, на 16 августа с материковой части в направлении о. Сахалин на северо-восток двигался крупный циклон с давлением 998 мбар. На дату 17.08.2013 его центр находится над о. Сахалин, примерно 142°в.д. 51°с.ш. и смещался в северо-восточном направлении. На 20.08 его центр находится примерно 155°в.д. 62°с.ш.

При наличии ветра именно он несет основную ответственность за движением объектов на поверхности моря, поскольку дрейфовая составляющая в большей степени формирует поверхностное поле течений [1, 3, 6]. Ниже было использовано поле ветра по данным реанализа японского метеорологического агентства JMA [11]. Разрешение по пространству 0,5 градуса (сетка Охотского моря 254x93), шаг по времени 6 часов. Период и место наблюдений соответствует положению дрейфа дрейфера. Отметим, что в период с 16 августа буй попал под действие атмосферного циклона. В целом данные показывают, что движение в П1 имеет генеральное направление на север – северо-восток, то есть довольно близко по генеральному направлению ветра.

Важную роль играет в формировании поверхностного поля течения играет геострофической компонента, особенно при слабых ветрах [1, 2, 10]. Эта компонента довольно консервативна во времени и в значительной степени определяет генеральную климатическую циркуляцию. В настоящее время есть возможность использовать массовые наблюдения – спутниковые альтиметрические поля, в частности Las Aviso [9], которые являются результатом интегрального геострофического эффекта. Отметим, что в [9] представлены также модельные геострофические расчеты скорости течения на поверхности моря. Хотя эти данные между собой связаны классическими геострофическими соотношениями:

$$\begin{aligned} V_g f &= -\frac{1}{g\rho} * \frac{\Delta p}{\Delta x} \approx -g \frac{\Delta \alpha}{\Delta x}, \\ -U_g f &= -\frac{1}{g\rho} * \frac{\Delta p}{\Delta y} \approx -g \frac{\Delta \alpha}{\Delta y}, \end{aligned} \quad (1)$$

В работе были опробованы оба поля. В формуле 1, обозначено V_g и U_g – геострофические компоненты скорости на восток и север соответственно, f – параметр Кориолиса, g – ускорение свободного падения, Δx , Δy – шаги сетки на восток и север соответственно, $\alpha(x, y)$ – поле урванной поверхности со спутниковых альтиметрических наблюдений. Для расчета использовалась сетка по пространству 25 минут, шаг по времени 24 часа. Результаты представлены на рис.1, траектория Б. Реализовано два эксперимента. Первый – буй запускался из начальной точки П1 и двигался в поле геострофических течений. Из рис. 1 видно, что объект за 16 дней резко уходил на запад и упирался в берег о. Сахалин. Во втором эксперименте за начальную точку использовалось положение буя на дату 16.08.2013, то есть движение П2. Буй в этом случае монотонно под действием геострофического течения перемещался на восток, хаотическое движение отсутствовало. Таким образом, геострофическая составляющая определяет только фон, реальное перемещение объекта в данном случае больше соответствует дрейфовой составляющей.

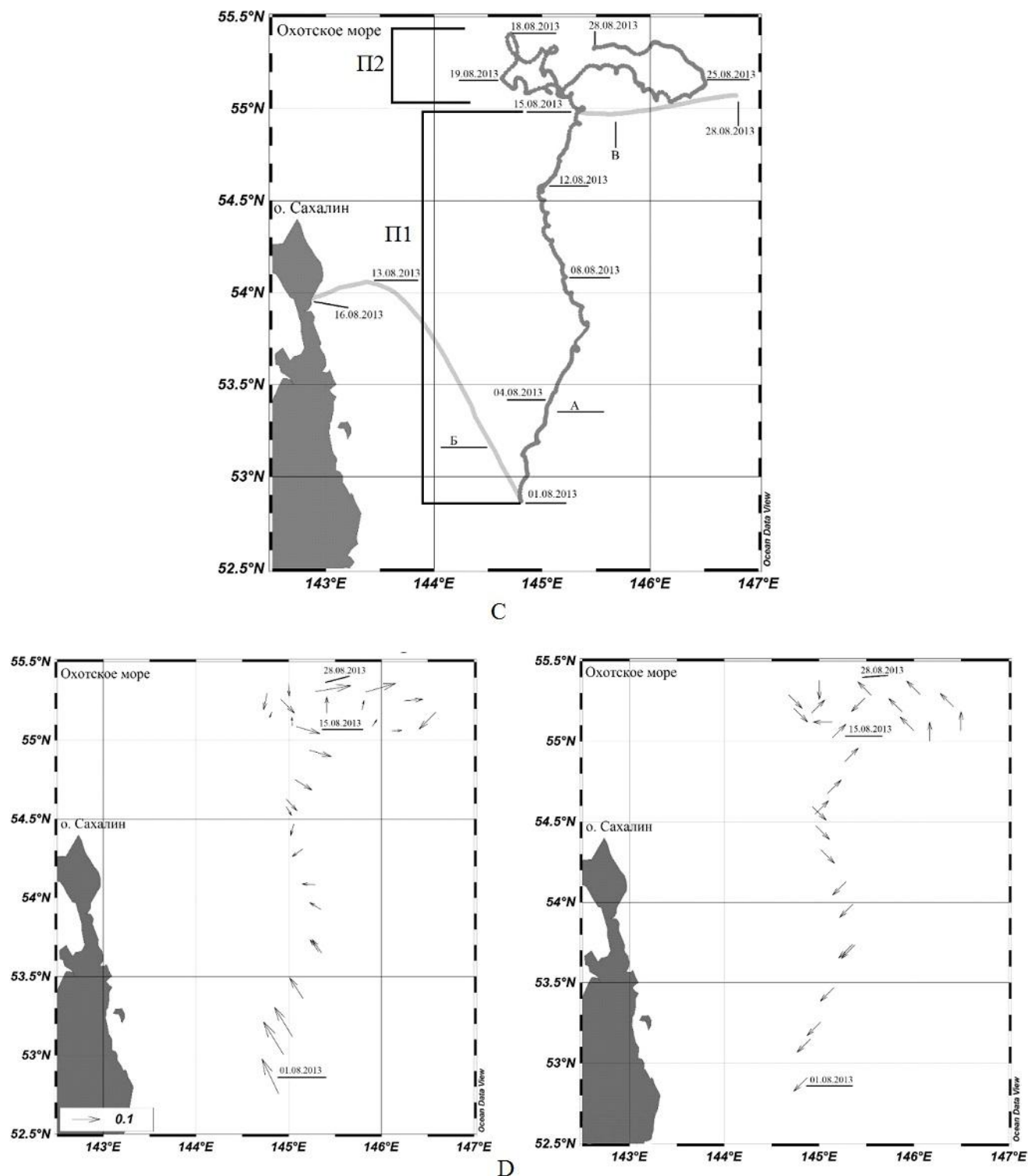


Рис. 1 – (С) - Сравнения движения реального и модельного буев, движущегося по геострофической траектории (в период П1 – Б, в период П2 – В). Движение реального буя – А.

Расчетное движение по геострофической траектории – Б.

(D) – поле геострофического течения (слева), поле наклона уровенной поверхности моря (справа) вдоль траектории движения буя

Рассмотрим результаты модельных экспериментов по модифицированной (с учетом геострофической поправки) полуэмпирической модели свободно-дрейфующего тела “Leeway” [8]. Модель построена на экспериментальной основе подбора коэффициентов связи между полями ветра и дрейфа с разными типами объектов. В данной работе используется структура формулы из [9]:

$$\begin{aligned} L_d &= a_d W + b_d + e_d, \\ L_{c+} &= a_{c+} W + b_{c+} + e_{c+}, \\ L_{c-} &= a_{c-} W + b_{c-} + e_{c-}. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь обозначено L_d, L_{c+}, L_{c-} — компоненты скорости движения модельного буя соответственно по ветру, перпендикулярно отклонения вправо (+) и влево (-). Главная идея этой модели – смещение буя пропорционально W –

скорости ветра. Параметры пропорциональности a_d, b_d, e_d подбираемые экспериментальным путем. В работе дополнительно учитывалась геострофическая поправка. Характерный результат модельного дрейфа представлен на рис.2:

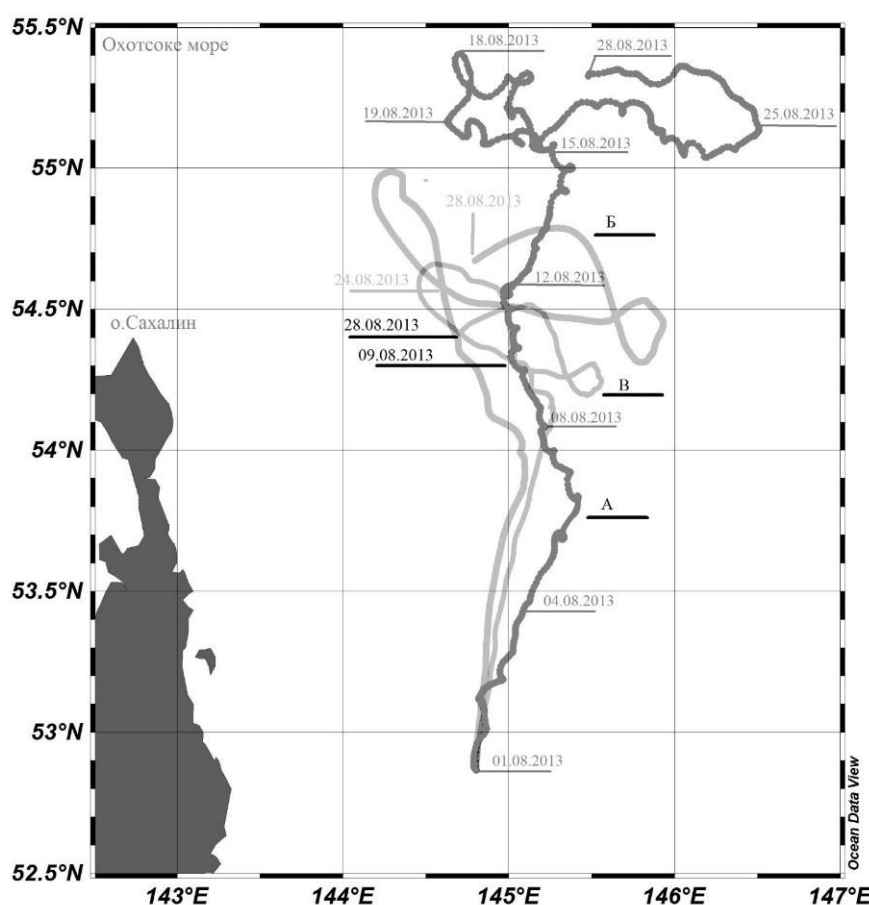


Рис. 2 – Результаты моделирования движения буя (В – Б) по модифицированной модели [8].
Модельные траектории остаются южнее реальной

Если подставить характерные коэффициенты, то движение модельного буя на север более ограничено, чем реального. Характер движения П1 и П2 повторяются, хотя акватория квази – хаотического движения расположена южнее. На рис.2 обозначено (А) – реальная траектория, (Б) (В) – модельные траектории с учетом и без учета дополнительных факторов. Из рис.2 видно, что в соответствии с расчетами геострофической составляющей движения буя учет этого фактора приводит к смещению траектории на запад ближе к о. Сахалин в период П1, как и следует из рис. 1. Соответственно в период дрейфа П2 геострофическая составляющая смещает буй на восток.

Резюмируем результаты экспериментальных и модельных исследований:

1. Поле поверхностных течений, прежде всего ветровой дрейф и геострофическая составляющая течения определяет движение свободно плавающего объекта в море. Это движение корректируется климатическими, синоптическими особенностями конкретной акватории

2. Хотя определяющую роль в движении играет ветер, геострофическая составляющая может переместить объект в другом направлении. В частности, для исследуемой акватории Охотского моря при отсутствии ветра траектория движения направлено в сторону берега о. Сахалин.

3. Геострофическая составляющая поверхностного течения удобно оценивать и рассчитывать с помощью альтиметрических спутниковых наблюдений.

4. Атмосферный синоптический циклон на поверхности моря сильно изменяет положение дрейфующих объектов, поэтому при поиске и прогнозировании положения свободно плавающих тел важно учитывать их возможные пересечения с атмосферными аномалиями.

Список литературы / References

1. Верхунов А.В. Развитие представлений о крупномасштабной циркуляции Охотского моря. Комплексные исследования Охотского моря / Под ред. В.В. Сапожникова. Москва: ВНИРО, 1997. С. 8-18.
2. Залесный В.Б., Дианский Н.А., Конторовский С.В.. Численное моделирование динамики вод Охотского моря // Дальневосточные моря России, книга1. Москва: Наука 2007. С. 335-387.
3. Пищальник В.М., Архипкин В.С. Сезонные вариации циркуляции вод на охотоморском шельфе острова Сахалин // Темат. Вып. ДВНИГМИ. 1999. №2. С. 84-96.
4. Пранц С.В., Улейский М.Ю., Будянский М.В.. Численное моделирование распространения в океане радиоактивного загрязнения от АЭС "Фукусима-Дайичи" ДАН. том 439, № 6, [2011] С.811-814.
5. Становой В.В., Лавренов И.В., Неелов И.А. Система моделирования разливов нефти в ледовитых морях.// Проблемы Арктики и Антарктики, 2007, вып. 77. С. 7-16.

6. Атлас по океанографии Берингово, Охотского и Японского морей. // Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН г. Владивосток. Режим доступа: http://www.pacificinfo.ru/data/cdrom/2/HTML/1_00.htm
7. Описание буев SVP-Marlin. Режим доступа: <http://www.marlin-yug.com>.
8. Leeway model documentation // Режим доступа: <https://zenodo.org/record/797/files/12152.pdf>
9. Live Access Server // Режим доступа: <http://las.aviso.oceanobs.com/>
10. Preller R. H., Hogan P.J. Oceanography of the sea of Okhotsk and the Sea of Japan/East sea // The sea. N.Y.: Wiley, 1998. Vol. 11. P. 429-449.
11. Japan Meteorological Agency. Режим доступа: <http://www.jma.go.jp/jma/indexe.html>

Список литературы на английском языке / References in English

1. Verhunov A.V. Razvitie predstavlenij o krupnomasshtabnoj cirkuljacii Ohotskogo morja [The development of ideas about the large-scale circulation of the Okhotsk Sea]. Kompleksnye issledovaniya Ohotskogo morja [Integrated studies of the Okhotsk Sea] / Pod red. V.V. Sapozhnikova. Moskva: VNIRO, 1997. S. 8-18.
2. Zalesnyj V.B., Dianskij N.A., Kontorovskij S.V.. Chislennoe modelirovanie dinamiki vod Ohotskogo morja [Numerical simulation of the dynamics of the Okhotsk Sea waters] // Dal'nevostochnye morja Rossii [Far eastern seas, book 1], kniga 1. Moskva: Nauka 2007. S. 335-387.
3. Pishchal'nik V.M., Arhipkin V.S. Sezonnye variacii cirkuljacii vod na ohotomorskom shel'fe ostrova Sahalin [Seasonal variations in the circulation of water in the Sea of Okhotsk offshore Sakhalin Island] // Temat. Vyp. DVNIGMI. [Works of FERHRI] 1999. №2. S. 84-96.
4. Pranc S.V., Ulejskij M.Ju., Budjanskij M.V.. Chislennoe modelirovanie rasprostraneniya v okeane radioaktivnogo zagrizneniya ot AJeS "Fukushima-Dajichi" [Numerical modeling of the ocean of radioactive contamination from the nuclear power plant "Fukushima-Daiichi"] DAN. tom 439, № 6, [2011] S.811-814.
5. Stanovoj V.V., Lavrenov I.V., Neelov I.A. Sistema modelirovaniya razlivov nefi v ledovityh morjah [Modeling System of oil spills in ice-covered seas]. Problemy Arktiki i Antarktiki [Problems of Arctic and Antarctic] , 2007, vyp. 77. S. 7-16.
6. Атлас по океанографии Берингово, Охотского и Японского морей.[Atlas of Oceanography Bering Sea, Sea of Okhotsk and the Sea of Japan] // Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН г. Владивосток. Режим доступа: http://www.pacificinfo.ru/data/cdrom/2/HTML/1_00.htm
7. Описание буйев SVP-Marlin [Description of buoys SVP-Marlin] <http://www.marlin-yug.com>.
8. Leeway model documentation // <https://zenodo.org/record/797/files/12152.pdf>
9. Live Access Server // <http://las.aviso.oceanobs.com/>
10. Preller R. H., Hogan P.J. Oceanography of the sea of Okhotsk and the Sea of Japan/East sea // The sea. N.Y.: Wiley, 1998. Vol. 11. P. 429-449.
11. Japan Meteorological Agency. Режим доступа: <http://www.jma.go.jp/jma/indexe.html>

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.078

Хан С.А.¹, Скрыбина А.С.², Бондаренко Н.П.³

¹Кандидат технических наук, ПАО «Газпром»

²ORCID: 0000-0002-0109-872X, Аспирант, ПАО «ВНИПИгаздобыча», ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

³Кандидат физико-математических наук, Доцент, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

ОПЕРАТИВНОЕ ПОДЗЕМНОЕ ХРАНИЛИЩЕ ГЕЛИЙСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА

Аннотация

Одним из актуальных вопросов разработки уникальных месторождений гелийсодержащих газов Восточной Сибири и Дальнего Востока является вопрос извлечения и утилизации гелия. Гелий – невозобновляемый ресурс. Этот газ обладает гораздо меньшей плотностью и большей вязкостью, чем природный газ, а также крайне высокой проникающей способностью. Эти свойства обуславливают особенности его поведения в пласте-коллекторе после закачки. В частности, высокая проникающая способность накладывает повышенные требования на герметичность перекрывающей выбранный для хранения пласт-коллектор покрышки. В статье даны рекомендации по созданию оперативного подземного хранилища гелийсодержащего газа на базе неразработанного месторождения природного газа и проанализировано поведение гелия при закачке в пласт-коллектор, содержащий природный газ, в зависимости от его фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС).

Ключевые слова: гелий, гелиевый концентрат, подземное хранение гелия, концентрация гелия, распространение гелия.

Khan S.A.¹, Skryabina A.S.², Bondarenko N.P.³

¹PhD in Engineering, PJSC Gazprom

²ORCID: 0000-0002-0109-872X, Postgraduate student, PJSC VNIPIgazdobycha, LTD Gazprom VNIIGAZ,

³PhD in Physics and Mathematics, Associate professor,
Korolev Samara National Research University

OPERATIVE UNDERGROUND HELIUM-RICH GAS STORAGE

Abstract

One important issue with the unique helium-rich gas deposits development in Eastern Siberia and the Far East is helium recovery and storage. Helium is a non-renewable resource. Compared with natural gas, helium has much lower density and higher viscosity as well as extremely high penetrability. These properties determine the features of helium behavior in a porous reservoir after injection. In particular, high penetrating power leads to high requirements for cap rock quality. The article

provides recommendations on creation of operative underground helium-rich gas storages in undeveloped natural gas fields as well as analysis of helium behavior after injection into a natural gas reservoir depending on the reservoir properties (porosity and permeability).

Ключевые слова: helium, helium concentrate, underground helium-rich gas storage, helium concentration, helium spread in reservoir.

Гелий нашел применение во многих отраслях промышленности и народного хозяйства, и, согласно экспертным оценкам, потребление гелия в мире растет. Большая часть выявленных мировых запасов гелия сосредоточена в США, России, Алжире и Катаре [5, С. 79].

Со второй половины XX века и по сей день лидером на мировом рынке гелия являются США, положившие начало практике подземного хранения гелия (в составе гелиевого концентрата (ГК), 70% гелия) [6, С. 1], [7, С. 1], [8, С. 1]. Тем не менее, в 1996 году правительство приняло решение о приватизации резервов гелия, что привело к снижению его экспортных поставок из США [3, С. 50].

Россия располагает уникальными ресурсами гелия. В 2020 году планируется ввести в разработку Чаяндинское нефтегазоконденсатное месторождение, содержание гелия в продуктивных горизонтах которого варьируется от 0,44% до 0,601%. В 2024 году планируется ввести в разработку Ковыктинское газоконденсатное месторождение, содержание гелия в продуктивных горизонтах которого варьируется от 0,26% до 0,28% [2, С.2]. А в целом, согласно данным Геологической службы США, на балансе России по состоянию на 2015 год числится 1,7 млрд.м³ гелия [5, С. 79].

Таким образом, в перспективе, Россия сможет занять прочную позицию на международном рынке гелия, однако одним из необходимых условий этого является промышленное применение технологий крупномасштабного хранения этого ресурса. Могут быть реализованы различные по назначению и проектному сроку эксплуатации типы подземных хранилищ гелийсодержащего газа (ПХГГ):

- долгосрочный – для хранения стратегического государственного резерва;
- оперативный – для сглаживания неравномерности объемов производства гелия на газоперерабатывающем заводе;
- временный – для хранения объемов пермеата (поток на выходе с установки мембранного выделения гелия [2, С. 3]), ГК или ГГ, полученных на установках подготовки газа.

В ряде работ рассматривался опыт создания и эксплуатации ПХГГ Клиффсайд. ПХГГ создано в частично выработанном месторождении природного гелийсодержащего газа (1,8%). Скважины, закачивающие ГК, расположены на своде купола Буш Доум, а отбирающие ПГ – на удалении от свода и на периферии структуры. Особенность процесса создания ПХГГ Клиффсайд состоит в совмещении процессов отбора пластового газа (ПГ) и хранения ГК. При этом темпы отбора ПГ на протяжении разработки месторождения определялись спросом на гелий. Это могло значительно повлиять на выявление инфильтрации гелием первой добывающей ПГ скважины, находящейся на расстоянии чуть более 600 м от ближайшей закачивающей ГК скважины, уже через 11 месяцев закачки. Через четыре года выявлено пять инфильтрованных гелием скважин, добывающих ПГ. Miles D. Tade, C. Kenneth Eilerts и Eudora F. Summer отмечают значительное превышение расчетных значений темпов распространения гелия в пласте над фактическими. В 2003 году при построении и адаптации цифровой трехмерной гидродинамической модели в рамках реализации программы приватизации государственного гелиевого резерва было установлено наличие высокопроницаемых пропластков, по которым происходила фильтрация гелия к забоям скважин, добывающих ПГ [6, С. 4], [7, С. 5], [8, С. 4].

Гелий обладает малой плотностью и крайне высокой проникающей способностью, в связи с этим требует тщательного выбора структура для его хранения. Наиболее предпочтительной является структура антиклинального типа, обеспечивающая большую сохранность по сравнению со структурами синклинального или моноклинального типов. Это связано с тем, что плотность гелия намного меньше средней плотности природного газа. В процессе гравитационной сегрегации гелий будет сосредотачиваться в прикровельной части пласта-коллектора, распространяясь на некоторую площадь. Таким образом, при закачке в синклинальную или моноклинальную структуры в силу их формы велика вероятность миграции гелия за пределы структуры. В отличие от антиклинальной структуры, что делает ее выбор для создания ПХГГ предпочтительным (рис. 1).

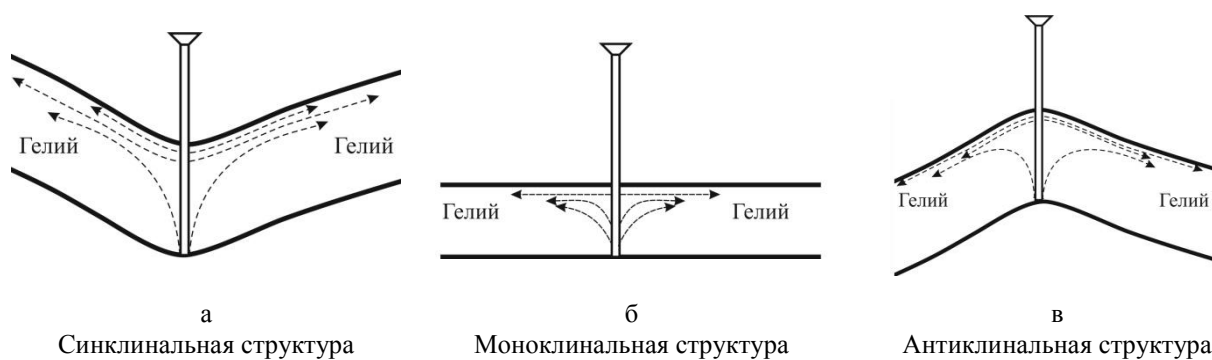


Рис. 1 – Направления движения гелия в пласте-коллекторе при закачке его составе ГГ

При эксплуатации оперативного подземного хранилища гелийсодержащего газа (ОПХГГ) для соблюдения графика поставок гелия необходимо обеспечение отбора пластовой продукции с максимальным содержанием гелия, так как это позволит снизить затраты на его извлечение. При фиксированном количестве гелия концентрация гелия в

пластовой продукции зависит от площади распространения. Размеры области распространения гелия в пласте-коллектора зависят от степени и характера неоднородности его ФЕС. Основным требованием к оптимальному режиму эксплуатации ОПХГГ является соблюдение графика производства товарного гелия при ограничениях на отбор, накладываемых со стороны величины пластовой энергии, текущего распределения гелия по объему пласта-коллектора и пропускной способности установки извлечения товарного гелия. Частным случаем является режим эксплуатации на полный отбор хранимого гелия, поэтому для ПХГГ, эксплуатируемых в любом режиме необходимо определение максимально возможного коэффициента отбора гелия.

Следующим крайне важным моментом при создании ПХГГ является установление герметичности перекрывающей пласт-коллектор покрышки. С этой точки зрения, обоснован выбор для хранения пласта-коллектора, вмещающего природный газ с промышленным содержанием гелия. В этом случае, герметичность покрышки проверена на протяжении всего времени существования залежи. В России такие объекты встречаются редко в отличие от США (Клиффсайд и др.) [4, 222].

Для установления герметичности покрышки по гелию необходимо использовать все имеющиеся возможности: региональный анализ, проведение сейсмической разведки для выявления существующих разломов, отбор представительных образцов керна из покрышки при проходке скважин и их лабораторные исследования, ГИС. На ПХГГ Клиффсайд проводились опытные закачки чистого гелия для проверки герметичности покрышки [6, С. 2], [7, С. 2], [8, С. 2]. Необходим учет геомеханических процессов при разбуривании структуры. Герметичность покрышки может быть нарушена в процессе бурения при перераспределении геомеханических напряжений в породе [10, С.21]. В связи с этим, целесообразно снизить число вновь буримых разведочных, эксплуатационных, наблюдательных и др. скважин до возможного минимума, позволяющего достоверно установить изменчивость свойств покрышки по площади структуры. Для обоснования областей расположения скважин может быть применен метод палеоструктурного анализа [9, С. 14].

Для исследования фильтрационных процессов и параметров области распространения при закачке гелия в изотропный пласт-коллектор с непроницаемой покрышкой была создана одномерная математическая модель двухфазной фильтрации гелия в пласт-коллектор, насыщенный метаном. В основу модели положены фазовые уравнения неразрывности, уравнения движения и замыкающие соотношения (выражения 1-5) [1, С. 319]. В начальный момент времени известно распределение давления по протяженности пласта-коллектора. Влияние диффузионных процессов на параметры распространения гелия в пласте-коллекторе не учитывалось, поскольку их скорость значительно меньше, чем фильтрационных и за рассматриваемые временные периоды их влиянием можно пренебречь. Полученная система уравнений решалась конечно-разностным методом. Помимо этого исследования проводились на трехмерной сеточной модели с параметрами, аналогичными параметрам одномерной модели, и размером 500x500x12 м.

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{k\rho_1 c}{\mu_1} \left(\frac{\partial p}{\partial x} - \rho_1 g \sin \alpha \right) \right) = m \frac{\partial \rho_1 c}{\partial t} \\ \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{k\rho_2 (1-c)}{\mu_2} \left(\frac{\partial p}{\partial x} - \rho_2 g \sin \alpha \right) \right) = m \frac{\partial (1-c)\rho_2 c}{\partial t} \end{cases} \quad (1)$$

при $x = 0$

$$c_0(t) = 0, \quad (2)$$

$$\frac{k\rho_1 c}{z_1 \mu_1} \left(\frac{\partial p}{\partial x} - \rho_1 g \sin \alpha \right) = -q, \quad (3)$$

при $x = 500$

$$c_0(t) = 0, \quad (4)$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial x} - \rho_1 g \sin \alpha \right) = 0, \quad (5)$$

x – координата, м; t – время, с; $p = p(x, t)$ – пластовое давление, МПа; $c = c(x, t)$ – концентрация гелия, д.ед.; $(1 - c)$ – концентрация природного газа, д.ед.; $\rho_1 = \rho(p)$ – плотность гелия, кг/м³; $\rho_2 = \rho(p)$ – плотность природного газа, кг/м³; $\mu_1 = \mu(p)$ – коэффициент вязкости гелия, мПа·с; $\mu_2 = \mu(p)$ – коэффициент вязкости природного газа, мПа·с; m – пористость пласта-коллектора, д.ед.; k – коэффициент проницаемости пласта-коллектора, мД; g – ускорение свободного падения, м/с²; α – угол наклона пласта-коллектора к горизонту, градусы.

Мощность соответствует мощности третьего продуктивного горизонта Адниканского ГМ. Отметка ГВК в третьем продуктивном горизонте отбита на а.о. «минус» 820 м, его мощность 12 м. Начальные термобарические, а также фильтрационно-емкостные параметры приняты по аналогии с третьим продуктивным горизонтом Адниканского ГМ (табл. 1, 2).

Таблица 1 – Основные параметры расчетных режима работы скважины

Вариант	Время закачки, сут	Нейтральный период, сут	Дебит закачки, тыс.м ³ /сут	Угол наклона пласта к горизонтали, градусы
1	20	30	50	0
2	20	30	50	0
3	20	30	50	0
4	20	30	50	5
5	20	30	50	5
6	20	30	50	5

Таблица 2 – Основные параметры модельного пласта

Вариант	Начальная пластовая температура, °С	Начальное пластовое давление, МПа	Пористость, д.ед.	Проницаемость ($k_x=k_y=k_z$), мД
1	26	11	0,24	343
2	26	11	0,36	343
3	26	11	0,24	150
4	26	11	0,24	343
5	26	11	0,36	343
6	26	11	0,24	150

В таблице 3 приведены значения фронта распространения и зоны градиента концентрации гелия в пласте, полученные при расчете вариантов 1-6.

Таблица 3 – Результаты моделирования

Вариант	Фронт распространения гелия в пласте, м	Зона градиента концентрации гелия в пласте, м
1	196	35
2	143	35
3	177	35
4	194	30
5	143	30
6	178	30

Результаты расчетов на одномерной математической модели подтверждаются результатами моделирования закачки чистого гелия в условный пласт-коллектор с метановым насыщением и параметрами, аналогичными параметрам одномерной математической модели (рис. 2, 3). Трехмерное математическое моделирование выполнялось на базе программного комплекса Tempest MORE компании Roxar Software Solutions AS. Была реализована трехкомпонентная композиционная флюидальная модель для учета индивидуальных свойств гелия и метана и их зависимости от термобарических параметров пласта-коллектора.

Исходя из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- повышение пористости и снижение проницаемости приводят к уменьшению фронта распространения гелия в пласте-коллекторе;
- увеличение угла наклона крыльев антиклинальной структуры не приводит к изменению фронта распространения гелия в пласте-коллекторе;
- увеличение угла наклона крыльев антиклинальной структуры приводит к уменьшению зоны градиента концентрации гелия в пласте-коллекторе;
- значение фронта распространения гелия в пласте-коллекторе не зависит от угла наклона крыльев антиклинальной структуры и определяется значением ФЕС пласта-коллектора.

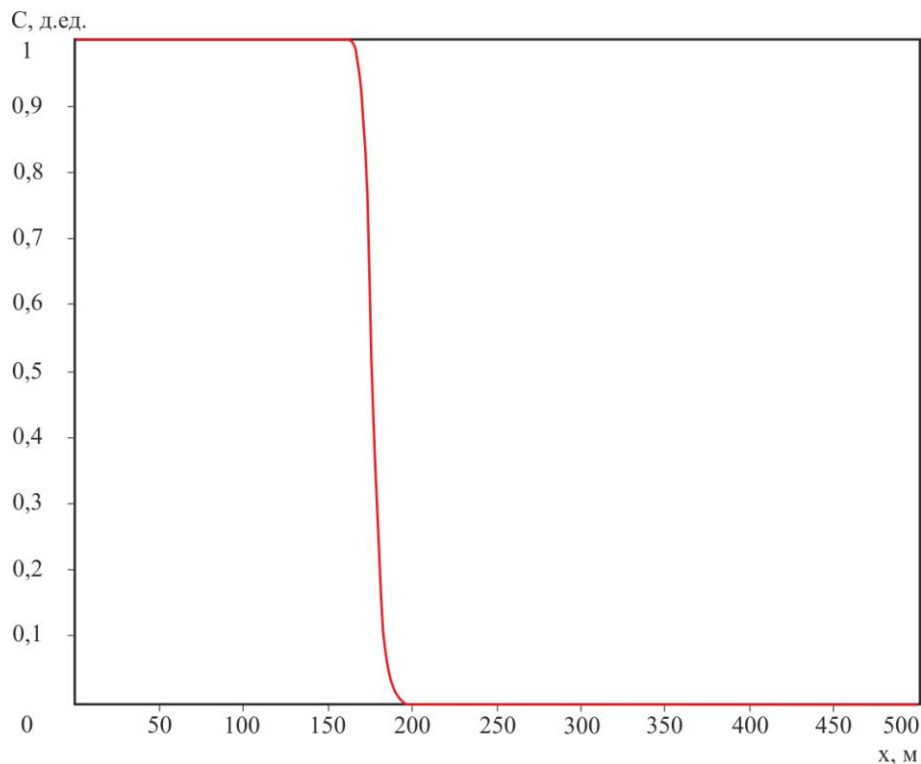


Рис. 2 – Распределение гелия в пласте-коллекторе по варианту 1 (1D модель)

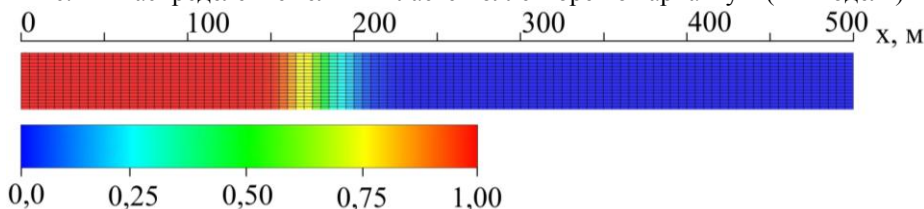


Рис. 3 – Распределение гелия в пласте-коллекторе по варианту 1 (3D модель)

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Разработанные математические модели подходят для оценки геометрических параметров распространения гелия в пласте-коллекторе при наличии минимальных исходных данных.

На параметры процесса распространения гелия при закачке в пласт-коллектор оказывают влияние следующие факторы:

- тип геологической структуры;
- значения ФЕС;
- характер распределения ФЕС по объему пласта-коллектора;
- фонд существующих скважин и их техническое состояние;
- возможное возникновение нарушений покрышки вследствие влияния геомеханических процессов при бурении новых скважин и эксплуатации подземного хранилища.

Закачку целесообразно вести в прикровельную часть купольного поднятия антиклинальной структуры для предотвращения диссипации гелия по объему пористого пласта-коллектора при его миграции от более низких гипсометрических отметок к более высоким под действием фильтрационных сил или силы тяжести.

Для обеспечения устойчивой работы ПХГГ необходимо вести мониторинг динамики пластового давления с помощью глубинных манометров и содержания гелия на устье скважины на режиме отбора. Отслеживание динамики пластового давления и содержания гелия на устье скважины на режиме отбора необходимы для предотвращения превышения максимально-допустимого давления в структуре и контроля за распространением гелия в пласте-коллекторе. Помимо этого, создание ПХГГ накладывает жесткие требования на герметичность эксплуатационных скважин, которые призваны обеспечить устранение или сведение к минимальным значениям потери ГГ при эксплуатации ПХГГ.

Распространения гелия по обширной площади прикровельной части пласта-коллектора можно избежать при условии сохранения достаточного пластового давления на периферии областей влияния скважин для нагнетания ГГ. В этом случае остаточный природный газ исполняет роль «замка противодавления».

Список использованной литературы

1. Басниев К.С. Подземная гидромеханика / К.С. Басниев, Н.М. Дмитриев, Р.Д. Каневская, В.М. Максимов; под общ. ред. К.С. Басниева. – 2-е изд. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006. – 488 с.
2. Милованов С.В. Разработка и внедрение инновационных технологий извлечения гелия из природного газа / Милованов С.В., Кисленко Н.Н., Тройников А.Д. // Научный журнал Российского газового общества. – 2016. – №2. – С.10-17.

3. Хан С.А. Подземное хранение гелия / С.А. Хан, А.И. Игошин, В.А. Казарян, А.С. Скрыбина, В.Б. Сохранский. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2015. – 272 с.
4. Якуцени В.П. Геология гелия / В.П. Якуцени – Л.: Недра, 1968. – 232 с.
5. U.S. Geological Survey, 2016 [Электронный ресурс] / Mineral commodity summaries 2016. U.S. Geological Survey. – 2016. – 202 p. – URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2016/mcs2016.pdf> (дата обращения: 10.07.2016).
6. Kenneth C. E. Computing the Movement of Injected Raw Helium in Bush Dome Reservoir / Kenneth C. E. Eudora F. S. // Journal of Petroleum Technology. – 1963. – Vol.1. – P.16–22. doi: 10.2118/3435-PA.
7. Charles W. W. Optimizing Helium Gas Recovery: A Compositional Dual Porosity Reservoir Simulation Study of the Bush Dome Helium Storage Reservoir / Charles F.Tuba A. Albertoni. // SPE Conference Paper «SPE Annual Technical Conference and Exhibition» – Denver: Society of Petroleum Engineers, 2003. – P.1-12. doi: 10.2118/84085-MS.
8. Miles D. T. Helium Storage in Cliffside Field / D.T. Miles // SPE Journal Paper. – 1967. – Vol.7. – P.885-895. doi: 10.2118/1624-PA.
9. Хан С.А. Совершенствование метода палеоструктурного анализа для повышения эффективности эксплуатации нефтегазовых месторождений и ПХГ: монография / С.А. Хан, А.Н. Давыдов. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2013. – 136 с.
10. Калининченко И.В. Экспериментальное моделирование изменения деформационных и емкостных свойств пористых коллекторов в связи с эксплуатацией подземных хранилищ газа : дис. ... канд. г.-м. наук : 25.00.08 : защищена 11.12.09 : утв. 17.06.10 / Калининченко Ирина Владиславовна. – М: МГУ., 2008. – 208 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Basniev K.S. Podzemnaja gidromekhanika [Underground hydromechanics] / K.S. Basniev, N.M. Dmitriev, R.D. Kanevskaja, V.M. Maksimov; pod obshh. red. K.S. Basnieva. – 2nd edition. – M.-Izhevsk: Institut komp'yuternyh issledovanij, 2006. – 488 p. [in Russian].
2. Milovanov S.V. Razrabotka i vnedrenie innovacionnyh tehnologij izvlechenija gelija iz prirodnogo gaza [Development and implementation of innovative technologies of helium extraction from natural gas] / Milovanov S.V., Kislenco N.N., Trojnikov A.D. // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo gazovogo obshhestva [Scientific journal of the Russian Gas Society]. – 2016. – №2. – S.10-17. [in Russian].
3. Han S.A. Podzemnoe hranenie gelija [Underground storage of helium] / S.A. Han, A.I. Igoshin, V.A. Kazarjan, A.S. Skrybina, V.B. Sohranskij. – M.-Izhevsk: Institut komp'yuternyh issledovanij, 2015. – 272 p. [in Russian].
4. Jakuceni V.P. Geologija gelija [Helium geology] / V.P. Jakuceni – L.: Nedra, 1968. – 232 p. [in Russian].
5. U.S. Geological Survey, 2016 [Elektronnyj resurs] / Mineral commodity summaries 2016. U.S. Geological Survey. – 2016. – 202 p. – URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2016/mcs2016.pdf> (data obrashhenija: 10.07.2016).
6. Kenneth C. E. Computing the Movement of Injected Raw Helium in Bush Dome Reservoir / Kenneth C. E. Eudora F. S. // Journal of Petroleum Technology. – 1963. – Vol.1. – P.16–22. doi: 10.2118/3435-PA.
7. Charles W. W. Optimizing Helium Gas Recovery: A Compositional Dual Porosity Reservoir Simulation Study of the Bush Dome Helium Storage Reservoir / Charles F.Tuba A. Albertoni. // SPE Conference Paper «SPE Annual Technical Conference and Exhibition» – Denver: Society of Petroleum Engineers, 2003. – P.1-12. doi: 10.2118/84085-MS.
8. Miles D. T. Helium Storage in Cliffside Field / D.T. Miles // SPE Journal Paper. – 1967. – Vol.7. – P.885-895. doi: 10.2118/1624-PA.
9. Han S.A. Sovershenstvovanie metoda paleostruktornogo analiza dlja povyshenija jeffektivnosti jekspluatatsii neftegazovyh mestorozhdenij i PHG: monografija [Improving the method of paleostructural analysis for increasing operational efficiency of oil and gas fields and underground gas storage: monograph] / S.A. Han, A.N. Davydov. – M.: Gazprom VNIIGAZ, 2013. – 136 p. [in Russian].
10. Kalinichenko I.V. Jeksperimental'noe modelirovanie izmenenija deformacionnyh i emkostnyh svojstv poristyh kollektorov v svjazi s jekspluatatsiej podzemnyh hranilishh gaza. [Experimental modeling of changes deformational and capacitive properties of porous reservoir related to exploitation of underground gas storage] : dis. ... of PhD in Geology and Mineralogy : 25.00.08 : defense of the thesis 11.12.09 : approved 17.06.10 / Kalinichenko Irina Vladislavovna. – M: MGU., 2008. – 208 p. [in Russian].

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.009

Чан Мань Хунг

Аспирант кафедры «Инженерная геодезия», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Санкт-Петербургский горный университет»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ОХРАНЯЕМЫХ ОБЪЕКТОВ С УЧЕТОМ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗЛОМОВ**Аннотация**

В статье рассматривается вопрос об учете блочной структуры массива горных пород при организации геодезических наблюдений. Подчеркивается актуальность выявления разломов и оценки их возможного воздействия на земную поверхность и объекты строительства. Приведена методика проектирования геодезических наблюдений за деформациями земной поверхности и охраняемыми объектами с учетом геологических разломов. Показан пример построения цифровой модели, приближенной к реальной ситуации. Выполнен расчет возможных деформаций для района города Ханоя (Вьетнам). Приведено сравнения результатов моделирования обстановки, когда на модель не действуют тектонические силы, и вариант, когда существует давление на модель, адекватное смещению блоков. Даны предложения по эффективному расположению наблюдательных станций.

Ключевые слова: земная поверхность, геологические разломы, деформации, напряженное состояние, блоковая структура, наблюдения за деформациями, геодезические наблюдения, геодезические приборы.

Tran Manh Hung

Postgraduate student, Saint-Petersburg Mining University

DESIGN GEODETIC OBSERVATIONS OF LAND SURFACE DEFORMATIONS AND PROTECTED OBJECTS WITH REGARD GEOLOGICAL FAULTS**Abstract**

The article deals with the issue of taking into account the block structure of the rock mass in the organization of geodetic observations. It emphasized the relevance of identifying fractures and assessing their potential impact on the earth's surface and objects construction. The technique of designing geodetic observations over deformations of the earth's surface and protected objects based on geological faults. An example of constructing a digital model, close to the real situation. The calculation of the possible deformations to parts of the city of Hanoi (Vietnam). The comparison of the results of the simulation environment, when the model is not valid tectonic forces, and the option, when there is pressure on the model, an adequate offset blocks. Proposals for effective arrangement of observation stations.

The article provides the technique of designing geodetic observations over deformations of the earth's surface and the protected objects with considering the geological faults.

It is emphasized identifying the faults relevance and assessing their possible impact on the earth's surface and construction sites. Showing particular observations in the presence of faults, suggested on the effective location of monitoring stations.

Keywords: Earth's surface, geological faults, deformation, stress state, block structure, monitoring of deformations, geodetic observations, surveying instruments.

Геодезические наблюдения за деформациями зданий и сооружений выполняются в условиях, когда возможны изменения состояния окружающей среды. Эти изменения могут быть вызваны гидрогеологическими факторами, особыми свойствами грунтов, техногенным влиянием (строительство вблизи существующих зданий и сооружений) и другими источниками воздействия. Основной целью наблюдений при этом является определение величин и характера деформаций для принятия мер по предотвращению деформаций, ведущих к негативным последствиям для окружающей среды, в том числе существующих зданий и сооружений.

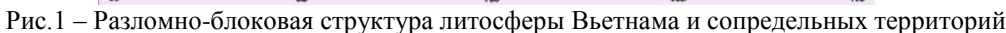
Геодезические наблюдения за движениями земной поверхности в соответствии с нормативным документом [1] предусматриваются также выполнять при инженерно-геодезических изысканиях в районах развития современных разрывных смещений и техногенных деформаций земной поверхности, строительства крупных и уникальных сооружений и для геодезического контроля за поведением указанных сооружений в процессе их строительства и эксплуатации. В связи с интенсивным освоением территорий, изучению влияния разрывных нарушений уделяется повышенное внимание.

Дело в том, что разломы являются направляющими смещений блоковой структуры Земной коры. Вопросу о влиянии разломов на различные объекты посвящено целый ряд исследований [2-4]. Что подчеркивает актуальность рассматриваемого вопроса. При этом описаны, как общие подходы, так и детальное рассмотрение отдельных разломов (например, [2-4]). Иерархия блоковых структур может быть чрезвычайно сложна и разветвлена. Однако если рассматривать механику взаимодействия конкретной блоковой структуры, то при выявлении сил, действующих на эту систему, можно определить и детальные силы и перемещения, действующие в окрестности или по единичному разлому. Характер взаимодействия блоков и выявление действующих сил (напряжений) возможно посредством геодезических наблюдений, которые в свою очередь следует рационально спланировать. Последнее требует переименование модельного подхода. Построив модель блочной структуры возможно проведение самого моделирования и по картинам напряженно-деформированного состояния выделить зоны, которые наиболее чувствительны к изменению среды.

Таким образом, методика состоит в моделировании блочной структуры массива горных пород и земной поверхности. Как уже было отмечено важно также определение граничных условий, которые возможно выявить либо по проявлениям смещений блочной структуры, например, систематизация деформаций линейных объектов, таких как

Покажем на примере региона Вьетнама некоторые элементы такого подхода. Общая блочная структура обширного региона, охватывающая территории, прилегающие и включающие Вьетнам, приведена на рис. 1, локальная блочная структура, характеризующая структуру разломов в городе Ханой, показана на рис. 2.

С использованием программы НЕДРА [5] по моделированию напряженно-деформированного состояния массива горных пород выполнены предварительные оценки состояния блочного массива, соответствующего рис. 1. В ПК «НЕДРА» реализован метод конечных элементов (МКЭ), который достаточно подробно изложен в технической литературе. Его применение не представляется возможным без использования компьютерных технологий. МКЭ, в отличие от формулировки и решения задачи теории упругости в дифференциальной форме, базируется на принципах математического аппарата, называемого вариационным исчислением.



При этом для задач механики твердого деформированного тела используется фундаментальный принцип сохранения механической энергии. Основное матричное уравнение МКЭ есть суть равенства векторов нагрузки $\{F\}$ и перемещений $\{W\}$, действующих в рассматриваемом теле. При этом учитывается жесткость системы, определяемая квадратной матрицей $[K]$. Компоненты матрицы жесткости определяются координатами узлов элементов и их упругими характеристиками: модулем упругости и коэффициентом Пуассона. Поэлементная запись указанных соотношений представляет собой систему линейных алгебраических уравнений. Именно посредством разбивки или дискретизации области на элементы, по своей сути, составляющей часть решения задачи и которая, как бы, заменяет собой аппарат интегрально-дифференциального исчисления, необходимый при рассмотрении континуумов, представляется возможным МКЭ решение сложных дифференциальных уравнений. Фактически, МКЭ позволяет не столько решать дифференциальные уравнения, но заменять их системой линейных алгебраических уравнений первой степени, что, безусловно, с одной стороны облегчает нахождение решения и с другой позволяет решать задачи практически любой сложности.

Процесс деформирования пород в ПК «НЕДРА» на допредельных стадиях нагружения описывается на основе геомеханической модели линейного деформирования, которому отвечают уравнения теории упругости. Поведение пород за пределом их прочности оценивается с применением деформационной теории прочности или геомеханической модели нелинейно деформируемого породного массива. Разделение областей в массиве горных пород при обобщенном сжатии, в которых соблюдается упругое поведение от пластического, осуществляется с помощью известного критерия наибольших касательных напряжений. Определение предельных напряжений выполняется с использованием прочностных показателей пород: сцепления C и угла внутреннего трения ϕ , значения которых для многих разновидностей пород для различных регионов определены. Зависимость предельных напряжений для пластичных пород имеет линейный вид. Для скальных и полускальных горных пород в силу того обстоятельства, что их прочность на растяжение невелика и на порядок ниже прочности на сжатие, предельная кривая описывается кусочно-линейной зависимостью.

Общая схема решения выглядит следующим образом. Сначала для принятых упругих параметров пород решается упругая задача по методу конечных элементов. Вычисленные напряжения по каждому элементу сравниваются с предельными для данной породы. При нарушении прочности породы по методу упругих решений рассчитываются переменные параметры упругости для данного элемента, имитирующие степень разрушения рассматриваемой области. Далее процесс повторяется с новыми значениями параметров упругости. Завершается итерационный процесс в том случае, когда в каждом элементе прочность породы не будет нарушена.

В рассматриваемом примере, разломы смоделированы как зоны, где упругие параметры ниже на порядок чем в окружающем массиве. На рис. 3 приведены смещения, действующие по направлению запад-восток, при условии неподвижности границ. Эта же ситуация рассмотрена при условии действия на правой границе (восток) сжимающих сил, вызывающих дополнительные напряжения на границе, величиной в 10 МПа. Как видно из сравнения картин распределения смещений, они сильно различаются. Изучив характер уже установленных по разным исследованиям смещений в данном регионе, есть возможность определить действительные картины прогнозных смещений и разработать систему геодезических наблюдений для охраны природных и техногенных объектов.

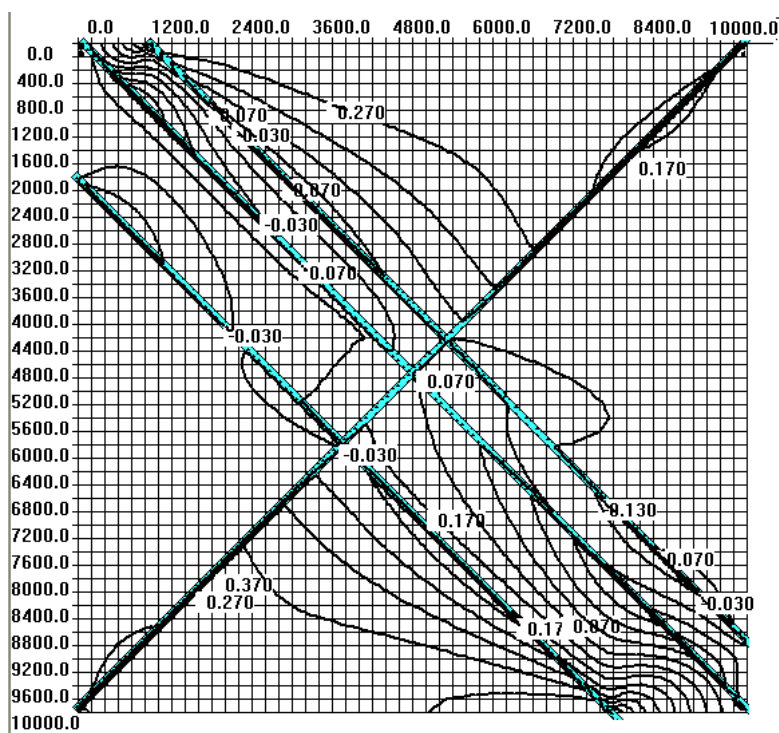


Рис. 3 – Распределение смещений, действующих по направлению запад-восток при отсутствии боковых сил

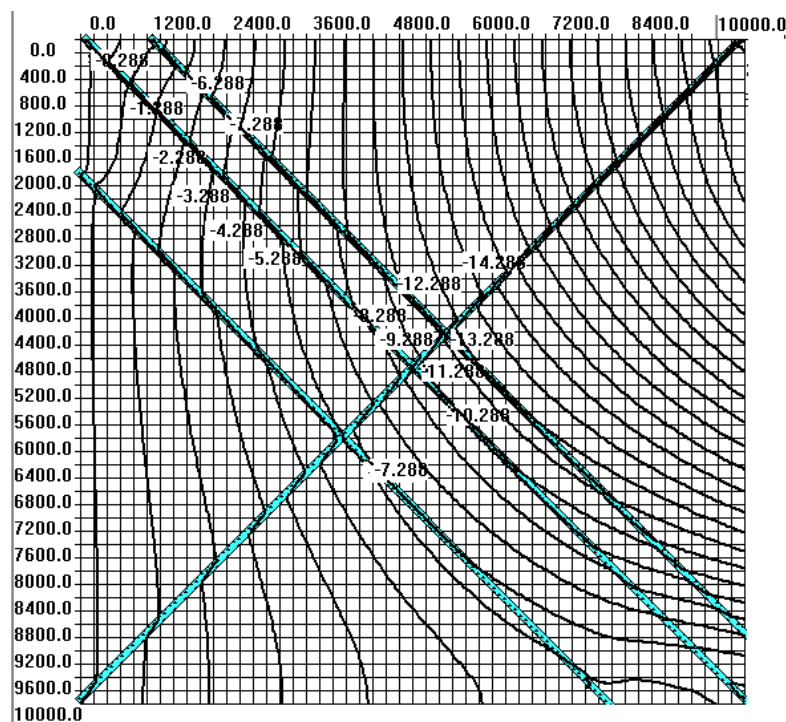


Рис. 4 – Распределение смещений, действующих по направлению запад-восток с учетом боковых сил

Рассмотренный в статье подход к организации мониторинговых наблюдений, возможно, реализовать различными способами. Вместе с тем, наиболее целесообразным способом видится применение спутниковых технологий, как наиболее перспективных [6]. Зоны, выявленные по результатам математического моделирования, где обозначится наиболее значительная концентрация смещений (деформаций) наиболее благоприятные для размещения геодезических деформационных марок (реперов).

Список литературы / References

1. СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Одобрен Госстроем России 14.10.97 г. № 9-4.116.
2. Сашурин А. Д. Влияние земных разломов на прочностные характеристики зданий и сооружений / А.Д. Сашурин, Н.А. Панжина // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2010. – № 1.
3. Козырев А.А. Саамский разлом (Хибины) – аномальный характер современных деформаций / А.А. Козырев, Э.В. Каспарьян, Д.В. Жиров и др. // Вестник Мурманского государственного технического университета. – том 12. – 2009. – №4.
4. Мурзайкин И. Я. Наблюдения за тектоническими подвижками в пределах существующих разломов / И.Я. Мурзайкин, Н.И. Сивакова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 2 (12).
5. Мустафин М.Г. Моделирование разрушения массива горных пород в процессе подвигания очистного забоя с разной скоростью / М.Г. Мустафин // Записки Горного института. – Т. 171. – 2007. – С. 130-133.
6. ГКИНП 02-262-02. Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS.

Список литературы на английском языке / References in English

1. SP 11-104-97. Inzhenerno-geodezicheskie izyskaniya dlja stroitel'stva [Engineering-geodetic surveys for construction] : [approved by Gosstroy of Russia on October 14, 1997]. [in Russian]
2. Sashurin A. D. Vlijanie zemnyh razlomov na prochnostnye harakteristiki zdaniy i sooruzhenij [The effect of earth faults on the strength characteristics of buildings and structures] / A.D. Sashurin, N.A. Panzhina // Akademicheskij vestnik UralNIIProekt RAASN [Academic Bulletin of the Ural Sri project raabs]. – 2010. – № 1. [in Russian]
3. Kozыrev A.A. Saamskij razlom (Hibiny) – anomal'nyj harakter sovremennyh deformacij [Sami rift (Hibiny) is the anomalous nature of contemporary deformation] / A.A. Kozыrev, Je.V. Kaspar'jan, D.V. Zhіrov and others // Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta [Bulletin of the Ulyanovsk state agricultural Academy]. – том 12. – 2009. – №4. [in Russian]
4. Murzajkin I. Ja. Nabljudenija za tektoničeskimi podvizhkami v predelah sushhestvujushhih razlomov [Monitoring of tectonic movements within the existing faults] / I. Ja. Murzajkin, N. I. Sivakova // Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii [Bulletin of the Ulyanovsk state agricultural Academy]. – 2010. – № 2 (12). [in Russian]
5. Mustafin M.G. Modelirovanie razrushenija massiva gornyh porod v processe podviganiya ochistnogo zaboja s raznoj skorost'ju [Simulation of fracture of rocks in the process of podvigina stope at different speeds] / M.G. Mustafin // Zapiski Gornogo instituta [Proceedings of the Mining Institute]. – Т. 171. – 2007. – p. 130-133. [in Russian]
6. GKNP 02-262-02. Instrukcija po razvitiju semochnogo obosnovanija i semke situacii i rel'efa s primeneniem global'nyh navigacionnyh sputnikovyh sistem GLONASS i GPS [Manual for the development of the survey ground and shooting situation and relief with the use of global navigation satellite systems GLONASS and GPS]. [in Russian]

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.017

Богатко В.И.¹, Потехина Е.А.²¹ORCID: 0000-0002-6247-6405, кандидат физико-математических наук, доцент²ORCID: 0000-0002-4307-3205, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник
Санкт-Петербургский государственный университет**ОБ ОДНОМ ЧАСТНОМ РЕШЕНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЗАДАЧИ ГИПЕРЗВУКОВОГО
ОБТЕКАНИЯ ТОНКОГО КРЫЛА ПЕРЕМЕННОЙ ФОРМЫ****Аннотация**

Работа посвящена дальнейшему исследованию задачи обтекания тонкого крыла переменной формы гиперзвуковым потоком газа. Головная ударная волна считается присоединенной к передней кромке крыла, по крайней мере, в одной точке. Решение строится с помощью метода тонкого ударного слоя. При определении поправок первого приближения два уравнения полученной системы могут быть проинтегрированы независимо от остальных. Введение новой функции и применение преобразования Эйлера-Ампера позволяет построить решение, зависящее от двух произвольных функций и неизвестной формы фронта головной ударной волны. Для определения этих функций получена интегро-дифференциальная система уравнений. В настоящей работе приведен один из вариантов полуобратного метода построения решения, при котором задается вид одной из произвольных функций. Форма обтекаемого тела находится в процессе построения решения задачи. Построено частное решение интегро-дифференциальной системы уравнений. Получены формулы для определения формы фронта ударной волны, поверхности обтекаемого тела, расстояния между ударной волной и поверхностью тела, параметров течения на поверхности крыла.

Ключевые слова: газовая динамика, гиперзвуковое обтекание тел, нестационарные течения, дифференциальные уравнения в частных производных, малый параметр.

Bogatko V.I.¹, Potekhina E.A.²¹ORCID: 0000-0002-6247-6405, PhD in Physics and Mathematics, Associate professor,²ORCID: 0000-0002-4307-3205, PhD in Physics and Mathematics, senior scientific researcher,
St. Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia**ON ONE PARTICULAR SOLUTION OF THE PROBLEM OF SPATIAL HYPERSONIC FLOW PAST A
VARIABLE FORM THIN WING****Abstract**

The work is dedicated to the further study of the hypersonic gas flow past a thin wing problem. The wing shape depends on the time. The resulting head shock wave is attached to the front edge of the wing, at least at one point. The solution is constructed using the thin shock layer method. In determining the first order corrections two equations resulting system can be integrated independently of the others. Introduction of a new function and application of the Euler-Ampere transformation allows us to build a solution that depends on two arbitrary functions and unknown forms the front of the head shock wave. To determine these functions obtained integro-differential system of equations. In this paper we present one of variants of the semi-inverse method of constructing a solution in which a type of one of arbitrary functions is given. The shape of the streamlined body is defined in the process of constructing the solution of the problem. A particular solution of integro-differential equations of the system is built. The formulas for determining the shape of the shock front, the body surface, the distance between the shock wave and the body surface, the flow parameters on the wing surface were obtained.

Keywords: gas dynamics, hypersonic flow past bodies, unsteady flow, differential equations in partial derivatives, small parameter.

Введение

Для построения приближенного аналитического решения нелинейных задач чаще всего используют наличие малого параметра, который может присутствовать как в самой системе уравнений, так и в граничных условиях.

При обтекании тел гиперзвуковым потоком газа образуется сильная головная ударная волна. Задача состоит в определении параметров течения в области между головной ударной волной и обтекаемым телом. При этом форма головной ударной волны также подлежит определению.

Из условий, которые должны выполняться на головной ударной волне, в случае совершенного газа с постоянными теплоемкостями следует, что отношение плотностей на головной волне выражается формулой

$$\frac{\rho_0}{\rho} = \frac{k-1}{k+1} + \frac{2}{k+1} \frac{1}{M^2 \sin^2 \beta},$$

где β — угол между наклоном головной ударной волны и направлением набегающего потока, M — число Маха, ρ_0, ρ — плотность газа до ударной волны и после соответственно, k — показатель адиабаты.

Первое слагаемое в правой части равно $\frac{1}{6}$ при $k=1,4$ и при уменьшении показателя адиабаты будет уменьшаться. Таким образом, при больших скоростях будем иметь два малых параметра $\varepsilon = \frac{k-1}{k+1}$ и $\eta = \frac{1}{M^2}$. Заметим, что, как показывают расчеты, второе слагаемое с ростом скорости движения летательного аппарата убывает значительно быстрее первого.

Как показывают расчеты, влияние реальных свойств газа на аэродинамические параметры потока за фронтом ударной волны достаточно хорошо можно учесть уменьшением показателя адиабаты k [1]. При этом, если под k понимать эффективный показатель адиабаты, то уравнение состояния можно взять в квазисовершенном виде

Метод разложения решения в ряды по степеням параметра ε (метод тонкого ударного слоя) был предложен Г.Г.Черным для решения двумерных задач (плоских стационарных и одномерных нестационарных) [2]. Хорошее совпадение результатов расчетов, полученных с помощью этого метода, с результатами численных расчетов и экспериментальными данными (см., например [2, 3]) позволяет сделать вывод о возможности его применения для приближенного решения задач газовой динамики с интенсивными ударными волнами вообще и задач обтекания в частности. При этом приемлемая для практических приложений точность решения может быть получена, если в разложении искомых функций в ряд ограничиться первыми двумя членами.

Отметим, что при использовании метода малого параметра обычно сохраняют члены одного порядка малости и в уравнениях, и в граничных условиях. Однако при решении задачи обтекания тела гиперзвуковым потоком газа методом тонкого ударного слоя было обнаружено, что если записать граничные условия на фронте ударной волны, который соответствует предельному течению газа (т.е. при $\varepsilon \rightarrow 0$), не производя дальнейших упрощений, и использовать для описания течения в ударном слое предельное решение уравнений газовой динамики, то построенное таким образом решение мало отличается от более точного решения, где и в уравнениях и в граничных условиях учтены все члены порядка ε [4]. Этот факт можно объяснить тем, что за фронтом сильной ударной волны основная масса газа в возмущенной области сосредотачивается в узкой прифронтальной зоне, т.е. в ударном слое.

При учете конечности числа Маха набегающего потока для решения задач гиперзвукового обтекания параметры ε и η чаще всего считаются независимыми [1]. В то же время известно, что с ростом скорости набегающего потока плотность газа за фронтом головной ударной волны растет, а величина эффективного показателя адиабаты уменьшается и вместе с уменьшением параметра η уменьшается и параметр ε . Из уравнения состояния следует, что параметр η должен быть пропорционален ε , поэтому приближенно учесть конечность числа Маха набегающего потока можно положив $\eta = \varepsilon l$ [5]. Так как параметр η с ростом скорости движения тела убывает значительно быстрее, чем ε , то естественно считать l малой величиной.

Стационарный случай обтекания тонкого крыла был исследован в рамках метода тонкого ударного слоя в работах [6-8], позднее в [9,10] был предложен ряд частных решений, которые позволили для конкретных задач получить формулы для определения параметров течения на поверхности обтекаемого крыла.

Нестационарная задача обтекания гиперзвуковым потоком тонкого крыла переменной формы при $M \rightarrow \infty$ исследовалась в [11]. Опираясь на результаты, полученные в [11], рассмотрим конкретный пример обтекания тонкого крыла переменной формы гиперзвуковым потоком совершенного газа.

Постановка задачи.

Задача состоит в определении параметров течения газа (u, v, w — компоненты вектора скорости частиц газа, p — давление, τ — величина, обратная плотности) за фронтом головной ударной волной, форма которого находится в процессе построения решения.

Толщина, размах и хорда крыла имеют порядок $O(\varepsilon)$, $O(\sqrt{\varepsilon})$ и $O(1)$ соответственно, при этом система координат (x, y, z) выбирается таким образом, чтобы поверхность крыла мало отличается от плоскости (x, z) , а вектор скорости набегающего потока газа был параллелен плоскости (x, y) . Головная ударная волна считается присоединенной к передней кромке крыла по крайней мере в одной точке.

Решение системы нелинейных уравнений в частных производных, описывающей течение газа в возмущенной области строится методом тонкого ударного слоя. Решение должно удовлетворять граничным условиям динамической совместности на поверхности ударной волны и условию обтекания на поверхности крыла. Система уравнений для определения поправок первого приближения расщепляется, и два уравнения могут быть проинтегрированы независимо от остальных. Поскольку одно из этих уравнений может быть записано в дивергентном виде, вводится новая функция (аналог функции тока), что позволяет свести решение поставленной задачи к интегрированию одного нелинейного уравнения второго порядка в частных производных. Применение преобразования Эйлера-Ампера дает возможность построить решение, зависящее от двух произвольных функций и неизвестной формы фронта головной ударной волны, для определения которых получена интегро-дифференциальная система уравнений:

$$\left(\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial z} \right) H(v, \mu, \lambda) = -1,$$

$$v = \frac{\partial \Phi}{\partial z},$$

$$\Phi = F - \int_{q_b(x,z,t)}^{v(x,z,t)} H(s, sx - z, \lambda) ds,$$

$$\frac{\partial q_b}{\partial t} + \frac{\partial q_b}{\partial x} + q_b \frac{\partial q_b}{\partial z} = 0.$$

Здесь $y = F(x, z, t)$ и $y = \Phi(x, z, t)$ – уравнения поверхности крыла и формы фронта головной волны соответственно, H – произвольная функция, $v(x, z, t)$ и $q_b(x, z, t)$ – функции, определяющие параметр q на поверхности головной ударной волны и на поверхности крыла соответственно, $q = w$ – проекция скорости частиц газа на ось z ($q = \text{const}$ на линиях тока), $\lambda = x - t$, $\mu = vx - z$.

Интегрирование системы (1) в общем случае для прямой задачи обтекания представляет значительные трудности. Предложенный в [11] полуобратный метод, состоящий в том, что вместо поверхности крыла задается вид функции H , позволяет не только построить решение системы (1), но и дополнительно задать уравнение передней кромки крыла, а в случае, когда головная волна присоединена вдоль всей передней кромки и наклон поверхности крыла на передней кромке. Форма обтекаемого крыла определяется в процессе построения решения задачи.

Частное решение задачи

Для того, чтобы построить частное решение задачи обтекания тонкого крыла переменной формы гиперзвуковым потоком газа вместо поверхности крыла зададим вид функции V :

$$v = g'(z)f(\lambda). \quad (2)$$

Тогда из первого уравнения системы (1) очевидно получаем

$$H = -\frac{1}{g'(z)g''(z)f^2(\lambda)}. \quad (3)$$

Имея выражение (2), нетрудно проинтегрировать второе уравнение системы (1):

$$\Phi = -g(z)f(\lambda) + \varphi(x, t). \quad (4)$$

Пусть для уравнения передней кромки крыла имеем: при $t = 0$ $x = x^o(z)$, тогда для присоединенной головной ударной волны из (4) получим:

$$0 = \Phi(x^o(z), z) = -g(z)f(x^o(z)) + \varphi(x^o(z)).$$

Отсюда очевидно

$$g(z) = \frac{\varphi(x^o(z))}{f(x^o(z))}.$$

и для формы фронта ударной волны окончательно получим

$$\Phi(x, z, t) = \varphi(x, t) - \frac{f(\lambda)}{f(x^o(z))} \varphi(x^o(z)). \quad (5)$$

После определения произвольных функций из граничных условий на передней кромке крыла, нетрудно получить решение последнего уравнения системы (1) в параметрическом виде:

$$\begin{cases} q_b^o = v^o = g'(\zeta)f(x^o(\zeta)), \\ z - \zeta = xq_b - x^o(\zeta)g'(\zeta)f(x^o(\zeta)), \\ x - t = x^o(\zeta). \end{cases} \quad (6)$$

Здесь ζ – аппликата точки пересечения рассматриваемой линии тока с передней кромкой крыла.

Далее найдем расстояние между поверхностью крыла и фронтом ударной волны:

$$\delta = - \int_{q_b(x, z, t)}^{v(x, z, t)} H(s) ds = \frac{1}{f^2(\lambda)} \int_{\zeta}^z \frac{d\sigma}{g'(\sigma)}, \quad (7)$$

где $s = g'(\sigma)$, $H(s) = -[g'(\sigma)g''(\sigma)f^2(\lambda)]^{-1}$, $v(x, z, t) = g'(z)f(\lambda)$, $q_b(x, z, t) = g'(\zeta)f(x^o(\zeta))$.

Форма обтекаемой поверхности определяется затем из формулы

$$F(x, z, t) = \Phi(x, z, t) - \delta(x, z, t), \quad (8)$$

где для функций $\Phi(x, z, t)$ и $\delta(x, z, t)$ имеем формулы (5) и (7) соответственно.

Построенное решение интегро-дифференциальной системы уравнений позволяет теперь определить параметры течения на поверхности обтекаемого крыла.

Следуя [11], для y будем иметь

$$y = \Phi(x, z, t) + \int_q^v H(s) ds. \quad (9)$$

Отсюда для составляющей вектора скорости v получим

$$v = Dy = \frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial y}{\partial x} + q \frac{\partial y}{\partial z} = \varphi_t + \varphi_x - qf(\lambda)K_z + D \left(\int_q^v H(s) ds \right),$$

$$\text{Здесь } K_z = \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\varphi(x_0(z))}{f(x_0(z))} \right).$$

На поверхности крыла при $q = q_b$ будем иметь

$$v_b = \varphi_t + \varphi_x - q_b f(\lambda) K_z + D \left(\int_{q_b}^v H(s) ds \right). \quad (10)$$

Поправка к давлению и продольной компоненте вектора скорости определяются из уравнений, которые в переменных q, x, z, t имеют вид

$$Du = 0, \quad y_q Dv = -p_q.$$

Заключение

Рассмотренное частное решение является модельным для различных режимов обтекания крыла. Кроме того он может быть использован для контроля результатов численных расчетов. Предлагаемый подход может быть также применен и при исследовании неравновесных течений (см., например, [12]).

В зависимости от специфики задачи может возникнуть необходимость использовать дополнительно различные варианты малых параметров. Они могут иметь отношение как к свойствам движущегося газа или режимам его движения (слабая нестационарность потока, малая его запыленность и т.д.) [см., например, 13], так и к особенностям обтекаемой границы (например, слабая искривленность) [14]. Можно указать на возможность применения малого параметра, характеризующего время пребывания частицы газа в ударном слое. Для определения коэффициентов разложения получаются линейные алгебраические уравнения [15].

Список литературы / References

1. Лунев В. В. Течения реальных газов с большими скоростями / В. В. Лунев – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 760 с.
2. Черный Г. Г. Течения газа с большой сверхзвуковой скоростью / Г. Г. Черный – М.: ФИЗМАТЛИТ, 1959. – 220 с.
3. Hayes W. D., Probstein R. F. Hypersonic flow theory / W. D. Hayes, R. F. Probstein – New York and London, Acad. press, 1959. – 607 p.
4. Su F. Y., Olfe D. B. Radiative transference effects on reflected shock waves. I. Transparent gas / F. Y. Su, D. B. Olfe // Phys. Fluids. – 1971. Vol. 14. – N 12. – P. 2636 - 2644.
5. Богатко В. И. К задаче нестационарного гиперзвукового обтекания клина и конуса / В. И. Богатко. // Прикладные вопросы аэрогазодинамики. – Киев.: Наукова думка, 1987. – С. 44-48.
6. Messiter A. E. Lift of slender delta wings according to newtonian theory / A. E. Messiter // AIAA Journal. – 1963. -- Vol. 1. – N 4. – P. 1032-1034.
7. Голубинский А. И., Голубкин В. Н. О пространственном обтекании тонкого крыла гиперзвуковым потоком газа / А. И. Голубинский, В. Н. Голубкин // Доклады АН СССР. – 1977. – Т. 234. – № 5. – С. 794-802.
8. Богатко В. И., Гриб А. А., Колтон Г. А. Второе приближение в теории тонкого крыла конечного размаха, обтекаемого гиперзвуковым потоком газа / В. И. Богатко, А. А. Гриб, Г. А. Колтон // Вестник Ленинградского университета. – Серия 1. Математика. Механика. Астрономия. – 1979. – Вып. 1. – № 1. – С. 87-95.
9. Богатко В. И., Колтон Г. А., Потехина Е. А. Полуобратный метод решения пространственной задачи обтекания тонкого крыла гиперзвуковым потоком газа / В. И. Богатко, Г. А. Колтон, Е. А. Потехина // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета. – Серия 1. Математика. Механика. Астрономия. – 2015. Т. 2 (60). – Вып. 1. – С. 98-105.
10. Bogatko, V. I., Potekhina, E. A., Kolton, G. A. An approach to solution of spatial hypersonic flow past a thin wing problem / V. I. Bogatko, E. A. Potekhina, G. A. Kolton // 2015 International Conference on Mechanics – Seventh Polyakhov's Reading 2015. DOI: 10.1109/POLYAKHOV.2015.7106717.
11. Богатко В. И., Гриб А. А., Колтон Г. А. Обтекание тонкого крыла переменной формы гиперзвуковым потоком газа / В. И. Богатко, А. А. Гриб, Г. А. Колтон // Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. – 1979. – № 4. – С. 94-101.
12. Кузнецов М. М. О неравновесном обтекании тонкого крыла гиперзвуковым потоком газа / М. М. Кузнецов // Труды Центрального Аэрогидродинамического Института. – 1983. – Вып. 2177. – Р. 77-95.
13. Потехина Е. А. Метод тонкого ударного слоя в задаче о нестационарном обтекании клина и конуса гиперзвуковым потоком газа / Е. А. Потехина // Вестник Ленинградского университета. – Серия 1. Математика. Механика. Астрономия. – 1977. – № 7. – С. 117-123.
14. Потехина Е. А., Селезнева И. Л. О нестационарном гиперзвуковом обтекании слабоизогнутого профиля / Е. А. Потехина, И. Л. Селезнева // Вестник Ленинградского университета. – Серия 1. Математика. Механика. Астрономия. – 1978. – № 13. – С. 103-108.
15. Ильенко В. И., Потехина Е. А. К задаче о нестационарном обтекании плоского профиля / В. И. Ильенко, Е. А. Потехина // Вестник Ленинградского университета. – Серия 1. Математика. Механика. Астрономия. – 1980. – № 19. – С. 45-49.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Lunyov V. V. Tcheniya real'nykh gazov s bol'shimi skorostyami [Flows of real gases at high speeds] / V. V. Lunyov – M.: FIZMATLIT, 2007. – 760 p. [In Russian]
2. Chyornyj G. G. Tcheniya gaza s bol'shoj sverkhzvukovoy skorost'yu [Gas flows with a high supersonic velocity] / G. G. Chyornyj – M.: FIZMATLIT, 1959. – 220 p. [In Russian]

3. Hayes W. D., Probstein R. F. Hypersonic flow theory / W. D. Hayes, R. F. Probstein – New York and London, Acad. Press. – 1959. – 607 p.
4. Su F. Y., Olfe D. B. Radiative transference effects on reflected shock waves. I. Transparent gas / F. Y. Su, D. B. Olfe // Phys. Fluids. – 1971. – Vol. 14. – N 12 – P. 2636 - 2644
5. Bogatko V. I. K zadache nestatsionarnogo giperzvukovogo obtekaniya klina i konusa [On the problem of non-stationary hypersonic flow around a wedge and cone] / V. I. Bogatko. // Prikladnyye voprosy aerogazodinamiki. [Applied aerodynamics questions] – Kiev.: Naukova dumka, 1987. – P. 44-48. [In Russian]
6. Messiter A.E. Lift of slender delta wings according to newtonian theory / A. E. Messiter // AIAA Journal. – 1963. -- Vol. 1. – N 4. – P. 1032-1034.
7. Golubinskiy A. I., Golubkin V. N. O prostranstvennom obtekanii tonkogo kryla giperzvukovym potokom gaza [On a spatial hypersonic flow past a thin wing] / A. I. Golubinskiy, V. N. Golubkin // Doklady AN SSSR [Reports of the USSR Academy of Sciences]. – 1977. – Vol. 234. – N 5. – P. 794-802. [In Russian]
8. Bogatko V. I., Grib A. A., Kolton G. A. Vtoroye priblizheniye v teorii tonkogo kryla konechnogo razmakha, obtekayemogo giperzvukovym potokom gaza [The second approximation in the theory of the finite span thin wing, streamlined by a hypersonic gas flow] / V. I. Bogatko, A. A. Grib, G. A. Kolton // Vestnik Leningradskogo universitetata. Seriya 1. Matematika.. Mekhanika. Astronomiya. [Bulletin of Leningrad University. – Series 1. Mathematics. Mechanics. Astronomy.] – 1979. – Iss. 1. – N 1. – P. 87-95. [In Russian]
9. Bogatko V. I., Kolton G. A., Potekhina E. A. Poluobratnyy metod resheniya prostranstvennoy zadachi obtekaniya tonkogo kryla giperzvukovym potokom gaza [Semi-inverse method for solving the three-dimensional problem of flow around a thin wing hypersonic gas flow] / V. I. Bogatko, G. A. Kolton, E. A. Potekhina // Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta. – Seriya 1. Matematika.. Mekhanika. Astronomiya. [Bulletin of St. Petersburg State University. – Series 1. Mathematics. Mechanics. Astronomy.] – 2015. – Vol. 2 (60). – Iss. 1. – P. 98-105. [In Russian]
10. Bogatko, V.I., Potekhina, E.A., Kolton, G.A. An approach to solution of spatial hypersonic flow past a thin wing problem / V. I. Bogatko, E. A. Potekhina, G. A. Kolton // 2015 International Conference on Mechanics – Seventh Polyakhov's Reading 2015. DOI: 10.1109/POLYAKHOV.2015.7106717 .
11. Bogatko V. I., Grib A. A., Kolton G. A. Obtekanie tonkogo kryla peremennoy formy giperzvukovym potokom gaza [Hypersonic gas flow past a thin wing of variable form] / V. I. Bogatko, A. A. Grib, G. A. Kolton // Izvestiya AN SSSR. Mekhanika zhidkosti i gaza. [Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR. Fluid Mechanics] – 1979. – N 4. – P. 94-101. [In Russian]
12. Kuznetsov M. M. O neravnovesnom obtekanii tonkogo kryla giperzvukovym potokom gaza [On the non-equilibrium hypersonic gas flow past a thin wing] / M. M. Kuznetsov // Trudy Tsentral'nogo Aerogidrodinamicheskogo Instituta [Proceedings of the Central Aero-Hydrodynamic Institute] – 1983. – Iss. 2177. – P. 77-95. [In Russian]
13. Potekhina, E. A. Metod tonkogo udarnogo sloya v zadache o nestatsionarnom obtekanii klina i konusa giperzvukovym potokom gaza [Thin shock layer method in problem on an unsteady hypersonic flow past wedge and cone] / E. A. Potekhina // Vestnik Leningradskogo universitetata. Seriya 1. Matematika. Mekhanika. Astronomiya. [Bulletin of Leningrad University. – Series 1. Mathematics. Mechanics. Astronomy.] – 1977. – N 7. – P. 117-123. [In Russian]
14. Potekhina E. A., Selezneva I. L. O nestatsionarnom giperzvukovom obtekanii slaboizognutogo profilya [Unsteady hypersonic flow past a weakly curved profile] / E. A. Potekhina, I. L. Selezneva // Vestnik Leningradskogo Universiteta. – Seriya Matematika Mekhanika Astronomiya. [Bulletin of Leningrad University. – Series 1. Mathematics. Mechanics. Astronomy.] – 1978. – N. 13. P. 103-108. [In Russian]
15. Il'yenko V. I.; Potekhina E. A. K zadache o nestatsionarnom obtekanii ploskogo profilya. [On the problem of an unsteady hypersonic flow past plane profile.] / E. A. Potekhina, V. I. Il'yenko // Vestnik Leningradskogo Universiteta. – Seriya 1. Matematika Mekhanika Astronomiya. [Bulletin of Leningrad University – Series 1. Mathematics. Mechanics. Astronomy.] – 1980 – N. 19. – P. 45-49. [In Russian]

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.076

Гневко А.И.¹, Мукомела М.В.², Соловов С.Н.³, Янушкевич В.А.⁴¹Доктор технических наук, профессор, ВА РВСН им. Петра Великого, соискатель, ²ВА РВСН им. Петра Великого,³Кандидат технических наук, доцент, ВА РВСН им. Петра Великого,⁴Доктор физико-математических наук, профессор, ВА РВСН им. Петра Великого**О СКОРОСТИ ГРАВИТАЦИИ****Аннотация**

Рассмотрен способ оценки скорости гравитационного взаимодействия с использованием космического мусора и астероидов. Показана техническая возможность реализации. Предварительный анализ экспериментальных результатов дает основания для использования в космической навигации модели Ньютона. Преимущество модели Ньютона подтверждается тем, что с помощью специализированной установки лазерной локации, расположенной в Крыму и обеспечивающей высокоточное определение направления лазерного импульса, обнаружено сезонное отклонение ряда спутников от ожидаемого положения. Отклонение может вызываться смещением Земли по орбите за время распространения света до нее от Солнца.

Ключевые слова: скорость гравитации, модели Ньютона и Эйнштейна, результаты эксперимента.

Gnevko A.I.¹, Mukomela M.V.², Solovov S.N.³, Yanushkevich V.A.⁴¹PhD in Engineering, professor, Peter the Great Strategic Missile Troops Academy, Postgraduate student,²Peter the Great Strategic Missile Troops Academy,³PhD in Engineering, associate professor, Peter the Great Strategic Missile Troops Academy,⁴PhD in Physics and Mathematics, professor, Peter the Great Strategic Missile Troops Academy**ABOUT THE SPEED OF GRAVITY****Abstract**

The work describes a method to evaluate the speed of gravity interaction using space debris and asteroids. It demonstrates a technical implementation opportunity. Tentative analysis of experimental findings shows Newton's model can be used in space navigation. The advantage of Newton's model is confirmed by a seasonal deviation of a number of satellites from their expected location, as detected by a specialized laser location facility in Crimea, which provides high-precision detection of laser impulse direction. This deviation can be explained by Earth's shift along the orbit while the light travels from the Sun to Earth.

Keywords: speed of gravity, Newton's and Einstein's model, experiment results.

Космическая навигация предполагает всё более точное прогнозирование траекторий полёта космических аппаратов, в том числе оценки скорости гравитационного взаимодействия. Вместе с тем, в настоящее время существуют, по меньшей мере, две модели, с помощью которых производится прогноз траекторий. С одной стороны модель Ньютона, в которой скорость гравитационного взаимодействия не ограничивается, с другой уточняющая модель общей теории относительности Эйнштейна (ОТО), в которой считается, что скорость всех взаимодействий, в том числе гравитационного, должна быть меньше или равна скорости света в вакууме. Существуют также другие гипотетические модели гравитации и теоретические оценки её скорости, которые пока не получили достаточного подтверждения в связи с относительно высокой стоимостью необходимых экспериментов.

Первым попытку теоретически оценить скорость гравитации предпринял еще Лаплас [1].

«Сообщается ли притяжение от одного тела к другому мгновенно? Время передачи, если бы оно было для нас заметно, обнаружилось бы преимущественно вековым ускорением в движении Луны. Я предлагал это средство для объяснения ускорения, замеченное в упомянутом движении, и нашел, что для удовлетворения наблюдениям должно приписать притягательной силе скорость в семь миллионов раз большую, чем скорость светового луча. А так как ныне причина её векового ускорения – Луны хорошо известна, то мы можем утверждать, что притяжение передается со скоростью, по крайней мере в пятьдесят миллионов раз превосходящей скорость света. Поэтому, не опасаясь какой либо заметной погрешности, мы можем приписать передачу тяготения за мгновенное.»

Величина скорости получилась на много порядков больше скорости света. Ряд результатов наблюдения за космическими аппаратами, гравиметрическими и другими измерениями определяет актуальность оценки скорости гравитационного взаимодействия. Так получили широкую известность ускорения космических аппаратов Пионер 10 и 11, которые, несмотря на проведенные исследования, пока не получили убедительного объяснения [2, 3, 4]. Не меньший интерес вызывают последние сообщения об открытии гравитационных волн, в котором приняли участие российские ученые [5]. Но, если гравитация распространяется по Ньютону и Лапласу со сверхсветовой скоростью, то потребуются дополнительные исследования для подтверждения открытия. Тем более что квантовая теория гравитации пока не создана, а квантовое взаимодействие, в том числе по имеющимся экспериментальным оценкам, может распространяться со сверхсветовой скоростью [6, 7]. Имеются результаты непосредственного измерения скорости распространения гравитации с использованием микролинзирования на основании общей теории относительности [8]. Но пока полученные результаты не получили признания у значительной части специалистов. Опубликованы результаты гравиметрических измерений, выполненных при солнечном затмении китайскими и другими учеными [9, 10]. Измерения дают основания для предположения об экранировании гравитации Солнца Луной. Но повторить подобные измерения представляется проблематичным, в связи с относительно большими трудностями организации проведения наблюдений на Земле. Кроме того, обнаружены «скачки» (до десятков метров) траекторий спутников, сопровождающие переход на теньевую орбиту и обратно. В настоящее время «скачки» связывают с давлением света Солнца. Но гравитация также может вносить определенный вклад, который с достаточной степенью точности не измерялся.

Отмеченные обстоятельства определяют необходимость разработки нового способа оценки скорости гравитационного взаимодействия, отличающегося меньшей стоимостью в сравнении с известными способами. Для достижения поставленной цели могут быть использованы космический мусор, который сегодня уже представляет угрозу для космических аппаратов, либо специальные спутники. В новом способе используется тот факт, что конусная тень от Луны, освещаемой Солнцем, сходит в точку на расстоянии, порядка 400 тысяч километров, а полутень – наоборот, расширяется. Для прохождения светом этого расстояния требуется более секунды. За это время Луна, вращаясь вокруг Земли, успеет сдвинуться на расстояние более километра. Если учесть другие формы движения Земли и Солнца, то данное расстояние будет значительно больше. Установлено, что давление света и гравитационное воздействие должны изменять траекторию спутников, в том числе обломков космического мусора.

Сравнивая моменты изменения траекторий космического мусора или специально запускаемых спутников, можно будет судить о скорости распространения гравитационного взаимодействия относительно скорости света. Необходимая точность измерений траекторий мусора и космических аппаратов может быть обеспечена современными средствами контроля ускорений, например, путем анализа наблюдений за изменениями лучевой скорости. В астрофизике использование метода измерения лучевой скорости достаточно отработано и широко используется. Измерение лучевых скоростей спутников Земли может, например, производиться путем сравнения частоты радиопередатчика, установленного на спутнике, со стандартной частотой. Точность измерений частоты обеспечивает оценку изменений скорости спутника со среднеквадратической ошибкой 1,3 мм /с [11]. Использование измерений лучевых скоростей спутников Луны позволило американским исследователям обнаружить неоднородности распределения масс в теле Луны, которые получили название масконов.

Еще большую точность может обеспечить измерение расстояний до спутников Земли. Точность таких измерений в настоящее время порядка нескольких миллиметров, а в перспективе соответствует субмиллиметровому диапазону [12]. Диаметр полутени от Луны составляет в районе Земли около 4000 км. Если измерения путем лазерной локации спутника при подходе к границе тени и выходе из неё осуществлять непрерывно, то можно будет определить время, когда начинается изменение действия гравитационных сил и время, когда начинается изменение действия света. Если моменты начала изменений совпадают, то скорость гравитации равна скорости света. Если моменты не совпадают, то необходим дополнительный анализ.

Свет от Солнца до Земли и, соответственно, Луны идёт примерно 500 секунд. За это время Земля вместе с Луной, двигаясь по орбите, сместится на 15000 км. Поэтому видимое и реальное положение Солнца отличаются приблизительно на 1% от диаметра, который составляет ≈ 1500000 км. Время, которое требуется для того, чтобы ускорение, создаваемое Солнцем в зоне Земли (0,076 мГал [11]) сдвинуло спутник на один миллиметр составляет 53,1с. В перспективе чувствительность лазерной локации будет существенно выше [12]. Таким образом, уже сегодня имеется техническая возможность обнаружить различия в моментах начала действия гравитации и света по возмущениям орбит тел, вращающихся вокруг Земли.

Если момент начала действия гравитации будет опережать момент начала затемнения, то скорость гравитации выше скорости света. Если момент начала действия гравитации будет наступать позднее, начала затемнения, то скорость гравитации меньше скорости света. Если момент начала действия гравитации совпадает с видимым положением спутника в начале затемнения, то скорость гравитации равна скорости света.

Конечно, реализация подобных измерений потребует запуска специализированных спутников с определенной ориентацией, размерами, оптическими датчиками. Для уменьшения действия светового давления желательно, чтобы спутники имели значительную массу при малой площади поверхности и другие особенности, способствующие повышению точности измерений.

Вместе с тем, уже имеются результаты лазерной локации спутников Земли с использованием оптических устройств, которые обеспечивали уникальную точность определения направления на спутник порядка 0,5 угловых секунд [13]. Измерения производились специалистами Крымской лазерной обсерватории Главной астрономической обсерватории НАН Украины в Симеизе (Кацивели). Результаты измерений выявили систематические сезонные отклонения от видимого и регистрируемого локацией положения отечественных и зарубежных спутников, оснащенных уголковыми отражателями. Прогноз перемещений спутников производился по их наблюдаемому с помощью телескопа положению относительно звёзд. Однако положение спутников, регистрируемое уникальной лазерно-локационной установкой, оказывалось сдвинутым относительно прогнозируемого положения на 10 – 30 угловых секунд. Наблюдаемая абберация отлична от известной скоростной абберации. Важной особенностью обнаруженного смещения (абберации) является то, что как летом, так и зимой оно направлено в сторону расположения Солнца. Природа надёжно обнаруженного отклонения спутников относительно направления их скорости допускает несколько истолкований. Первое из возможных гипотетических истолкований связано с различиями в скорости света и скорости действия гравитации. Как отмечено ранее, реальное положение Солнца от видимого сдвинуто вследствие орбитального движения Земли на 15000 км. Такой сдвиг соответствует изменению положения Солнца на 20 угловых секунд от видимого его положения. Поэтому обнаруженный сдвиг положений спутников, обнаруженный с применением Крымской лазерно-локационной установки, может свидетельствовать (не только качественно, но и количественно) о том, что скорость гравитации значительно превосходит скорость света. Отмеченные обстоятельства дают основания считать, что модель скорости гравитации Ньютона больше соответствует реальности, чем модель ОТО, и позволяет делать более точные прогнозы в космической навигации.

Другие гипотетические истолкования менее убедительны и связаны с влиянием на скорость света гравитации и изменением масштаба времени.

Наблюдения за космическим мусором при переходах на теневые части орбит так же могут быть полезны для оценок скорости гравитации. Кроме того, полезную информацию могут дать наблюдения за астероидами при переходах в тень от ближайших планет солнечной системы, например Марса и Земли. Сегодня имеются сведения об орбитах более полумиллиона астероидов. Некоторые из астероидов будут проходить через тень (полутень) от

планеты. Сравнивая возмущения орбиты астероидов, которые вызываются оценкой гравитации по Ньютону и гравитацией, распространяющейся со скоростью не выше световой, можно также получить объективные представления о реальной скорости гравитации.

Таким образом, развитие современной техники прецизионных измерений позволяет уточнить прогноз орбит спутников, и, в особенности, для межпланетных космических аппаратов, путём выбора более совершенной модели скорости распространения гравитационного взаимодействия и даёт основания для следующих выводов.

1. Предварительный анализ результатов лазерной локации спутников позволяет считать, что модель скорости гравитации Ньютона точнее отражает поведение спутников, чем модель ОТО, что не означает отрицания теории относительности в остальных её проявлениях.

2. Следует ожидать, что скорость распространения гравитации много больше скорости света в вакууме. Аналогичное поведение скорости квантовой корреляции может говорить об их общей природе.

3. Целесообразно повторить и развить эксперименты по лазерной локации спутников на установке в Кацивели.

4. Можно использовать для оценки скорости распространения гравитации космический мусор или астероиды, а также спутники со специальной оснасткой. Для оценки различных моделей гравитации (в том числе альтернативных, например, по обнаружению экранирования гравитации) измерения возмущений орбит спутников лучше проводить при приближении и прохождении ими теней от планет. Удобные для измерений положения космического мусора или астероидов значительно расширяют возможности проведения экспериментов в сравнении, например, с солнечными затмениями на Земле.

Список литературы / References

1. Лаплас, П. С. Изложение системы Мира / П. С. Лаплас. – Л.: «Наука», 1982. – 376 с.
2. Лисов И. Пионер 10 продолжает работу и задаёт загадки. / И. Лисов // Новости космонавтики. – 1999. – Том 9, №2 (193). С. 35 (1999);
3. Anderson J. D. et al. Phys.Rev.Lett., Vol. 81, N 14, 1998, p.2858-2861.
4. Turyshv S. G., Toth V. T., Kinsella G., Sih-Chun Lee, Lok S. M., Ellis J. «Support for the thermal origin if the Pioneer anomaly», Phys. Rev. Lett. 108, 241101 (2012), arXiv:1204.2507v1 [gr-qc] 11 Apr 2012
5. Abbot B. P. et al. Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration) Phys. Rev. Lett. 116, 061102 – Published 11 February 2016
6. Кадомцев Б. Б. Динамика и информация. / Б. Б. Кадомцев, УФН, 1994, том 164, № 5, С. 449–530.
7. Соколов Ю. Л. Интерференционный метод измерения параметров атомных состояний. / Ю. Л. Соколов, УФН, 1999, том 169, № 5, С. 559–583.
8. Fomalont E. B., Kopeikin S. M. The measurement of the light deflection from jupiter: experimental results // Astrophysical Journal. — 2003. — Vol. 598, no. 1. — P. 704–711.
9. Големинов Н. Г. Почему Тунгусское событие произошло в новолуние / Н. Г. Големинов. В книге 100 лет Тунгусской проблеме. Новые подходы. Сборник статей / под ред. В.К. Журавлева и Б.У. Родионова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.– С. 80–89.
10. Maurice Allais. Should the Laws of Gravitation be Reconsidered?, Aero/Space Engineering 9, 46–55 (1959).
11. Грушинский Н. П. Основы гравиметрии. / Н. П. Грушинский, – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 352 с.
12. Лепешкин Д. В. Алгоритм адаптивной модуляции времени излучения лазерного дальномера для устранения влияния лидарного сигнала. / Д. В. Лепешкин, // Сб. Прецизионные информационно-измерительные системы. Достижения и перспективы. Тезисы докладов VI научно-технической конференции АО «НПК «СПП» 25-28 мая 2016. Московская область.
13. Игнатенко Ю. В., Игнатенко И. Ю., Тряпицын В. Н. Отклонение света при лазерной локации. Экспериментальное исследование. / Ю. В. Игнатенко, И. Ю. Игнатенко, В. Н. Тряпицын, Гиперкомплексные числа в геометрии и физике, – 2014. – №1 (21), том 11, С. 66-84.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Laplas, P. S. Izlozhenie sistemy Mira [Exposition of the system of the World] / P. S. Laplas. – L.: « Nauka », 1982. – 376 P. [in Russian]
2. Lisov I. Pioneer 10 prodolzhaet rabotu i zadajot zagadki. [Pioneer 10 continues and asks a riddle.] / I. Lisov // Novosti kosmonavтики. – 1999. – Vol. 9, №2 (193).P. 35. [in Russian]
3. Anderson J. D. et al. Phys.Rev.Lett., Vol. 81, N 14, 1998, p.2858-2861.
4. Turyshv S. G., Toth V. T., Kinsella G., Sih-Chun Lee, Lok S. M., Ellis J. «Support for the thermal origin if the Pioneer anomaly», Phys. Rev. Lett. 108, 241101 (2012), arXiv:1204.2507v1 [gr-qc] 11 Apr 2012.
5. Abbot B. P. et al. Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration) Phys. Rev. Lett. 116, 061102 – Published 11 February 2016.
6. Kadomcev B. B. Dinamika i informacija. [Dynamics and information.] / B. B. Kadomcev, UFN, 1994, Vol. 164, № 5, P. 449–530. [in Russian]
7. Sokolov Ju. L. Interferencionnyj metod izmerenija parametrov atomnyh sostojanij. [An interference method for measuring atomic state parameters.] / Ju. L. Sokolov UFN, 1999, Vol. 169, № 5, P. 559–583. [in Russian]
8. Fomalont E. B., Kopeikin S. M. The measurement of the light deflection from jupiter: experimental results // Astrophysical Journal. — 2003. — Vol. 598, no. 1. — P. 704–711.
9. Goleminov, N. G. Pochemu Tungusskoe sobytie proizoshlo v novolunije. [Goleminov, N. G. Why is the Tunguska event happened in new moon.] / N. G. Goleminov. V knige 100 let Tungusskoj probleme. Nove podhody. Sbornik statej / pod red. V.K. Zhuravleva i B.U. Rodionova. – М.: BINOM. Laboratorija znaniy, 2008.– P. 80–89. [in Russian]
10. Maurice Allais. Should the Laws of Gravitation be Reconsidered?, Aero/Space Engineering 9, 46–55 (1959).

11. Grushinskij N. P. Osnovy gravimetrii. [Fundamentals of gravimetry.] / N. P. Grushinskij, – М.: Nauka. Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoy literatury, 1983. – 352 p. [in Russian]
12. Lepeshkin D. V. Algoritm adaptivnoy moduljacji vremeni izlucheniya lazernogo dal'nomera dlja ustraneniya vlijanija lidarnogo signala. [Algorithm for the adaptive modulation of the emission time of the laser rangefinder to eliminate the influence of the lidar signal.]/ D. V. Lepeshkin, // Sb. Precizionnye informacionno-izmeritel'nye sistemy. Dostizhenija i perspektivy. Tezisy dokladov VI nauchno-tehnicheskoy konferencii AO «NPK «SPP» 25-28 maja 2016. Moskovskaja oblast'. [in Russian]
13. Ignatenko Ju. V., Ignatenko I. Ju., Trjapicyn V. N. Otklonenie sveta pri lazernoj lokacii. Jeksperimental'noe issledovanie. [The deflection of light in the laser ranging. A pilot study.] / Ju. V. Ignatenko, I. Ju. Ignatenko, V. N. Trjapicyn, Giperkompleksnye chisla v geometrii i fizike, – 2014. – №1 (21), Vol. 11, P. 66-84. [in Russian]

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.075

Гневко А.И.¹, Мукомела М.В.², Соловов С.Н.³, Янушкевич В.А.⁴¹Доктор технических наук, профессор, ВА РВСН им. Петра Великого, соискатель, ²ВА РВСН им. Петра Великого,³кандидат технических наук, доцент, ВА РВСН им. Петра Великого,⁴доктор физико-математических наук, профессор, ВА РВСН им. Петра Великого**СПОСОБ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЙ ВЕЩЕСТВА****Аннотация**

Рассмотрен способ прогнозирования ускоренного движения тел по инерции, основанный на представлениях о скорости гравитации, которая значительно превосходит скорость света, и «эффекте дождя». Показана возможность объяснения сущности более тридцати явлений, природа которых пока остается нераскрытой. К таким явлениям относятся ускоренное расширение Вселенной; удаление Солнца от центра Галактики; удаление Луны от Земли; единообразное объяснение опытов Майкельсона, Саньяка, Физо, Брайля; большая угловая скорость на экваторах Солнца, Юпитера, Сатурна в сравнении с полюсами; динамика геосфер на Земле; самопроизвольный распад микрочастиц; туннельный эффект; скачкообразное изменение момента инерции в твердом гелии при охлаждении и другие.

Ключевые слова: движение по инерции, скорость гравитации, эффект дождя, явления с нераскрытой природой.

Gnevko A.I.¹, Mukomela M.V.², Solovov S.N.³, Yanushkevich V.A.⁴¹PhD in Engineering, professor, Peter the Great Strategic Missile Troops Academy,Postgraduate student, ²Peter the Great Strategic Missile Troops Academy,³PhD in Engineering, associate professor, Peter the Great Strategic Missile Troops Academy,⁴PhD in Physics and Mathematics, professor, Peter the Great Strategic Missile Troops Academy**A METHOD OF FORECASTING THE MOVEMENT OF MATTER****Abstract**

The article considers methods to forecast accelerated inertial movement of items, based on the understanding of the speed of gravity, which is much higher than the speed of light, and “the rain effect”. It offers a possible explanation for thirty phenomena of yet unexplained nature. These phenomena include accelerated expansion of the Universe; the increase in distance between the Sun and the center of the galaxy, between the Earth and the Moon; uniform explanation of experiments by Michaelson, Sagnac, Fizeau, Bradley; higher rotational speed at the equators of the Sun, Jupiter, Saturn compared to polar areas; spontaneous microparticle disintegration; tunnel effect; abrupt change in inertia moment on cooling solid helium, etc.

Keywords: inertial movement, speed of gravity, the rain effect, phenomena of unexplained nature.

Известен способ прогнозирования движения вещества, основанный на законе движения по инерции Ньютона. Закон гласит «Всякое тело пребывает в состоянии покоя или прямолинейного равномерного движения до тех пор, пока действующие на него силы не изменят это состояние». Недостатком этого способа, который может быть принят за прототип, является то, что полное отсутствие сил практически не наблюдается, поскольку всегда на тело (вещество) действуют, например, силы гравитации. Природа гравитации пока остается неизвестной. Но некоторые проявления гравитации, её свойства представляется возможным оценить, исходя из наблюдаемых явлений. Лаплас дал оценку скорости гравитации, исходя из предположения, что гравитация вызывается движением микрочастиц (волн), несущих некоторую энергию [1]. «Сообщается ли притяжение от одного тела к другому мгновенно? Время передачи, если бы оно было для нас заметно, обнаруживалось бы преимущественно вековым ускорением в движении Луны. Я предлагал это средство для объяснения ускорения, замеченное в упомянутом движении, и нашел, что для удовлетворения наблюдениям должно приписать притягательной силе скорость в семь миллионов раз большую, чем скорость светового луча. А так как ныне причина её векового ускорения – Луны хорошо известна, то мы можем утверждать, что притяжение передается со скоростью, по крайней мере, в пятьдесят миллионов раз превосходящей скорость света. Поэтому, не опасаясь какой либо заметной погрешности, мы можем приписать передачу тяготения за мгновенное».

Гравитация во Вселенной должна создавать фон движущихся микрочастиц (волн). Тогда движущееся относительно этого фона тело (вещество) из-за эффекта «дождя» должно испытывать действие некоторых сил. Действие сил, «эффект дождя», вызывается тем, что скорость движения волн, определяющих гравитацию, навстречу движению будет больше, чем скорость волн противоположных направлению движения тела.

В соответствии с законом Ньютона производная по времени от импульса, которым обладает тело, при движении по инерции, равна нулю.

$$d(m_0 v)/dt = 0. \quad (1)$$

С учетом действия гравитации выражение (1) изменяется.

$$d(m_0 v)/dt = m_0 v K/c_r, \quad (2)$$

где m_0 – масса тела;

v – скорость тела относительно фона гравитационных волн;

t – время;

c_r – скорость гравитационных волн;

K – некоторая постоянная, определяемая интенсивностью фона гравитационных волн.

Для прогноза изменений скорости тела и его массы с использованием нового способа воспользуемся зависимостями специальной теории относительности.

Тогда из (2) следует

$$m_0 v' v^2 / c^2 (1 - v^2 / c^2) + m_0 v' = v m_0 K / c_r = m_0 v' c^2 / (c^2 - v^2), \quad (3)$$

где c скорость света в вакууме.

$$\text{Общее решение} \quad v = v_0 / [(v_0^2 / c^2) + (1 - v_0^2 / c^2) \exp(-2 H_r t)]^{1/2}.$$

Для случая $v \ll c$ получаем

$$v'/v \approx K/c_r, \quad (4)$$

откуда $v \approx v_0 e^{H_r t}$, где $H_r \approx K/c_r$ – постоянная «сверхкинетики», v_0 – начальное значение v .

Интегрирование приводит к выражению, которое аналогично закону Хаббла, что позволяет предполагать одной из причин ускоренного расширения Вселенной выявленную закономерность.

Для случая $v \rightarrow c$ уравнение (3) принимает вид

$$v' c^2 / v(c^2 - v^2) = H_r. \quad (5)$$

Следовательно, т.к. $v \neq 0$, $c \neq 0$, $H_r \neq 0$, $v' \rightarrow 0$.

Таким образом, ускорение тел при движении по инерции с ростом скорости возрастает от нуля до некоторого максимума ($v_{\max} = 1/3^{1/2} c$, $v'_{\max} \approx 0,385 H_r c$) в соответствии с (4), а затем, при приближении к скорости света, снова падает до нуля, что определяется общим увеличением гравитационного излучения частицы (иногда его называют увеличением массы) и соответствующим увеличением доли ПВ, не поддерживающих ускорение, а излучаемых под углом к скорости движения. В первом приближении H_r принимаем равной постоянной Хаббла $H \approx 3 \cdot 10^{-18} c^{-1}$.

Тогда, для случая $v \ll c$, ускорение свободно двигающегося по инерции тела приводит к следующим зависимостям от времени t его энергии E , импульса P , функции Лагранжа L , мощности N

$$E = m_0 c^2 + m_0 v_0^2 e^{2 H_r t} / 2 \approx m_0 c^2 + m_0 v_0^2 (1 + 2 H_r t) / 2, \quad (6)$$

$$P \approx m_0 v_0 (1 + H_r t), \quad L = -m_0 c^2 [1 - v_0^2 e^{2 H_r t} / c^2]^{1/2}, \quad dE/dt = N \approx m_0 v_0^2 H_r. \quad (7)$$

При $v \rightarrow c$, $m \rightarrow \infty$, $dP/dt \rightarrow \infty$, $dE/dt \rightarrow \infty$,

$$E \approx m_0 c^2 + m_0 v_0^2 H_r t / [1 - v^2 / c^2]^{1/2}. \quad (8)$$

При $v = c$,

$$E \approx h v_0 e^{H_r t} \approx h v_0 + h v_0 H_r t, \quad (9)$$

где h – постоянная Планка;

ν – частота света.

Вместе с тем, постоянная Хаббла в настоящее время определена весьма приближенно. H_r может быть больше неё, т.к. необходимо учесть сдерживающее влияние на расширение Вселенной гравитационных сил. Поэтому H считаем нижней границей H_r . Верхняя граница H_r может быть оценена по мощности излучения Солнца $N_c = 3 \cdot 10^{26}$ Вт. Если считать, что половина излучаемой энергии (такое предположение может быть оправдано различиями в ожидаемом и наблюдаемом потоках солнечных нейтрино) имеет источником не ядерные реакции, а приращение скорости движущихся в Солнце нуклонов (за счёт энергии вакуума), то с учётом (7) следует

$$N_c = 2 m_c v_{0c}^2 H_r,$$

где $v_{0c} = (3kT_c/m_0)^{1/2}$ – средняя скорость движения нуклонов в Солнце;

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/град⁻¹ – постоянная Больцмана;

T_c – абсолютная средняя температура внутри Солнца 10^7 К (исходя из существующих оценок);

m_c – масса Солнца $1 \cdot 10^{30}$ кг (с учетом сделанной поправки на уменьшение массы в два раза).

Отсюда $H_{r \max} \approx 6,15 \cdot 10^{-16} c^{-1}$.

Интересно, что если считать массу Солнца и поток нейтрино (с учётом превращения одного вида нейтрино в другой), практически не отличающимися от принятых в «стандартной» модели, то, используя постоянную Хаббла и (7), можно оценить вклад двигающихся в Солнце микрочастиц вещества в мощность его светового излучения – $1,5 \cdot 10^{24}$ Вт.

Предлагаемый способ позволяет дать объяснение ряду явлений, природа которых остается пока не выясненной, и продолжает обсуждаться научным сообществом.

1. Ускоренное расширение Вселенной.
2. Удаление с течением времени Солнца от центра Галактики.
3. Тёмный поток.
4. Удаление с течением времени Луны от Земли.
5. Удаление Земли и планет от Солнца.
6. Рост эксцентриситета планет.
7. Преобладание орбитального момента количества движения планет над моментом количества движения Солнца.
8. Самопроизвольный распад микрочастиц вещества.
9. Большая угловая скорость вращения экваториальных областей Солнца, Юпитера, Сатурна в сравнении с угловой скоростью областей у полюсов.

10. Большая скорость вращения облаков Венеры в сравнении с вращением планеты.
11. Низкотемпературная сверхпроводимость металлов.
12. Туннельный эффект.
13. Наличие колебаний микрочастиц при температурах, близких к абсолютному нулю.
14. Соотношение неопределенностей.
15. Высокая энергия космических лучей около Земли.
16. Высокая энергия γ -всплесков около Земли.
17. Источники внутренней энергии планет и звезд.
18. Динамика геосфер (тектоника земных плит).
19. Существование экваториальных зон западных ветров над океанами Земли.
20. Аномально высокая температура солнечной короны в сравнении с температурой поверхности Солнца.
21. Особенности возникновения и движения магнитного поля звезд, Земли и планет.
22. Отсутствие «тепловой смерти» Вселенной.
23. Термодинамический парадокс Гиббса.
24. Необратимость хода времени и роста энтропии в замкнутых системах.
25. Преобладание правых систем над левыми.
26. Распределение поверхностных течений в океане в экваториальных и приполярных зонах Земли.
27. Повышенная температура атмосферы Плутона в сравнении с его поверхностью.
28. Образование планет из пылевого облака без значительных осколков на орбите.
29. Проблема «горизонта» Вселенной.
30. Однофотонная интерференция.
31. Эффект Ааронова – Бома.
32. Скорость распространения квантовой корреляции, превышающая скорость света. Эксперименты Аспекта и Соколова.
33. Единообразное объяснение результатов опытов Майкельсона, Саньяка, Физо, Брайля.
34. Возможная сверхсветовая скорость нейтрино.
35. Сверхсветовая фазовая скорость волн де Бройля.
36. Сверхсветовая фазовая скорость вращения микрочастиц, обладающих спинами.
37. Скачкообразное изменение момента инерции в твёрдом гелии при изменении температуры.
38. Сверхтекучесть жидкого гелия.

Кроме того, трудно представить, чтобы вечное движение электронов в атоме, микрочастиц внутри атома происходило без энергетической подпитки со стороны физического вакуума.

Список литературы / References

1. Лаплас, П. С. Изложение системы Мира / П. С. Лаплас. – Л.: «Наука», 1982. – 376 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Laplas, P. S. Izlozhenie sistemy Mira [Exposition of the system of the World] / P. S. Laplas. – L.: « Nauka », 1982. – 376 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: 10.23670/IRJ.2017.55.043

Никулина М.П.¹, Никулин Р.Н.², Подтелкова А.С.³¹Аспирант, Волгоградский государственный технический университет²кандидат физико-математических наук,

Волгоградский государственный технический университет

³МОУ СШ №26 г. Волгограда**О НЕКОТОРЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО УСТАНОВЛЕННЫХ ЭФФЕКТАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ****Аннотация**

Приведены результаты экспериментального исследования зависимости интенсивности прорастания пшеницы от частоты внешнего СВЧ излучения. Методика эксперимента заключалась в облучении воды СВЧ излучением с заданными параметрами, в которой впоследствии замачивались зерна пшеницы. В результате экспериментов установлен факт опосредованного воздействия СВЧ излучения на семена пшеницы. Показано, что максимальный положительный эффект при таком способе воздействия на зерна пшеницы наблюдается частоте 8,9 ГГц.

Ключевые слова: СВЧ, пшеница, облучение.

Nikulina M.P.¹, Nikulin R.N.², Podtelkova A.S.³¹Postgraduate student, Volgograd state technical university²PhD in Physics and Mathematics,

Volgograd state technical university

³MEI secondary school №26 of Volgograd**ABOUT SOME EXPERIMENTALLY FOUND OUT EFFECTS OF MICROWAVE RADIATION ON WHEAT****Abstract**

The experimental research results of the wheat seeds germination intensity dependence on the frequency of the external microwave radiation are considered. The experimental method consisted in the microwave irradiation with the given parameters of water, that in consequence soaked the wheat grains. As a experimental result the fact of microwave radiation influence on wheat seeds are established. It is shown the maximum positive effect of this wheat grain effect method was observed at frequency 8.9 GHz.

Keywords: microwave, wheat, irradiation.

Микроволны – это радиоволны с длиной волны от одного миллиметра до одного метра, или, эквивалентно частотам, электромагнитное излучение с частотой от 0,3 до 300 ГГц. Микроволны широко используются в космических аппаратах связи, сегодня в мире большое количество данных и телефонная связь передаются на большие расстояния по СВЧ между наземными станциями и спутниками связи. Микроволновые также нашли свое применение, например, в микроволновых печах (высокоинтенсивное излучение) и в радиолокационной технике. В настоящее время коммуникационно активному человечеству стало все больше требоваться использование мобильной телефонии и беспроводных устройств (малоинтенсивное излучение), как следствие уровень генерации электромагнитных излучений экспоненциально повышается с каждым днем, и живые организмы зачастую не успевают адаптироваться к новому фактору воздействия [1, С. 211].

Микроволновое излучение может влиять на скорость роста растений и на прорастание облученных семян. Объектом исследования выбраны непророщенные зерна пшеницы. Именно тот факт, что пшеница – одна из ведущих зерновых культур во многих странах, во многом способствует выбору многими исследователями ее в качестве специальной культуры для оценки биологического действия многих факторов, в том числе и антропогенных. Были ранее проведены несколько серий экспериментов по облучению микроволновым излучением низкой интенсивности с различными параметрами семян пшеницы, с целью изучить влияние излучения нетеплового уровня мощности на такие параметры, как всхожесть и скорость роста [1, С. 211]. Было отмечено, что всхожесть семян, прорастание ростков, высота растений, длина корня и биомасса облученных образцов зависят от частоты облучения и времени воздействия. Таким образом, важно знать, как они воздействуют на биологически активные соединения растений [1, С. 215].

Целями эксперимента являются исследования влияния предварительного облучения электромагнитными волнами СВЧ-диапазона воды, которой впоследствии увлажняются проращиваемые семена пшеницы, на их всхожесть и интенсивность прорастания.

Задачами эксперимента являются проведение и анализ предварительного облучения электромагнитными волнами СВЧ-диапазона воды, которой впоследствии увлажняются проращиваемые семена пшеницы, на их всхожесть и интенсивность прорастания.

При воздействии ЭМИ на биологические объекты различают тепловое и нетепловое воздействие. Условной границей принято считать величину плотности потока энергии, предположительно повышающую температуру систем на 0,1С: это 10мВт/см² [1, С. 211]. Тепловые энергетические воздействия вносят существенные изменения в термодинамику системы, в отличие от слабых, которые приводят к микронагреву биологических тканей, однако этот нагрев не считается значимым.

Происходило воздействие ЭМИ СВЧ на партии воды. Воздействие ЭМИ СВЧ на каждую партию длилось 25 минут в диапазоне от 8.4 ГГц до 11.9 ГГц с интервалом в 0.5 ГГц. Каждую партию воды подвергали воздействию на заданной частоте, с полосой качания в 0.1 ГГц. Вода помещалась в пластиковую герметичную кювету, далее кювета размещалась в волноводе. Эксперимент производился на генераторе качающей частоты Р2-62.

Далее исследовалась всхожесть и интенсивность прорастания семян пшеницы. Для количественного определения всхожести и интенсивности прорастания экспериментальных партий, одновременно с такими партиями замачивались

семена, которые не подвергались намеренному воздействию ЭМИ СВЧ. Биологический эффект воздействия ЭМИ СВЧ оценивается с помощью двух критериев:

- отношение количества пророщенных семян в экспериментальной партии к партии в контрольной группе;
- отношение длины роста семян в экспериментальной партии к длине роста партии в контрольной группе.

После облучения, партия семян замачивалась водой на 12 часов. Через 36 часов после замачивания, производился подсчет пророщенных семян. Спустя 24 часа производился повторный подсчет пророщенных семян. Спустя 24 часа производилось измерение длины ростков. Измерения производились каждые 24 часа, на протяжении трех дней. Измерение длины ростков производилось линейкой с ценой деления 1 мм. Полученные данные сравнивались с результатами контрольной группы, строились гистограммы относительной интенсивности прорастания семян. Далее приведены некоторые результаты, представляющие наибольший интерес для анализа (рис. 1).

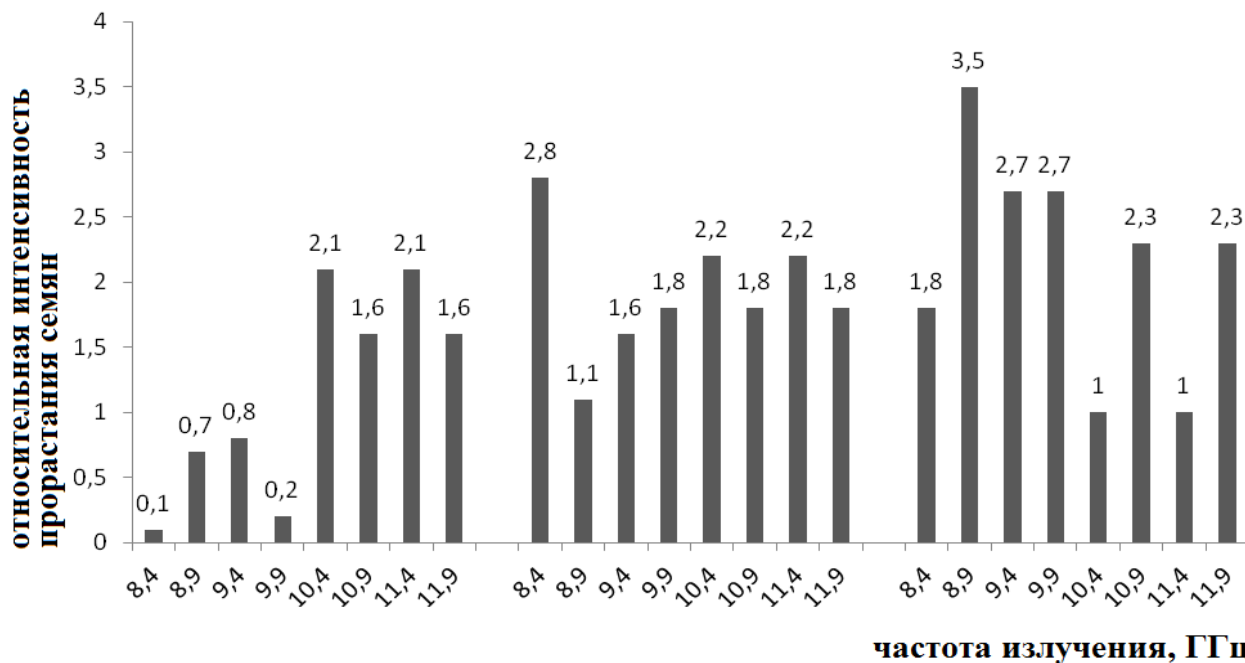


Рис. 1 – Сравнительная диаграмма относительной интенсивности прорастания семян на 21 января, 21 февраля и 21 марта 2016 года

По вертикальной оси отложена интенсивность прорастания семян в облучённых группах к интенсивности прорастания семян в контрольной группе, по горизонтальной оси – частоты исследуемого диапазона.

Можно заметить, что положительный эффект наблюдается на некоторых частотах. Несколько выделяется на их фоне частота в 8,9 ГГц, которая, как видно, оказывает наиболее выраженный, по сравнению с остальными частотами, положительный эффект. Полученные данные, следует заметить, несколько отличаются от ранее полученных в других месяцах. В общей степени облучение воды повлияло благотворно на всхожесть и интенсивность прорастания семян, однако воздействие, исходя из результатов, нельзя охарактеризовать однозначно. Из диаграмм видно, что присутствует достаточно выраженный позитивный эффект на большинстве частот, но некоторые частоты не показали такого рода воздействия на всхожесть и интенсивность прорастания семян. Так же замечен сильный скачок положительного эффекта в марте, что, вероятно, обусловлено биологическими свойствами злаковой культуры, которая подвергалась эксперименту. Это, вероятнее всего, обусловлено природно-биологическим циклом.

Проанализировав результаты эксперимента можно сделать соответствующие выводы, что облучённая вода дала выраженный эффект, нежели тот, что был замечен ранее. Интенсивность прорастания на большинстве частот заметно выше, отрицательное и угнетающее влияния выражены слабее.

Влияние ЭМИ СВЧ на биологические объекты на примере замачивания семян пшеницы в облученной воде определённо существует и имеет сложный характер, требующий более детального исследования. Особое внимание нужно уделить облучению воды, в которой замачиваются семена перед высадкой, так как именно эта часть экспериментов показывает стабильный положительный результат.

Устойчивые в статистическом смысле экспериментальные данные исследований по облучению миллиметровыми волнами различных биологических объектов позволяют говорить о применении миллиметрового облучения биологических объектов как экологически чистой биотехнологии для увеличения выхода биомассы и ускорения прорастания.

СВЧ-воздействие на биообъекты является перспективной технологией. Применение ЭМИ возможно в различных областях жизнедеятельности человека: в медицине, сельском хозяйстве, ветеринарии, биотехнологических процессах. С экономической точки зрения, использование предпосевной обработки семян электромагнитными волнами низкой интенсивности является рентабельным. В ближайшем будущем эти приборы займут достойное место во многих областях хозяйственной деятельности.

Список литературы / References

1. Никулина М.П. Некоторые эффекты воздействия СВЧ излучения на спектральные характеристики пшеницы / М.П. Никулина, Р.Н. Никулин // Молодой учёный: вызовы и перспективы : XXIV междунар. конф. / ООО «Интернаука». - Москва, 2016. - № 22 (24). - С. 211-215.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Nikulina M. P. Nekotorye efekty vozdeystviya SVCh izluchenija na spektral'nye harakteristiki pshenicy [Some microwave effects on spectral characteristics of wheat grains] / M.P. Nikulina, R.N. Nikulin // Molodoj uchjonyj: vyzovy i perspektivy : XXIV mezhdunar. konf. [Young scientist: challenges and prospects]/ ООО «Internauka». - Moscow, 2016. - № 22 (24). - P. 211-215. 2015. [in Russian]

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.180

Сариев А.Д.¹, Шаждекеева Н.К.², Шыганакоева А.Т.³, Каракенова С.Г.⁴, Сариев С.Д.⁵¹ORCID: 0000-0002-1825-0023, Кандидат физико-математических наук,²ORCID: 0000-0002-1825-0023, Кандидат физико-математических наук³ORCID: 0000-0002-1825-0097, Магистр математики,⁴ORCID: 0000-0002-1825-0097, Магистр математики,

Атырауский государственный университет в г. Атырау, Казахстан

⁵ORCID: 0000-0002-1825-0097, Магистр математики, Международный казахско-турецкий университет г. Туркестан, Казахстан

О КОРРЕКТНОСТИ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

ПАРЫ $\{u, \sigma\}$, В СЛУЧАЕ ПРОСТОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЙ

Аннотация

В статье изложены основные вопросы исследования локальных свойств интеграла столкновений и классического решения нестационарного уравнения переноса излучения, рассматриваемого в простой области из R_3 .

В статье изучены и доказаны вопросы корректности «в целом» ряда обратных задач для нестационарного уравнения переноса, рассматриваемого в ограниченной простой области из R_3 , для одновременного определения пары $\{u, \sigma\}$.

Приводится гладкость рассматриваемой области, учитывая простоту области, доказаны лемма 1-4, на основе этих лемм доказано теорема 1.

Ключевые слова: уравнение переноса, локальные свойства, интеграл столкновений, односкоростное нестационарное уравнение, начальное условие, граничное условие, вопросы корректности решения, ограниченная простая область из R_3 .

Sariev A.D.¹, Shazhdekeyeva N.K.², Shyganakova A.T.³, Karakenova S.G.⁴, Sariev S.D.⁵¹ORCID: 0000-0002-1825-0023, PhD in Physics and Mathematics, Atyrau State University, Kazakhstan,²ORCID: 0000-0002-1825-0023, PhD in Physics and Mathematics, Atyrau State University, Kazakhstan,³ORCID: 0000-0002-1825-0097, Master of mathematics, Atyrau State University, Kazakhstan,⁴ORCID: 0000-0002-1825-0097, Master of mathematics, Atyrau State University, Kazakhstan,⁵ORCID: 0000-0002-1825-0097, Master of mathematics, International Kazakh-Turkish University, Turkestan, KazakhstanON THE CORRECTNESS OF INVERSE PROBLEM OF DETERMINING COUPLE $\{u, \sigma\}$ IN THE CASE OF A SIMPLE EQUATION FOR THE TRANSFER OF RADIATION

Abstract

The article outlines the main research questions of the local properties of the collision integral and classical solutions of non-stationary radiative transfer equation, considered in the plain area of R_3 .

The paper studied and proved the correctness of questions "in the large" number of inverse problems for nonstationary transport equation, considered in a limited plain area of R_3 , for the simultaneous determination of the pair.

We present the smoothness of the area under consideration, taking into account the area of the prostate, to prove the lemma 1-4, on the basis of the lemma is proved Theorem 1.

Keywords: transfer equation, local properties, the collision integral, one-speed time-dependent equation, initial condition, boundary condition, solution correctness issues, limited simple area from R_3 .

В настоящей статье изучаются локальные свойства интеграла столкновений односкоростного нестационарного уравнения переноса, а также классического решения нестационарного уравнения переноса излучения, рассматриваемого в простой ограниченной области из R_3 .

Уравнение переноса рассмотрено при следующих предложениях [1-4]:

1) все частицы имеют одинаковые по модулю скорости,

2) поток частицы из вакуума на внешнюю границу отсутствует,

3) индикатриса рассеяния $\theta(\vec{r}, \vec{\omega}, \vec{\omega}')$ представлена в виде $\theta(\vec{r}, \vec{\omega}, \vec{\omega}') = (4\pi)^{-1} \delta_s(\vec{r}) g(\mu_0)$, где μ_0 - косинус

угла между направлениями $\vec{\omega}$ и $\vec{\omega}'$, т.е. $\mu_0 = (\vec{\omega}, \vec{\omega}')$

При этих предложениях уравнение переноса имеет вид

$$\frac{\partial u}{\partial t} + Lu = Su + f \quad (1)$$

Здесь $u = u(t, \vec{r}, \vec{\omega})$ - функция распределения частиц, $f = f(t, \vec{r}, \vec{\omega})$ - функция источника, $\delta = \delta(\vec{r})$, $\delta_s = \delta_s(\vec{r}) - (4\pi)^{-1} g(\mu_0)$ - индикатриса рассеяния, $\vec{r} = (x, y, z)$ - пространственные координаты, $\vec{\omega} = (\xi, \eta, \zeta)$ - точки единичной сферы Ω со сферическими координатами $\xi = \sin \theta \cos \varphi$, $\eta = \sin \theta \sin \varphi$, $\zeta = \cos \theta$,

$$Lu = (\vec{\omega}, \text{grad } u) + \delta(\vec{r})u,$$

$$Su = \frac{\delta_s(\vec{r})}{4\pi} \int_{\Omega} g(\mu_0) u(t, \vec{r}, \vec{\omega}') d\vec{\omega}'$$

Будем говорить, что поверхность ∂G области G принадлежит классу C^p ($p \geq 1$), если в некоторой окрестности каждой точки $\vec{r}_0 \in \partial G$ она представима уравнением $\varphi_{r_0}(\vec{r}) = 0$, причем $\text{grad } \varphi_{r_0}(\vec{r}) \neq 0$ и функция $\varphi_{r_0}(\vec{r})$ непрерывна, вместе со своими производными до порядка p включительно в упомянутой окрестности.

Поверхность ∂G называется кусочно-гладкой, если она состоит из конечного числа поверхностей класса C^1 [1-4].

Будем считать, что область G , в которой происходит процесс переноса, состоит из конечного числа подобластей (зон) G_j , ограниченных кусочно-гладкой поверхностью, ∂G_j , т.е. $G = \bigcup_{j=1}^J G_j$ а \bar{G} - выпуклым. Через $\partial \bar{G}$ обозначим внешнюю поверхность области G . Граничная поверхность ∂G области содержит кроме $\partial \bar{G}$ еще поверхности γ_{ij} раздела зон (части поверхности ∂G_j) G_j .

Кроме того полагается, что множество $[0, T] \times \bar{G}$ - удовлетворяет условию «обобщенной выпуклости» см. Гермогеновой [1-4] $\Pi(t, \vec{r}, \vec{\omega}) = \{(\tau, \vec{r} - \vec{\omega}(t - \tau)) \mid 0 \leq \tau \leq t\}$ являющаяся характеристикой дифференциального выражения $\frac{\partial}{\partial t} + L$ и проходящая через любую точку $(t, \vec{r}) \in (0, T] \times G$ при любом $\vec{\omega} \in \Omega$ имеет конечное число точек $M(t, \vec{r}, \vec{\omega})$ точек (t_m^*, \vec{r}_m^*) ($t_m^* = t^*(t, \vec{r}, \vec{\omega})$, $\vec{r}_m^* = \vec{r} - \vec{\omega}(t - t_m^*)$, $0 \leq t_1^* \leq \dots \leq t_m^* < t$) пересечений с граничной поверхностью $(0, T] \times \partial G \cup \{0\} \times G$ и $\sup M(t, \vec{r}, \vec{\omega}) < \infty$. Здесь $t_1^*(t, \vec{r}, \vec{\omega})$ есть время пересечения характеристикой $\Pi(t, \vec{r}, \vec{\omega})$ границы множества $[0, T] \times \bar{G}$.

Для включения в рассмотрение областей, отдельные участки поверхности которых имеют прямолинейные образующие, последние достаточно продолжить вдоль образующих по всей области, увеличив тем самым количество зон G_j [1-4].

Для однозначной разрешимости к уравнению (1) необходимо присоединить начальное распределение частиц

$$u(0, \vec{r}, \vec{\omega}) = \Phi(\vec{r}, \vec{\omega}), \quad (2)$$

и режимы на внешней границе и на границе раздела зон

$$u(t, \vec{r}, \vec{\omega}) = 0, \quad \vec{r}' \in \partial \bar{G}, \quad (\vec{n}_{\vec{r}'}, \vec{\omega}) < 0 \quad (3)$$

$$\lim_{\tau \rightarrow t_m^* + 0} u(\tau, \vec{r}, \vec{\omega}(t - \tau), \vec{\omega}) = \lim_{\tau \rightarrow t_m^* - 0} u(\tau, \vec{r}, \vec{\omega}(t - \tau), \vec{\omega}), \quad m = \overline{2, M}. \quad (4)$$

Пусть $\bar{\Pi}_j = [0, T] \times \bar{G}_j$, $\tilde{\Pi}_j = \bar{\Pi}_j \setminus \{0\} \times \partial G_j$, $j = \overline{1, J}$.

$C(\tilde{\Pi} \times \Omega)$ - класс функции $f(t, \vec{r}, \vec{\omega})$, непрерывных в каждом множестве $\tilde{\Pi}_j \times \Omega$, $j = \overline{1, J}$ и таких, что

$$\max_j \sup_{\tilde{\Pi}_j \times \Omega} |f(t, \vec{r}, \vec{\omega})| = \bar{f} < \infty.$$

Заметим, что, если $f \in C(\tilde{\Pi} \times \Omega)$, то при стремлении (t, \vec{r}) к $\{0\} \times \partial G$ вдоль различных прямых, пределы $\lim f(t, \vec{r}, \vec{\omega})$ существуют и вообще говоря различны.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 1. Классическим решением задачи (1)- (4) в области $G = \bigcup_{j=1}^J G_j$ назовем функцию

$u(\tau, \vec{r} - \vec{\omega}(t - \tau), \vec{\omega})$, которая для всех $t \in [0, T]$, $\vec{r} \in G$, $\vec{\omega} \in \Omega$

1) непрерывна по τ на отрезках $[t_K^*, t_{K+1}^*]$, $K = \overline{1, M-1}$, $[t_M^*, t]$ и непрерывно дифференцируема по τ в интервалах (t_K^*, t_{K+1}^*) , $K = \overline{1, M-1}$, (t_M^*, t) ;

2) допускает существование интеграла столкновений $N(t, \vec{r}, \vec{\omega}) = Su = \frac{\delta_s(\vec{r})}{4\pi} \int_{\Omega} g(\mu_0) u(t, \vec{r}, \vec{\omega}') d\varpi'$,

принадлежащего $C(\tilde{\Pi} \times \Omega)$;

3) удовлетворяет уравнению

$$\frac{d}{dt} u(\tau, \vec{r} - \vec{\omega}(t - \tau), \vec{\omega}) + \delta(\vec{r} - \vec{\omega}(t - \tau)) u(\tau, \vec{r} - \vec{\omega}(t - \tau), \vec{\omega}) =$$

$$= N(\tau, \vec{r} - \vec{\omega}(t - \tau), \vec{\omega}) + f(\tau, \vec{r} - \vec{\omega}(t - \tau), \vec{\omega}), \quad (5)$$

начальному условию (2) и граничным условиям (3)-(4).

Интегрируя уравнение (5) по переменной τ от t_1^* до t с учетом начального и граничных условий (2)-(4), имеем

$$u = P\Phi + R(N + f) \quad (6)$$

ГДЕ ОПЕРАТОРЫ P И R ОПРЕДЕЛЕННЫ ФОРМУЛАМИ

$$\Phi(t, \vec{r}, \vec{\omega}) = \begin{cases} 0, & \vec{r} - \vec{\omega}t \notin \overline{G} \\ \int_0^t \sigma(\vec{r} - \vec{\omega}(t - \tau)) d\tau \\ \Phi(\vec{r} - \vec{\omega}t, \vec{\omega}) e^{-\int_0^t \sigma(\vec{r} - \vec{\omega}(t - \tau)) d\tau}, & \vec{r} - \vec{\omega}t \in \overline{G} \end{cases}$$

$$Rf(t, \vec{r}, \vec{\omega}) = \int_{t_1^*(t, \vec{r}, \vec{\omega})}^t f(\tau, \vec{r} - \vec{\omega}(t - \tau), \vec{\omega}) e^{-\int_0^t \sigma(\vec{r} - \vec{\omega}(t - \tau')) d\tau'} d\tau.$$

Действуя на уравнение (6) оператором S , для интеграла столкновений N получаем

$$N = KN + Kf + B\Phi \quad (7)$$

где $K = SR$, $B = SP$.

$$u = P\Phi + R(Su + f) \quad (8)$$

Операторы P и R определены формулами

$$P\Phi(t, x, \mu) = \begin{cases} 0, & \text{если } x - \mu t \notin \overline{G} \\ \int_0^t \delta(x - \mu(t - \tau)) d\tau \\ \Phi(x - \mu t, \mu) e^{-\int_0^t \delta(x - \mu(t - \tau')) d\tau'}, & \text{если } x - \mu t \in \overline{G} \end{cases}$$

$$Rf(t, x, \mu) = \int_{t^*}^t f(\tau, x - \mu(t - \tau), \mu) e^{-\int_{\tau}^t \delta(x - \mu(t - \tau')) d\tau'} d\tau$$

Умножим функцию $u(t, x, \mu')$, определенную формулой (8) на $2^{-1} \delta_s(x) \gamma(\mu, \mu')$. Полученное при этом уравнение проинтегрируем по переменной μ' от -1 до 1. Меняя порядок интегрирования в полученных при этом повторных интегралах приходим к уравнению

$$N = KN + Kf = B\Phi \quad (9)$$

Операторы K и B определены формулами

$$Kf(t, x, \mu) = \begin{cases} K_1 f - K_2 f, & t > 0; \\ 0, & t = 0; \end{cases}$$

$$B\Phi(t, x, \mu) = \begin{cases} \frac{\delta_s(x)}{2} \frac{\mu_0(t, x)}{\mu_H(t, x)} \int \gamma(\mu, \mu') q(x, x - \mu't, \mu') \Phi(x - \mu't, \mu') d\mu', & t > 0; \\ S\Phi, & t = 0; \end{cases}$$

$$\text{где } q(x, x', \mu) = \exp \left\{ -\frac{1}{\mu} \int_{x'}^x \delta(\xi) d\xi \right\},$$

$$K_1 f(t, x, \mu) = \frac{\delta_s(x)}{2} \int_{x_0(t, x)}^x dx' \int_{\frac{x-x_0}{t}}^1 \frac{\gamma(\mu, \mu')}{\mu'} q(x, x', \mu') f(t - \frac{x-x'}{\mu'}, x', \mu') d\mu',$$

$$K_2 f(t, x, \mu) = \frac{\delta_s(x)}{2} \int_x^{x_H(t, x)} dx' \int_{-1}^{\frac{x-x_0}{t}} \frac{\gamma(\mu, \mu')}{\mu'} q(x, x', \mu') f(t - \frac{x-x'}{\mu'}, x', \mu') d\mu'$$

и

$$x_0(t, x) = \begin{cases} x-t, & x \geq t, \\ 0, & x < t \end{cases} \quad x_H(t, x) = \begin{cases} H, & H-x < t, \\ x+t, & H-x \geq t \end{cases}$$

$$\mu_0(t, x) = \begin{cases} 1, & x \geq t, \\ \frac{x}{t}, & x < t \end{cases} \quad \mu_H(t, x) = \begin{cases} -\frac{H-x}{t}, & H-x < t, \\ -1, & H-x \geq t \end{cases}$$

Введем еще функцию

$$\mu_h(t, x) = \begin{cases} -1, & x-h \leq -t, \\ \frac{x-h}{t}, & -t < x-h < t, \\ 1, & x-h \geq t, \end{cases}$$

Для изучения свойств гладкости интеграла столкновений изучим свойства функций $x_s (s \in \{O, H\})$, $\mu_s (s \in \partial G)$ и операторов K и B .

Нам нужны следующие леммы:

Лемма 1. I) Для любых $(t_i, x_i) \in \bar{\Pi}$, $i = 1, 2$ верно неравенство

$$|x_s(t_2, x_2) - x_s(t_1, x_1)| \leq |t_2 - t_1| + |x_2 - x_1| \quad (10)$$

а, первые производные от x_s терпят разрыв 1-ого рода лишь на линиях $t = |s - x|$, $s \in \{O, H\}$;II) Для любых $(t_i, x_i) \in \tilde{\Pi}_j$; $i, j = 1, 2$; $s \in \partial G$ верно неравенство

$$|\mu_s(t_2, x_2) - \mu_s(t_1, x_1)| \leq \sum_{i=1}^2 \frac{\sqrt{2}}{\rho_s(t_i, x_i)} (|t_2 - t_1| + |x_2 - x_1|) \quad (11)$$

где $\rho_s(t, x) = \sqrt{t^2 + (S - x)^2}$, причем первые производные функций $\mu_s(t, x)$ терпят разрыв 1-го рода лишь на линиях $t = |S - x|$.

Доказательство. Утверждение первого предложения, а также непрерывная дифференцируемость функций x_s , μ_s на $\bar{\Pi}_j$, кроме линии $t = |S - x|$, непосредственно следует из определения этих функций. Докажем неравенство

(11) при $S = 0$. Положим $t_2 > t_1$ и оценим разность $J = \left| \Delta_{t_1 t_2} \mu_0 \right|$. Она отлична от нуля, лишь когда $x < t_2$. Но

тогда справедливо неравенство

$$t_2 > \sqrt{2^{-1}(t_2^2 + x^2)} = 2^{-\frac{1}{2}} \rho_0(t_2, x)$$

Следовательно, если $x < t_1$, то в силу определения

$$J = \frac{x}{t_1 t_2} |t_2 - t_1| \leq \frac{t_2 - t_1}{t_2} \leq \frac{\sqrt{2} |t_2 - t_1|}{\rho_0(t_2, x)}$$

Если же $x \geq t_1$, то

$$J = 1 - \frac{x}{t_2} = \frac{t_2 - x}{t_2} \leq \frac{t_2 - t_1}{t_2} \leq \frac{\sqrt{2} |t_2 - t_1|}{\rho_0(t_2, x)}$$

Аналогично оцениваем

$$\left| \hat{\Delta}_{x_1 x_2} \mu_0 \right| \leq \frac{\sqrt{2} |x_2 - x_1|}{\rho_0(t, x_1)},$$

а потому, в силу неравенства треугольников и очевидного неравенства

$$\min_i \rho_s(t_i, x_i) \leq \max_{i \neq j} \rho_s(t_i, x_j) \quad (12)$$

следует справедливость оценки (11) при $S = 0$. Неравенства (11) при $s = h$, $s = H$ доказываются в результате аналогичных выкладок. Лемма доказана.

Лемма 2. Пусть выполнены условия $C_\alpha^{\delta_s}$, C_α^δ , $C_{o,o}^\gamma$, тогда оператор B действует из $C^{\alpha,0}(\vec{G} \times \Lambda)$ в $C^{\alpha,0}(\tilde{\Pi} \times \Lambda)$ при $0 \leq \alpha < 1$ и в $Z(\tilde{\Pi}; C(\Lambda))$ при $\alpha = 1$.

Доказательство. Пусть $(t, x_i) \in \tilde{\Pi}_j$, $i, j = 1, 2$. При $t = 0$ очевидно неравенство

$$J = \left| \hat{\Delta}_{x_1 x_2} B\Phi \right| \leq C \omega_\alpha(|x_2 - x_1|)$$

Поэтому пусть $t > 0$ и $|x_2 - x_1| \leq \min\{1; h; H - h\}$. Легко видеть, что

$$J \leq \sum_{i=1}^6 J_i \quad (13)$$

где

$$J_1 = \overline{\gamma\Phi} \left| \hat{\Delta}_{x_1 x_2} \delta_s \right| \leq C \varpi_\alpha(|x_2 - x_1|), \quad (14)$$

$$J_2 = \frac{\overline{\delta_s \gamma}}{2} \int_{\mu_0(t_1 x_1)}^{\mu_0(t_1 x_2)} |\Phi(x_2 - \mu t, \mu) - \Phi(x_1 - \mu t, \mu)| d\mu \leq C \left| \hat{\Delta}_{x_1 x_2} \mu_0 \right|, \quad (15)$$

$$J_3 = \frac{\overline{\delta_s \gamma}}{2} \int_{\mu_H(t_1 x_1)}^{\mu_H(t_1 x_2)} |\Phi(x_2 - \mu t, \mu) - \Phi(x_1 - \mu t, \mu)| d\mu \leq C \left| \hat{\Delta}_{x_1 x_2} \mu_H \right|, \quad (16)$$

$$J_4 = \frac{\overline{\delta_s \gamma}}{2} \int_{\mu_h(t_1 x_1)}^{\mu_h(t_1 x_2)} |\Phi(x_2 - \mu t, \mu) - \Phi(x_1 - \mu t, \mu)| d\mu \leq C \left| \hat{\Delta}_{x_1 x_2} \mu_h \right|, \quad (17)$$

$$J_5 = \frac{\overline{\delta_s \gamma}}{2} \left\{ \int_{\mu_h(t_1 x_2)}^{\mu_0(t_1 x_1)} + \int_{\mu_h(t_1 x_2)}^{\mu_h(t_1 x_1)} \right\} \left| \hat{\Delta}_{x_1 x_2} \Phi(x - \mu t, \mu) \right| d\mu,$$

$$J_6 = \frac{\overline{\delta_s \gamma}}{2} \overline{\Phi} \int_{-1}^1 |q(x_2; x_2 - \mu t; \mu) - q(x_1; x_1 - \mu t; \mu)| d\mu.$$

При $\mu_h(t, x_2) < \mu < \mu_0(t, x_1)$ и $\mu_H(t, x_2) < \mu < \mu_h(t, x_1)$ справедливы соответственно неравенства $0 < x_i - \mu t < h$; $i = 1, 2$ и $h < x_i - \mu t < H$; $i = 1, 2$. Следовательно, в силу условий леммы

$$J_5 \leq \overline{\delta_s \gamma} \Gamma_\Phi \omega_\alpha(|x_2 - x_1|). \quad (18)$$

Используя технику, применяемую В.И.Агошковым в [5], и неравенство

$$\left| \exp \left\{ -\frac{1}{\mu} \int_{x_2-\mu}^{x_2} \delta(x') dx' \right\} - \exp \left\{ -\frac{1}{\mu} \int_{x_1-\mu}^{x_1} \delta(x') dx' \right\} \right| \leq \min \left\{ 1, \frac{2\bar{\delta}|x_2-x_1|}{|\mu|} \right\} \quad (19)$$

справедливое при $\mu \neq 0$, можем оценить

$$J_6 \leq \frac{\bar{\delta}_s \bar{\gamma} \bar{\Phi}}{2} (4\delta \int_{|x_2-x_1|}^1 \frac{|x_2-x_1|}{\mu} d\mu + 2 \int_0^{|x_2-x_1|} d\mu) \leq C\omega_1(|x_2-x_1|) \quad (20)$$

Из (13) в силу неравенств (14)-(18), (20) получим

$$\left| \hat{\Delta}_{x_1 x_2} \text{ВФ} \right| \leq C \left\{ \sum_{i=1}^2 \frac{|x_2-x_1|}{\sqrt{\rho^2(x_i, \partial G) + t^2}} + \omega_\alpha(|x_2-x_1|) \right\} \quad (21)$$

Аналогично нетрудно доказать, что для $(t_i, x) \in \tilde{\Pi}_j, i, j = 1, 2$

$$\left| \hat{\Delta}_{t_1 t_2} \text{ВФ} \right| \leq C \left\{ \sum_{i=1}^2 \frac{|t_2-t_1|}{\sqrt{t_i^2 + \rho^2(x_i, \partial G)}} + \bar{\omega}_\alpha(|t_2-t_1|) \right\} \quad (22)$$

Из соотношений (21), (22) и неравенства (12) видим, что функция ВФ принадлежит пространству $C^{\alpha,0}(\tilde{\Pi} \times \Lambda)$ при $0 \leq \alpha < 1$ и пространству $Z(\tilde{\Pi}; C(\Lambda))$ при $\alpha = 1$.

Лемма доказана.

Если, кроме условий леммы 2, выполнены условия согласования А, то неравенства (15) - (17) могут быть усилены. Действительно, в этом случае

$$J_2 = \frac{\bar{\delta}_s \bar{\gamma}}{2} \int_{\mu_0(t, x_1)}^{\mu_0(t, x_2)} |\Phi(x_2 - \mu t, \mu) - \Phi(0, \mu)| d\mu.$$

И так как при $\mu_0(t, x_1) < \mu < \mu_0(t, x_2)$ верны неравенства $0 < x_2 - \mu t < x_2 - x_1 < h$, то

$$J_2 \leq C\omega_\alpha(|x_2-x_1|) \quad (23)$$

Аналогично оцениваются величины J_3 ; J_4 :

$$J_3 \leq \frac{\bar{\delta}_s \bar{\gamma}}{2} \Gamma_\Phi \omega_\alpha(|x_2-x_1|), \quad J_4 \leq \bar{\delta}_s \bar{\gamma} \Gamma_\Phi \omega_\alpha(|x_2-x_1|) \quad (24)$$

Поэтому из (13) в силу неравенств (14), (23), (24), (18), (20) имеем

$$\left| \hat{\Delta}_{x_1 x_2} \text{ВФ} \right| \leq C\omega_\alpha(|x_2-x_1|). \quad (25)$$

Аналогично можно доказать оценку

$$\left| \hat{\Delta}_{t_1 t_2} \text{ВФ} \right| \leq C\bar{\omega}_\alpha(|x_2-x_1|) \quad (26)$$

Из соотношений (25), (26) и неравенства треугольников следует справедливость следующей леммы.

Лемма 3. Если, кроме условий $C_{\alpha}^{\delta_s}$, C_{α}^{δ} , $C_{\alpha,0}^{\gamma}$, выполнены условия согласования А, то оператор В действует из $C^{\alpha,0}(\tilde{G} \times \Lambda)$ в $C^{\alpha,0}(\tilde{\Pi} \times \Lambda)$ при $0 \leq \alpha < 1$ и в $Z(\tilde{\Pi}; C(\Lambda))$ при $\alpha = 1$.

Лемма 4. Пусть выполнены условия $C_{\alpha}^{\delta_s}$, C_{α}^{δ} , $C_{\alpha,0}^{\gamma}$, тогда оператор K переводит $C^{\alpha,0}(\tilde{\Pi} \times \Lambda)$, $C^{\alpha,0}(\bar{\Pi} \times \Lambda)$, $C^{\alpha,0}([0, T] \times \bar{m})$ в $C^{\alpha,0}(\bar{\Pi} \times \Lambda)$ при $0 \leq \alpha < 1$ и классы функций $Z(\tilde{\Pi}; C(\Lambda))$, $Z(\bar{\Pi}; C(\Lambda))$ в $Z(\bar{\Pi}; C(\Lambda))$ причём справедливо неравенство

$$\|K\|_{C(\bar{\Pi} \times \Lambda) \rightarrow C(\bar{\Pi} \times \Lambda)} \leq \beta < 1 \quad (27)$$

Доказательство. Пусть $(t_i, x) \in \tilde{\Pi}_j, i, j = 1, 2$ ($t_2 \geq t_1$).

Докажем справедливость оценки

$$J = \left| \Delta_{t_1 t_2}^\wedge Kf \right| \leq C \bar{\omega}_\alpha(|t_2 - t_1|) \quad (28)$$

Так как при $t_2 > t_1 > 0$ верны неравенства $x_0(t_1, x) \geq x_0(t_2, x)$ и $(x - x')/t_1 \geq (x - x')/t_2$ ($x_0(t_1, x) < x' < x$), то очевидно

$$J = J_1 + J_2 + J_3, \quad (29)$$

$$\begin{aligned} \text{где } J_1 &= \frac{\bar{\delta}_s \bar{\gamma} \bar{f}}{2} \int_{x_0(t_2, x)}^{x_0(t_1, x)} dx' \int_{\frac{x-x'}{t_2}}^1 \frac{1}{\mu} q(x; x', \mu) d\mu, \\ J_2 &= \frac{\bar{\delta}_s \bar{\gamma} \bar{f}}{2} \int_{x_0(t_1, x)}^x dx' \int_{\frac{x-x'}{t_2}}^{\frac{x-x'}{t_1}} \frac{1}{\mu} q(x; x', \mu) d\mu, \\ J_3 &= \frac{\bar{\delta}_s \bar{\gamma}}{2} \int_{x_0(t_1, x)}^x dx' \int_{\frac{x-x'}{t_1}}^1 \mu^{-1} \left| f(t_2 - \frac{x-x'}{\mu}, x', \mu) - f(t_1 - \frac{x-x'}{\mu}, x', \mu) \right| d\mu \end{aligned}$$

Для интеграла J_1 ($|t_2 - t_1| < 1$) справедливо неравенство

$$\begin{aligned} J_1 &\leq \frac{\bar{\delta}_s \bar{\gamma} \bar{f}}{2} \int_0^1 d\mu \int_{x_0(t_2, x)}^{x_0(t_1, x)} \frac{\delta}{\mu} e^{-\frac{\delta(x-x')}{\mu}} d\mu \leq \\ &\leq C \left\{ \int_0^{|t_2-t_1|} + \int_{|t_2-t_1|}^1 \right\} \left| e^{-\frac{\delta(x-x_0(t_1, x))}{\mu}} - e^{-\frac{\delta(x-x_0(t_2, x))}{\mu}} \right| d\mu \leq \\ &\leq C \left\{ |t_2 - t_1| + \left| \Delta_{t_1 t_2}^\wedge x_0 \right| \int_{|t_2-t_1|}^1 \frac{d\mu}{\mu} \right\} \leq C \omega_1(|t_2 - t_1|) \end{aligned} \quad (30)$$

Нетрудно также оценить

$$\begin{aligned} J_2 &\leq \frac{\bar{\delta}_s \bar{\gamma} \bar{f}}{2} \int_{x_0(t_1, x)}^x dx' \int_{\frac{x-x'}{t_2}}^{\frac{x-x'}{t_1}} \frac{d\mu}{\mu} \leq C \int_{x_0(t_1, x)}^x |\ln t_1 - \ln t_2| dx' \leq \\ &\leq \tilde{t}^{-1} (x - x_0(t_1, x)) |t_2 - t_1| \leq C |t_2 - t_1|, \end{aligned} \quad (31)$$

где $\tilde{t} \in [t_1, t_2]$.

Пусть $f \in C^{\alpha, 0}(\tilde{\Pi} \times \Lambda)$ или $Z(\tilde{\Pi}; C(\Lambda))$, тогда

$$J_3 \leq C \left\{ \int_{x_0(t_1, x)}^x dx' \int_{\frac{x-x'}{t}}^1 \sum_{S \in \partial G} \sum_{i=1}^2 \frac{|t_2 - t_1| d\mu'}{\mu' \sqrt{(t - \frac{x-x'}{\mu'})^2 + (S - x')^2}} + \bar{\omega}_\alpha(|t_2 - t_1|) \right\}$$

Покажем, что интегралы

$$\alpha_s = \int_{x_0(t_1, x)}^x dx' \int_{\frac{x-x'}{t'}}^1 \frac{d\mu'}{\mu' \sqrt{(t_i - \frac{x-x'}{\mu'})^2 + (S - x')^2}}, \quad S \in \partial G$$

ограничены.

Действительно, в силу неравенства

$$av \leq 2^{-1} (a^2 + v^2), \quad (a, v \geq 0)$$

и формулы 1.2.52.8 из [6] имеем

$$\begin{aligned}
\alpha_s &\leq \frac{2}{\sqrt{t_1}} \int_{x_0(t_1, x)}^x \frac{dx'}{\sqrt{|s-x'|}} \int_{\frac{x-x'}{t_1}}^1 \frac{d\mu}{\sqrt{\mu^2 - \frac{x-x'}{t_1} \mu}} = 2 \int_0^{\mu_0(t_1, x)} \frac{d\eta}{\sqrt{\left|\frac{x-s}{t_1} - \eta\right|}} \int_{\eta}^1 \frac{d\mu}{\sqrt{\mu^2 - \mu\eta}} \leq \\
&\leq 2 \int_0^{\mu_0(t_1, x)} \frac{1}{\sqrt{\left|\frac{x-s}{t_1} - \eta\right|}} |\ell n(2\sqrt{1-\eta} + 2-\eta) - \ell n \eta| d\eta \leq 2\ell n 4 \int_0^{\mu_0(t_1, x)} \frac{d\eta}{\sqrt{\left|\frac{x-s}{t_1} - \eta\right|}} + \\
&\quad + 2 \int_0^{\mu_0(t_1, x)} \frac{|\ell n \eta| d\eta}{\sqrt{\left|\frac{x-s}{t_1} - \eta\right|}} \leq C
\end{aligned} \tag{32}$$

Следовательно, при $f \in C^{\alpha,0}(\tilde{\Pi} \times \Lambda)$ или $Z(\tilde{\Pi}; C(\Lambda))$ имеем

$$J_3 \leq C \bar{\omega}_\alpha(|t_2 - t_1|) \tag{33}$$

Нетрудно видеть, что оценка (33) верна и при

$$f \in C^{\alpha,0}([0; T] \times \bar{m}), \quad C^\alpha(\bar{\Pi} \times \Lambda), \quad Z(\bar{\Pi}; C(\Lambda)).$$

Таким образом доказали справедливость неравенства (28).

Аналогичные выкладки показывают, что справедлива оценка

$$\left| \hat{\Delta}_{t_1 t_2} K_2 f \right| \leq C \varpi_\alpha(|t_2 - t_1|),$$

а потому верно неравенство

$$\left| \hat{\Delta}_{t_1 t_2} K f \right| \leq C \varpi_\alpha(|t_2 - t_1|) \tag{34}$$

Неравенство (4.34) имеет место и при $t_1 = 0$, так как в этом случае можно воспользоваться очевидным неравенством

$$|Kf| \leq \bar{f} \cdot t$$

Аналогично доказывается, что при $f \in C^{\alpha,0}(\tilde{\Pi} \times \Lambda)$, $C^{\alpha,0}(\bar{\Pi} \times \Lambda)$, $C^{\alpha,0}([0, T] \times \bar{m})$, $Z(\tilde{\Pi}; C(\Lambda))$ верно неравенство

$$\left| \hat{\Delta}_{x_1 x_2} K f \right| \leq C \varpi_\alpha(|x_2 - x_1|) \tag{35}$$

Из соотношений (34) - (35) следует, что при условиях леммы оператор K переводит $C^{\alpha,0}(\tilde{\Pi} \times \Lambda)$, $C^{\alpha,0}([0, T] \times \bar{m})$, $C^{\alpha,0}(\bar{\Pi} \times \Lambda)$ в $C^{\alpha,0}(\bar{\Pi} \times \Lambda)$ при $0 \leq \alpha < 1$, а классы функций $Z(\tilde{\Pi}; C(\Lambda))$, $Z(\bar{\Pi}; C(\Lambda))$ в $Z(\bar{\Pi}; C(\Lambda))$.

Остаётся доказать неравенство (27). Без ограничения общности можем полагать, что $\frac{\bar{\delta}_s}{\underline{\delta}} = \beta < 1$, поэтому, если $f \in C(\bar{\Pi} \times \Lambda)$, то

$$\begin{aligned}
\|Kf\|_{C(\bar{\Pi} \times \Lambda)} &= \frac{\bar{\delta}_s}{2\underline{\delta}} \int_0^1 \gamma(\mu, \mu') \int_0^x \frac{\delta}{\mu'} e^{\frac{-\delta(x-x')}{\mu'}} dx' d\mu' \cdot \|f\|_{C(\bar{\Pi} \times \Lambda)} + \\
&+ \frac{\bar{\delta}_s}{2\underline{\delta}} \int_{-1}^0 \gamma(\mu, \mu') d\mu' \int_x^H \frac{\delta}{|\mu'|} e^{\frac{-\delta(x'-x)}{|\mu'|}} dx' \cdot \|f\|_{C(\bar{\Pi} \times \Lambda)} \leq \beta \|f\|_{C(\bar{\Pi} \times \Lambda)}
\end{aligned}$$

Лемма доказана.

В силу лемм 2 - 4 и используя технику доказательства теоремы 1., нетрудно видеть, что верна

Теорема 1. Пусть выполнены условия $C_0^{\delta_s}$, C_0^δ , C_0^g и $\Phi \in C(\bar{G} \times \Omega)$, $f \in C(\bar{\Pi} \times \Omega)$, тогда существует единственное классическое решение задачи (1) - (4).

Список литературы / References

1. Аниконов Д.С. Об обратных задачах для уравнения переноса./ Аниконов Д.С. //Всесоюзный журнал, Дифференциальные уравнения, г.Минск, Т.10, №1, 1974, С.7-17.
2. Гермогенова Т. А. Локальные свойства решения уравнения переноса./ Гермогенова Т. А. –Москва, Наука, 1986. –272 с.
3. Сариев А.Д. Глобальная теорема об устойчивости решения обратных задач нестационарного уравнения переноса./ Сариев А.Д. // Республиканский журнал: Доклады АН РК, серия Физ-мат наук, №1, 2001г, С.16-21.
4. Султангазин У.М. Методы сферических гармоник и дискретных ординат в задачах кинетической теории переноса. / Султангазин У.М. В книге: Алма-Ата, Наука, 1979. –269 с.
5. Агошков В.И. О гладкости решений уравнения переноса и приближенных методах их построения, / Агошков В.И. В книге: Дифференциальные и интегро-дифференциальные уравнения – Новосибирск, 1977.-Выпуск- I. – С.44-58
6. Сариев А. Д. Об областях неопределённых производных высокого порядка от интеграла столкновений нестационарного уравнения переноса./ Сариев А. Д. В книге: По проблеме вычислительной математике и методы научных исследований: 2- Республиканская конференция. Алма-Ата, 1988., С. 19-22.

Список литературы на английском языке / Referen cesin English

1. Anikonov D.S. Ob obratnyh zadachah dlja uravnenija perenosa [On inverse problem for the transport equation]/ Anikonov D.S. //Vsesojuznyj zhurnal, Differencial'nye uravnenija, [Union journal Differential Equations]. g.Minsk, V.10, №1, 1974, P.7-17. [in Russian]
2. Germogenova T. A. Lokal'nye svojstva reshenija uravnenija perenosa. [Local properties solving the transport equation] / Germogenova T. A. –Moskva, Nauka, 1986. –272 p. [in Russian]
3. Sariev A.D. Global'naja teorema ob ustojchivosti reshenija obratnyh zadach nestacionarnogo uravnenija perenosa.[Global stability theorem for solving inverse problems of non-stationary transfer equation] / Sariev A.D. // Respublikanskij zhurnal: Doklady AN RK, [National Journal: Reports of the Republic of Kazakhstan] serija Fiz-mat nauk, №1, 2001g, P.16-21. [in Russian]
4. Sultangazin U.M. Metody sfericheskikh garmonik i diskretnykh ordinat v zadachah kineticheskoy teorii perenosa. [Methods of spherical harmonics and discrete ordinates in problems of the kinetic theory of transport] / Sultangazin U.M. V knige: Alma-Ata, Nauka, 1979. –269 p. [in Russian]
5. Agoshkov V.I. O gladdosti reshenij uravnenija perenosa i priblizhennyh metodah ih postroenija, [The smoothness of the transfer equation and approximate methods of constructing them]/ Agoshkov V.I. V knige: Differencial'nye i integro-differencial'nye uravnenija [In: Differential and integral-differential equations] – Novosibirsk, 1977.-Vypusk- I. – P.44-58 [in Russian]
6. Sariev A. D. Ob oblastjah neopredeljonnyh proizvodnyh vysokogo porjadka ot integrala stolknovenij nestacionarnogo uravnenija perenosa. [Domains indefinite-order derivatives of the collision integral non-stationary transfer equation]/ Sariev A. D. V knige: Po probleme vychislitel'noj matematike i metody nauchnyh issledovanij: 2- Respublikanskaja konferencija. [In the book: On the issue of computational mathematics and methods of research: 2 Republican Conference], Alma-Ata, 1988, P. 19-22. [in Russian]



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.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.001

Куркутов Е.О.

Кандидат химических наук,

Иркутский институт химии имени А. Е. Фаворского Сибирского отделения Российской академии наук

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований

(проект №16-33-00627)

СИНТЕЗ НОВЫХ СЕЛЕНОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПИРОКАТЕХИНА И СЕЛЕНА**Аннотация**

Разработана удобная методика получения 2-(аллилокси) фенола из пирокатехина и аллилбромид, позволяющая получить индивидуальный продукт с высокой чистотой. Изучена реакция дибромид селена с 2-(аллилокси)фенолом, приводящая к образованию линейного продукта присоединения по правилу Марковникова: бис[2-бром-3-(2-гидроксифенокси)пропил]селенида с выходом 97%. При действии основания (K_2CO_3) на это соединение образуется ряд продуктов, в том числе целевой ди(2,3-дигидро-1,4-бензодиоксин-2-илметил)селенид - результат внутримолекулярного замещения с образованием двух 2,3-дигидро-1,4-бензодиоксиновых циклов. Основным продуктом реакции является 2-(аллилокси)фенол, образующийся в результате элиминирования дибромид селена из бис[2-бром-3-(2-гидроксифенокси)пропил]селенида.

Ключевые слова: дибромид селена, 2-(аллилокси)фенол, пирокатехин, электрофильное присоединение, реакция селеноциклофункционализации.

Kurkutov E.O.

PhD in Chemistry,

A.E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research

(Project №16-33-00627)

THE SYNTHESIS OF NEW ORGANOSELENIUM COMPOUNDS BASED ON CATECHOL AND SELENIUM**Abstract**

Convenient method for preparation of 2-(allyloxy)phenol from catechol and allylbromide permitting to obtain the product in high purity has been developed. The reaction of selenium dibromide with 2-(allyloxy)phenol leading to the formation of linear Markovnikov product, bis[2-bromo-3-(2-hydroxyphenoxy)propyl]selenide in 97% yield has been studied. The action of a base (K_2CO_3) on this compound led to a number of products including the target compound bis(2,3-dihydro-1,4-benzodioxin-2-ylmethyl)selenide - the result of intramolecular substitution with the formation of two 2,3-dihydro-1,4-benzodioxine cycles. The major product is 2-(allyloxy)phenol as a result of elimination of selenium dibromide from bis[2-bromo-3-(2-hydroxyphenoxy)propyl]selenide.

Keywords: selenium dibromide, 2-(allyloxy)phenol, catechol, electrophilic addition, selenocyclofunctionalization reaction.

Введение

Дихлорид и дибромид селена - новые электрофильные реагенты органического синтеза, которые интенсивно изучаются в последнее время. Несмотря на то, что дихлорид и дибромид селена в растворах медленно диспропорционируют, реакции со свежеприготовленными диалогенидами селена протекают хемоселективно, приводя к селеноорганическим соединениям с высоким выходом. Реакции диалогенидов селена с алкенами приводят к образованию гетероциклических соединений и симметричных селенидов [1]. Хорошо известна и активно применяется в органическом синтезе реакция селеноциклофункционализации алкенов [2], заключающаяся в присоединении электрофильного реагента селена к алкену, содержащему нуклеофильную группу и последующему внутримолекулярному замещению с образованием цикла. Однако, большинство этих реагентов содержат арильную группу при атоме селена ($PhSeCl$, $PhSeBr$) и могут присоединять только одну молекулу алкена.

Мы впервые использовали дихлорид и дибромид селена в реакциях селеноциклофункционализации с алкенолами (пент-4-ен-1-олом и гекс-5-ен-1-олом) и 2-аллилфенолом, в результате которых нами получены с высокими выходами симметричные селениды, содержащие в своем составе два пяти- или шестичленных гетероцикла с атомом кислорода [3-5]. Установлено, что сначала происходит присоединение дибромид селена к двум молекулам алкена с образованием бисаддукта по правилу Марковникова, а затем идет внутримолекулярная циклизация, которая протекает быстрее и селективнее в присутствии таких оснований, как $NaHCO_3$, Na_2CO_3 , K_2CO_3 [4] (рис 1.).

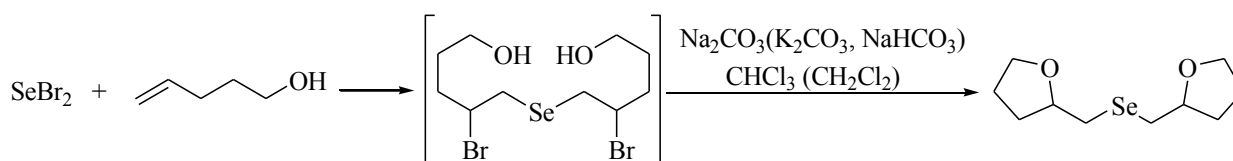


Рис. 1 – Схема образования бис(тетрагидрофуран-2-илметил)селенида

Однако, до настоящего времени в реакциях селеноциклофункционализации не использовались фенолы, содержащие аллилоксигруппу и способные привести к новым соединениям, содержащим 2,3-дигидро-1,4-

бензодиоксиновый гетероцикл с двумя атомами кислорода [2]. Сведения о реакции электрофильных селенсодержащих реагентов с 2-(аллилокси)фенолом в литературе отсутствуют.

Материалы и методы исследования

Дибромид селена синтезирован из элементарного селена и брома [1-4].

Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C регистрировали на приборе Bruker DPX-400 (рабочие частоты 400.13, и 100.61 МГц, соответственно) в CCl_4 , внутренний стандарт – ГМДС. Элементный анализ выполнен на приборе Thermo Finigan EA 1112.

Синтез 2-аллилоксифенола (1) и 1,2-бис(аллилокси)бензола (2). К раствору 11 г пирокатехина в 100 мл диметилсульфоксида добавили 6.6 г КОН и перемешивали при нагревании 70°C в течение 1 ч до полного растворения КОН. После охлаждения до комнатной температуры добавили 16 г аллилбромид в течение 1 ч и перемешивали 3 суток при комнатной температуре. Смесь разбавили водой (150 мл), экстрагировали гексаном (2 раза по 100 мл), и этилацетатом (3 раза по 50 мл). Экстракт этилацетата промывали водой (2 раза по 25 мл), сушили MgSO_4 , и отгоняли растворитель на ротонном испарителе. Остаток представляет собой соединение **1** массой 8.9 г. Выход 60%. Экстракт гексана сушили MgSO_4 , гексан отгоняли на ротонном испарителе. Остаток массой 3.4 г (выход 18%) представляет собой соединение **4**.

2-(Аллилокси)фенол (1) маслообразное вещество.

Спектр ЯМР ^1H δ , м.д.: 4.63 д (2H, CH_2), 5.34 (1H, $=\text{CH}_2$, $^3J_{\text{HH}(\text{цис})}=10.5$ Гц), 5.45 (1H, $=\text{CH}_2$, $^3J_{\text{HH}(\text{транс})}=17.4$ Гц), 5.65 с (1H, OH), 6.05-6.11 м (1H, $=\text{CH}$), 6.69-6.81 (4 H, аром.).

Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 69.80, 112.40 (CH, Ph), 114.80 (CH, Ph), 115.54 ($\text{CH}_2=$), 120.99 (CH, Ph), 121.71 (CH, Ph), 132.75 ($-\text{CH}=$), 145.50 (OC, Ph), 145.54 (OC, Ph).

1,2-Бис(аллилокси)бензол (2) Спектр ЯМР ^1H (400.13 МГц, CDCl_3 , δ , м.д.): 4.58 д (2H, CH_2), 5.30 (1H, $=\text{CH}_2$, $^3J_{\text{HH}(\text{цис})}=9.8$ Гц), 5.47 (1H, $=\text{CH}_2$, $^3J_{\text{HH}(\text{транс})}=17.4$ Гц), 6.07-6.14 м (1H, $=\text{CH}$), 6.69-6.89 (4 H, аром.).

Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 69.68, 116.05, 118.80, 123.15, 132.84, 145.60.

Бис[2-бром-3-(2-гидроксифенокси)пропил]селенид (3). Раствор дибромид селена [получен из элементарного селена (0.084 г, 1.1 ммоль) и брома (0.172 г, 1.1 ммоль) [1-4]] в 5 мл CCl_4 добавили по каплям к раствору 2-(аллилокси)фенола (0.33 г, 2.2 ммоль) в 5 мл CCl_4 в течение 1 ч и перемешивали 16 ч при комнатной температуре. Смесь фильтровали, растворитель отогнали на ротонном испарителе, остаток сушили в вакууме. Выход 0.575 г (97%).

Спектр ЯМР ^1H δ , м.д.: 3.28-3.23 м (4H, CH_2Se), 4.14-4.42 м (6H, CH_2O , CHBr), 5.89 уш. с (2H, OH), 6.79-6.93 м (8H, Ph).

Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 29.97, 30.11 (CH_2Se), 49.55 (CHBr), 72.04 (CH_2O), 115.67, 120.60, 121.30, 143.74, 145.06.

Найдено, %: C 39.89; H 3.70; Se 14.82. $\text{C}_8\text{H}_{14}\text{O}_4\text{Se}$. Вычислено, %: C 40.10, H 3.74, Se 14.65.

Ди(2,3-дигидро-1,4-бензодиоксин-2-илметил)селенид (4).

Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 2.72-2.91 м (4H, CH_2Se), 3.76-3.81 м (2H, CH_2O), 4.30-4.51 м (4H, CH_2O , CHO), 6.60-6.81 м (8H, Ph).

Результаты и обсуждение

Известен метод получения 2-(аллилокси)фенола (**1**) путем взаимодействия пирокатехина и свежеперегнанного бромистого аллила в присутствии КОН. Однако, этот способ имеет существенный недостаток, так как соединение **1** не было получено в индивидуальном виде. Это связано с тем, что наряду с соединением **1** образуется 1,2-бис(аллилокси)бензол (**2**). Мы усовершенствовали методику получения соединения **1** из пирокатехина и аллилбромид, которая позволяет получить индивидуальный 2-(аллилокси)фенол с высокой чистотой.

Реакция пирокатехина с аллилбромидом приводит к образованию соответствующих моноаддукта **1** и диаддукта **2**, процесс протекает при комнатной температуре в ДМСО (рис. 2).

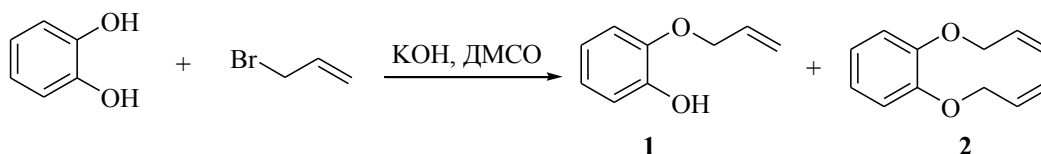


Рис. 2 – Схема реакции пирокатехина с аллилбромидом

Нами разработана удобная методика получения индивидуальных моно- и диаддуктов **1** и **2**, которая заключается в разбавлении реакционной массы водой и экстракции сначала гексаном (экстрагируется чистый диаддукт **2**), а затем этилацетатом извлекается моноаддукт **1** с выходом 60%. Экстракт гексана содержит чистый продукт **2** (выход 18%).

Соединение **1** представляет интерес поскольку имеют нуклеофильную гидроксигруппу и может быть использовано в реакции селеноциклофункционализации с дигалогенидами селена.

Нами изучена реакция дибромид селена с фенолом **1**. Установлено, что реакция протекает с высокой региоселективностью и приводит к образованию продукта присоединения дибромид селена по правилу Марковникова - бис[2-бром-3-(2-гидроксифенокси)пропил]селениду **3** (рис. 3). Соединение **3** является ранее неизвестным, его строение доказано с помощью ^1H и ^{13}C ЯМР спектроскопии, и подтверждено данными элементного анализа.

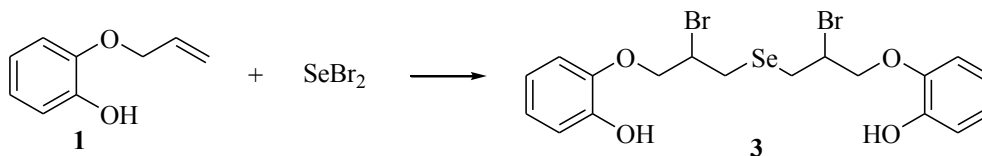


Рис. 3 – Схема реакции дибромида селена с 2-(аллилокси)фенолом

Полученный селенид **3** является достаточно стабильным и ожидаемая внутримолекулярная циклизация не происходит даже в присутствии NaHCO_3 (в растворе CHCl_3 или CCl_4). При взаимодействии с более сильными основаниями, такими как K_2CO_3 , наблюдается образование многокомпонентной смеси, основным продуктом которой является фенол **1**, образующийся в результате элиминирования дибромида селена. Ди(2,3-дигидро-1,4-бензодиоксин-2-илметил)селенид – результат внутримолекулярного замещения с образованием двух 2,3-дигидро-1,4-бензодиоксиновых циклов, обнаружен в реакционной смеси (выход около 5%) и охарактеризован с помощью ^1H ЯМР (рис. 4).

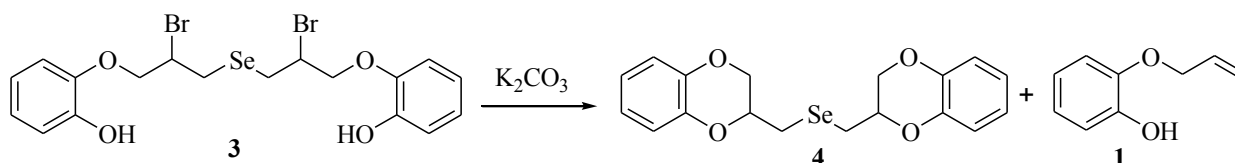


Рис. 4 – Схема реакции бис[2-бром-3-(2-гидроксифенокси)пропил]селенида с карбонатом калия

Предполагаемый путь образования фенола **1** можно объяснить следующей схемой (рис. 5).

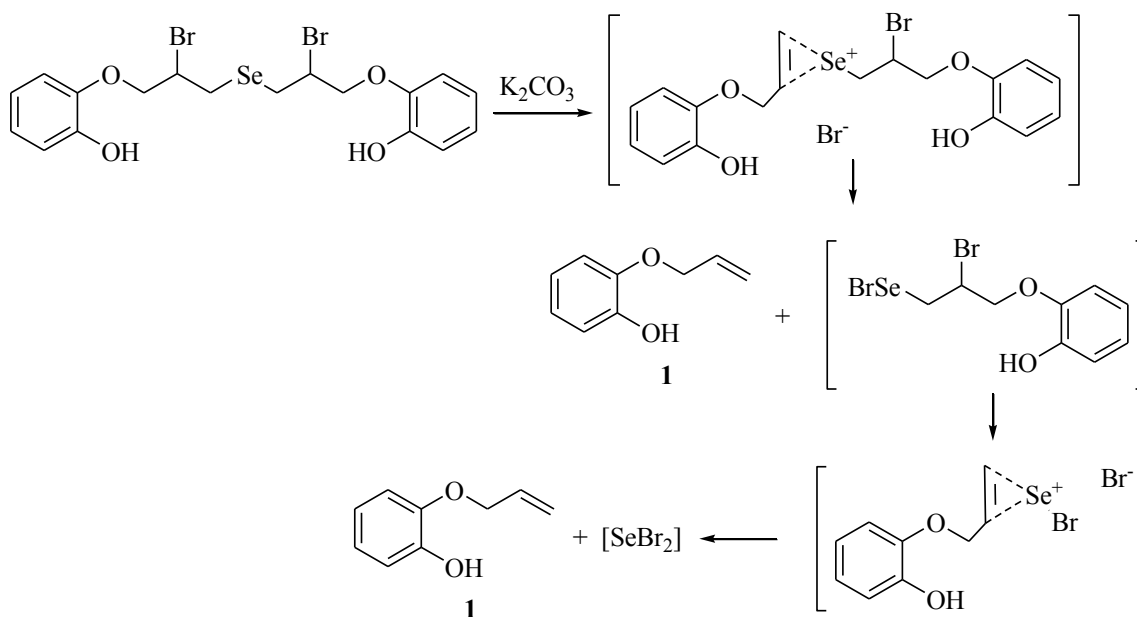


Рис. 5 – Предполагаемый путь образования 2-(аллилокси)фенола

Список литературы / References

1. Potapov V. A. Reactions of selenium dichloride and dibromide with divinyl sulfone: synthesis of novel four- and five-membered selenium heterocycles/ V. A. Potapov, E. O. Kurkutov, M. V. Musalov, S. V. Amosova // *Tetrahedron Letters*. – 2010. – Vol. 51., No 40. – P. 5258-5261.
2. Petragnani N. Recent advances in selenocyclofunctionalization reactions/ N. Petragnani, H. A. Stefani, C. Valduga // *Tetrahedron*. – 2001. – Vol. 57. – P. 1411.
3. Мусалов М. В., Региоселективный синтез бис[(2,3-дигидро-1-бензофуран-2-ил)метил]селенида / М. В. Мусалов, В. А. Потапов, М. В. Мусалова и др. // *Журнал органической химии*. – 2014. – Т. 50, № 11. – С. 1712-1713.
4. Потапов В. А. Синтез функциональных селеноорганических соединений на основе реакции гетероциклизации дигалогенидов селена с пент-4-ен-1-олом / В. А. Потапов, М. В. Мусалов, Е. О. Куркутов и др. // *Журнал органической химии* - 2016. - Т. 50, № 3. - С. 360-363.
5. Потапов В. А. Эффективный метод синтеза бис(тетрагидро-2H-пиран-2-илметил)селенида / В. А. Потапов, Е. О. Куркутов, М. В. Мусалов и др. // *Известия АН Серия химическая* - 2015. - № 12. - С. 2973.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Potapov V.A. Reactions of selenium dichloride and dibromide with divinyl sulfone: synthesis of novel four- and five-membered selenium heterocycles/ V.A. Potapov, E.O. Kurkutov, M.V. Musalov, S.V. Amosova // *Tetrahedron Letters*. – 2010. – Vol. 51., No 40. – P. 5258-5261.

2. Petraghani N. Recent advances in selenocyclofunctionalization reactions/ N. Petraghani, H. A. Stefani, C. Valduga // Tetrahedron. - 2001. - Vol. 57. - P. 1411.
3. Musalov M. V., Regioselektivnyj sintez bis[(2,3-digidro-1-benzofuran-2-il)metil]selenida [Regioselective Synthesis of Bis[(2,3-dihydro-1-benzofuran-2-yl)methyl]selenide]/ M. V. Musalov, V. A. Potapov, M. V. Musalova and others // Zhurnal organicheskoy himii [Journal of Organic Chemistry]. - 2014. - Vol. 50. - No. 11, P. 1712–1713. [in Russian]
4. Potapov V. A. Sintez funkcional'nyh selenoorganicheskikh soedinenij na osnove reakcii geterociklizacii digalogenidov selena s pent-4-en-1-olom [Synthesis of New Functionalized Organoselenium Compounds by Heterocyclization of Selenium Dihalides with Pent-4-en-1-ol] / V. A. Potapov, M. V. Musalov, E.O. Kurkutov and others. // Zhurnal organicheskoy himii [Journal of Organic Chemistry]. - 2016. - Vol. 50. - № 11. - P. 360-363. [in Russian]
5. Potapov V. A. Jeffektivnyj metod sinteza bis(tetragidro-2H-piran-2-ilmetil)selenida [Efficient Method for The Synthesis bis(tetrahydro-2H-pyran-2-ylmethyl)selenide] / V. A. Potapov, E. O. Kurkutov, M. V. Musalov and others // Izvestija Akademii Nauk Serija Himicheskaja [Bulletin of Academy of Sciences. Chemical Series]. - 2015. - № 12. - P. 2973. [in Russian]

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.077

Зеньков С.А.

ORCID: 0000-0002-4948-0223, Кандидат технических наук, доцент,
Братский государственный университет

ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ АДГЕЗИИ ГРУНТОВ К РАБОЧИМ ОРГАНАМ МАШИН

Аннотация

В данной статье приведены показатели эффективности применения устройств внешнего воздействия, влияющих на процесс налипания почво грунтов к рабочим органам сельскохозяйственных машин. Проведена экспериментальная работа, в результате которой представлена графическая интерпретация удельной энергоемкости процесса сдвига почвогрунта по металлической поверхности от температуры в плоскости сдвига. Сделаны выводы о целесообразности применения устройств внешнего воздействия для снижения адгезии почвогрунтов к рабочим органам сельскохозяйственных машин.

Ключевые слова: адгезия, почвогрунт, удельная энергоемкость, внешнее воздействие, сельскохозяйственная машина.

Zenkov S.A.

ORCID: 0000-0002-4948-0223, PhD in Engineering, Associate professor,
Bratsk State University

PERFORMANCE INDICATORS OF EQUIPMENT FOR EXPOSURE TO REDUCE THE SOIL ADHESION TO WORKING BODIES OF MACHINES

Abstract

This article shows the efficiency of application devices of external influence, affecting the process of adhesion of soil to the working bodies of agricultural machines. The experimental work, which resulted in the presented graphical interpretation of specific energy shift process Soils metal surface temperature in the shear plane. The conclusions about the appropriateness of the equipment to reduce the impact of external adhesion of soil to the working bodies of agricultural machines.

Keywords: adhesion, soils, energy intensity, external action, agricultural machine.

Введение. Причиной снижения производительности сельскохозяйственных машин при разработке и транспортировке влажных почвогрунтов и материалов является увеличение адгезии и трения при копании, выгрузке, перемещении и планировке. Адгезионные явления вызывают резкое увеличение сил трения, которые составляют 30-60% тягового усилия [1]. Поэтому в последнее время проблеме борьбы с прилипанием и примерзанием почвогрунта к рабочим органам сельскохозяйственных машин уделяется большое внимание как в России, так и за рубежом [2,3].

Существующие методы снижения трения и прилипания можно разделить на четыре группы. Методы первой группы сводятся к созданию на границе контакта промежуточного слоя, который может служить экраном для молекулярного взаимодействия фаз и должен обладать малым когезионным или адгезионным взаимодействием. Ко второй группе относятся методы, способствующие ослаблению адгезионных связей вследствие внешнего воздействия и приводящие к изменению свойств поверхностных слоев и фаз. К третьей группе относятся конструктивно-технологические и механические способы. Четвертая группа - это совместное комбинирование методов снижения адгезии [4].

К внешним воздействиям относятся тепловое, вибрационное, электромагнитное. Тепловое воздействие широко используется главным образом для снижения примерзания. Вибрационное воздействие способствует разрушению адгезионных связей, снижает коэффициент трения и приводит к тиксотропным превращениям контактного слоя и связанным с этим трансформациям грунтовой влаги (переходу связанной воды в свободную). Поскольку большинство существующих методов снижения адгезии эффективно в узком диапазоне изменения влажности почвогрунтов, наиболее перспективным является комбинированный метод. Комбинация теплового и вибрационного воздействий

снижает адгезионные силы в 3...3,5 раза, коэффициент трения суглинка по стали в 2,5 ... 4 раза и эффективна практически во всем диапазоне изменения свойств и состояния почвогрунтов ($0 < J_L < 0,9$).

Материалы и методы. Одним из критериев оценки эффективности работы устройств внешнего воздействия является показатель его удельной энергоёмкости. Удельная энергоёмкость процесса сдвига почвогрунта по металлической поверхности рабочего органа при смерзании определяется следующим выражением [1]:

$$N_{уд} = \frac{N_{СУММ}}{S_{СДВ}}, \quad (1)$$

где $N_{СУММ}$ – суммарные затраты мощности устройств внешнего воздействия, затрачиваемая на процесс сдвига почвогрунта по поверхности скольжения, кВт;

$S_{СДВ}$ – площадь сдвигаемого образца почвогрунта, м².

Суммарные затраты мощности устройств внешнего воздействия на процесс сдвига почвогрунта по поверхности скольжения при тепловом воздействии:

$$N_{ТЕПЛ} = N_{Н.Э.} \cdot K_B + N_{СДВ}, \quad (2)$$

где $N_{Н.Э.}$ – мощность нагревательных элементов устройств внешнего воздействия, кВт (рис.1);

K_B – коэффициент, учитывающий эффективное время работы нагревательных элементов устройств внешнего воздействия;

$N_{СДВ}$ – мощность, затрачиваемая на сдвиг образца почвогрунта, кВт.

$$N_{СДВ} = \frac{A}{t} = \frac{P_C \cdot L}{t}, \quad (3)$$

где A – работа, затрачиваемая на сдвиг образца почвогрунта, кДж;

t – продолжительность сдвига образца почвогрунта, с;

P_C – сопротивление сдвигу образца почвогрунта при соответствующем воздействии (по результатам эксперимента [2-4]), кН;

L – перемещение образца почвогрунта, м.

Суммарные затраты мощности устройств внешнего воздействия на процесс сдвига почвогрунта по поверхности скольжения при комбинированном (вибротепловом) воздействии:

$$N_{ТАВ} = N_{ТИ} \cdot K_B + N_{ИС} + N_{СДВ}, \quad (4)$$

где $N_{ТИ}$ – суммарная мощность вибротепловых устройств внешнего воздействия, кВт;

$N_{ИС}$ – мощность источника (генератора) вибротепловых (ультразвуковых) колебаний, кВт.

Суммарные затраты мощности устройств внешнего воздействия на процесс сдвига почвогрунта по поверхности скольжения при акустическом (частота вибрации более 1000 Гц) воздействии:

$$N_{АВ} = N_{АИ} \cdot K_B + N_{ИС} + N_{СДВ}, \quad (5)$$

где $N_{АИ}$ – мощность акустического излучателя, кВт.

Суммарные затраты мощности устройств внешнего воздействия на процесс сдвига почвогрунта по поверхности скольжения при вибрационном низкочастотном воздействии:

$$N_{ВН} = N_{ВВ} \cdot K_B + N_{СДВ}, \quad (6)$$

где $N_{ВВ}$ – мощность привода вибрационных возбудителей колебаний, кВт.

Результаты. Результаты расчетов удельной энергоёмкости процесса сдвига почвогрунта по металлической поверхности скольжения от температуры в плоскости сдвига представлены в виде графиков зависимостей $N_{УД} = f(T)$ на рис. 1-2. Анализ полученных зависимостей показал, что удельная энергоёмкость процесса сдвига почвогрунта при комбинированном (вибротепловом) воздействии на 10...15% меньше удельной энергоёмкости при тепловом воздействии, а при температуре в плоскости сдвига меньше -5°C на 45...80% меньше удельной энергоёмкости процесса сдвига без внешнего воздействия.

Экономическая эффективность новых устройств и машин максимальна при:

$$Z_v'' = \frac{I - Z_K \cdot (E_H + P)}{B''} \rightarrow \min, \quad (7)$$

где I – годовые текущие затраты потребителя без учета отчислений на реновацию техники, руб.; Z_K – капитальные затраты, связанные с производством, доставкой и монтажом техники, руб.; E_H – нормативный коэффициент эффективности; P – доля отчислений на реновацию от капитальных затрат; B'' – годовая эксплуатационная производительность новых устройств и машин.

Годовые текущие затраты потребителя новых устройств и машин без учета отчислений на реновацию определяются:

$$I = Z_{ЗП} + Z_{КР} + Z_{ЭР} + Z_T + Z_{МГ} + Z_{ПБ}, \quad (8)$$

где $Z_{ЗП}$ – заработная плата водителя-оператора, руб.; $Z_{КР}$ – затраты на капитальный ремонт, руб.; $Z_{ЭР}$ – затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание, руб.; Z_T – затраты на топливо и смазочные материалы, руб.; $Z_{МГ}$ – затраты на масло для гидросистемы, руб.; $Z_{ПБ}$ – затраты на перебазировки машин, руб.

Годовая эксплуатационная производительность новых устройств и машин рассчитывается по формуле:

$$B'' = b_{ЭЧ} \cdot k_{ПР} \cdot T_{Г}, \quad (9)$$

где $b_{ЭЧ}$ – эксплуатационная часовая производительность новых устройств и машин, ед.прод./машино-час.;

$k_{ПР}$ – коэффициент, учитывающий простои в работе, не учтенные в часовой эксплуатационной производительности, $k_{ПР} = 0,78$; $T_{Г}$ – количество машино-часов работы в году, машино-час.

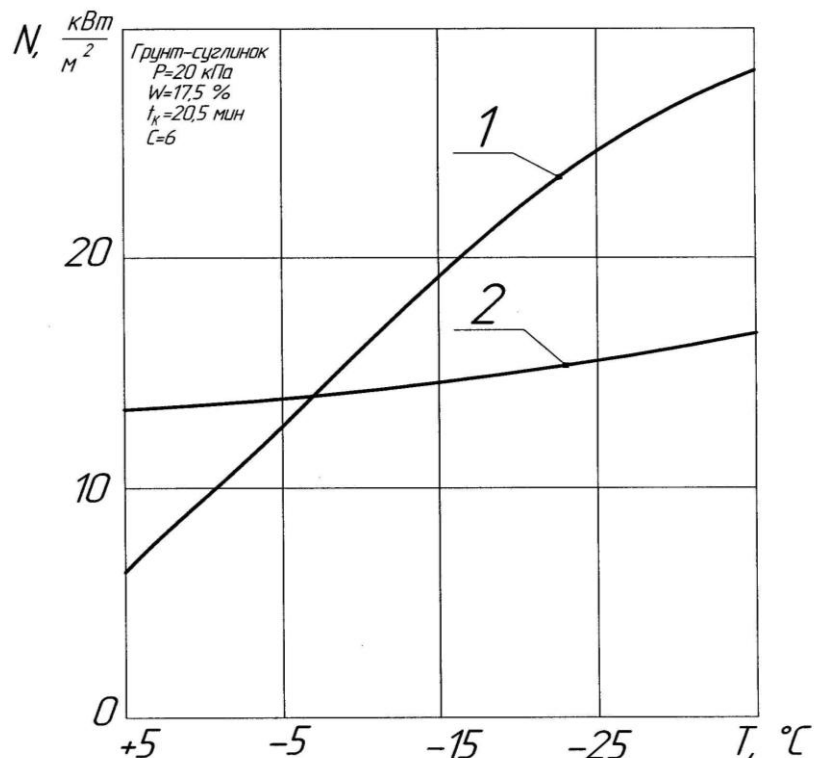


Рис. 1 – Зависимость удельной энергоемкости процесса сдвига грунта по металлической поверхности скольжения от температуры в плоскости сдвига: 1 – без внешнего воздействия; 2 – при тепловом воздействии ($T=85^{\circ}\text{C}$; $t_{ВОЗД}=26\text{ с}$)

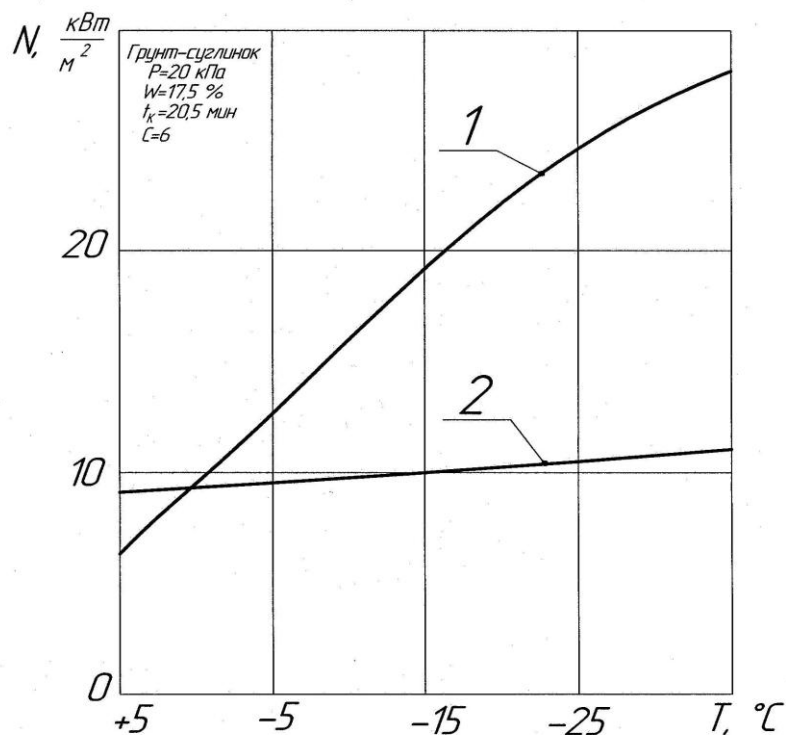


Рис. 2 – Зависимость удельной энергоемкости процесса сдвига почвогрунта по металлической поверхности скольжения от температуры в плоскости сдвига: 1 – без внешнего воздействия; 2 – при комбинированном (вибротепловом) воздействии ($F=21,8\text{ МГц}$; $A=0,005\text{ мм}$; $T=20^{\circ}\text{C}$; $t_{ВОЗД}=15\text{ с}$)

Часовая эксплуатационная производительность машины определяется:

$$b_{\text{эч}} = B_{\text{тч}} \cdot k_T, \quad (10)$$

где ВТЧ – часовая техническая производительность машины, ед.прод./час; k_T – коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной.

Часовая техническая производительность характеризует наивысшую производительность устройств и машин за один час непрерывной работы, которая может быть достигнута в конкретных условиях.

Выводы. Проведенные исследования показали, что техническая производительность сельскохозяйственных машин с устройством внешнего воздействия для снижения адгезии почвогрунтов при работе на влажных почвогрунтах при отрицательной температуре в 1,2...1,4 раза больше, чем у сельскохозяйственных машин, не оборудованных подобным устройством, т.е. экономический эффект от их внедрения обусловлен повышением производительности.

Список литературы / References

1. Science and Education [Text]: materials of the II international research and practice conference, Vol. I, Munich, December 18th-19th, 2012 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany, 2012 – 650 p.
2. Зеньков С.А. Методика расчета оборудования с акустическим воздействием для снижения адгезии грунтов к ковшам экскаваторов // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2006. № 2-1 (26). С. 67-72.
3. Зеньков С.А., Товмасын Э.С. Математическая модель для определения параметров оборудования высокочастотного действия при проектировании ковшей экскаваторов // Современные проблемы теории машин. 2014. № 2. С. 41-44.
4. Зеньков С.А., Игнатьев К.А. Влияние ультразвукового воздействия на адгезию грунтов к рабочим органам землеройных машин. // Системы. Методы. Технологии. 2012. №2. С. 43-45

Список литературы на английском языке / References in English

1. Science and Education [Text] : materials of the II international research and practice conference, Vol. I, Munich, December 18th-19th, 2012 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany, 2012 – 650 p.
2. Zen'kov S.A. Metodika rascheta oborudovaniya s akusticheskim vozdejstviem dlj asnizhenija adgezii gruntov k kovshamj ekskavatorov [Method of calculation of the equipment with acoustic influence for decrease in adhesion of soil to buckets of excavators] // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta [Bulletin of the Irkutsk state technical university]. 2006. T. 26. № 2-1. S. 67-72.[in Russian]
3. Zen'kov S.A., TovmasjanJe.S. Matematicheskaja model' dlja opredelenija parametrov oborudovaniya vysokochastotnogo dejstvija pri projektirovanii kovshej ekskavatorov [Mathematical model for determination of parameters of the equipment of high-frequency action at design of buckets of excavators] // Sovremennye problem teorii mashin [Modern problems of the theory of cars]. 2014. № 2. S. 41-44.[in Russian]
4. Zen'kov S.A., Ignat'ev K.A. Vlijanie ul'trazvukovogo vozdejstvija na adgeziju gruntov k rabochim organam zemlerojnyh mashin [Influence of ultrasonic impact on adhesion of soil to working bodies of digging cars] // Sistemy. Metody. Tehnologii [Systems. Methods. Technologies]. 2012. №2. S. 43-45. [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: 10.23670/IRJ.2017.55.183

Красильников В.Н.¹, Гаврилюк И.П.², Баталова Г.А.³, Афонин Д.В.⁴, Попов В.С.⁵, Сергеева С.С.⁶,
Лоскутов И.Г.⁷, Губарева Н.К.⁸¹Доктор технических наук, Профессор, Высшая школа биотехнологии и пищевых технологий,²Доктор биологических наук, Профессор, Всероссийский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова,³ORCID: 0000-0002-3491-499X, Доктор с.-х. наук, Профессор,

Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

⁴Пивоваренная компания «Балтика»,⁵ORCID: 0000-0003-3274-7662, Кандидат технических наук, Высшая школа биотехнологии и пищевых технологий,⁶Аспирант, Высшая школа биотехнологии и пищевых технологий,⁷ORCID 0000-0002-9250-7225, Доктор биологических наук, Профессор,

Всероссийский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова,

⁸Всероссийский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова**ПИЩЕВЫЕ ВОЛОКНА И АВЕНИНЫ ЗЕРНА ГОЛОЗЁРНЫХ СОРТОВ ОВСА НОВОЙ СЕЛЕКЦИИ****Аннотация**

Исследованы некрахмальные полисахариды (β -глюканы и арабиноксиланы) зерна 15 перспективных и двух районированных сортов голозёрного овса, а также одного широко распространённого районированного плёчатого сорта. Установлена положительная корреляция и соотношение между β -глюканами и арабиноксиланами овса, выделены сорта с высоким содержанием этих компонентов. В проламинавой фракции белков выявлено 11 типов спектров, различающихся по составу компонентов во фракциях α - и β -авенинов. α -авенины, наиболее токсичные при целиакии, у большинства голозерных сортов состоят из небольшого числа слабых компонентов, и представляется перспективным исследовать токсичность этих сортов в реакции с сыворотками больных целиакией. Выполненные исследования представляют непосредственный интерес с точки зрения пищевой инженерии продуктов функционального и специализированного назначения.

Ключевые слова: голозёрный овёс, авенин, функциональные продукты, некрахмальные полисахариды, β -глюканы, арабиноксиланы.

Krasilnikov V.N.¹, Gavriluk I.P.², Batalova G.A.³, Afonin D.V.⁴, Popov V.S.⁵, Sergeyeva S.S.⁶,
Loskutov I.G.⁷, Gubareva N.K.⁸¹PhD in Engineering, Professor, Graduate School of Biotechnology and Food Science,²PhD in Biology, Professor, Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,³ORCID: 0000-0002-3491-499X, PhD in Agriculture, Professor, Vятка State Agricultural Academy,⁴Baltika Breweries,⁵ORCID: 0000-0003-3274-7662, PhD in Engineering, Graduate School of Biotechnology and Food Science,⁶Postgraduate student, Graduate School of Biotechnology and Food Science,⁷ORCID: 0000-0002-9250-7225, PhD in Biology, Professor, Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,⁸Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources**DIETARY FIBERS AND AVENINS IN GRAIN OF THE NEWLY BRED NAKED OAT CULTIVARS****Abstract**

Non-starch polysaccharides (β -glycans and arabinoxylans) of fifteen new and two commercially cultivated naked oat cultivars, as well as one hulled oat cultivar were studied. A strong correlation and ratio between the content of arabinoxylans and that of β -glucans have been determined. Cultivars with an increased content of these components have been selected. The studied cultivars demonstrated 11 electrophoretic banding patterns differing in α - and β -avenin fractions. In most naked oat cultivars were revealed several weak bands of α -avenin that are the most celiac-toxic peptides. It seems to be promising to assess toxicity of these cultivars from their reaction with celiac patients' sera. The performed research is of immediate interest from the point of view of engineering functional and special purpose foods.

Keywords: naked oat, avenin, functional foods, non-starch polysaccharides, β -glucans, arabinoxylans.

Introduction

Popularity of the concept of functional foods has sharply increased in the last 10-15 years. The concept opens broad horizons for the food industry in terms of designing new added-value foods that may promote human health.

An important ingredient of such foods and diets are dietary fibers. They significantly influence various physiological processes and facilitate prevention and treatment of such diseases of our civilization as diabetes, obesity, osteoporosis, atherosclerosis and hypertension.

According to the European Food Safety Authority, the term "dietary fibers" refers to polysaccharides (carbohydrate polymers) consisting of three or more monomers (monoses) which are not digested or absorbed by small intestines and contain one or more

- polysaccharides occurring in natural foods;

- polysaccharides separated from the edible raw material by physical, enzymatic or chemical methods and proved by the accepted scientific methods to have positive physiological effects [1, 2].

The most common natural sources of dietary fiber are cereals that contain a unique combination of soluble and non-soluble dietary fibers, as well as polysaccharides combined with the low-molecular biologically active substances. Oat is an excellent source of dietary fiber [10, 7].

The non-starch polysaccharides of oat and other cereals consist of homopolysaccharides (hemicelluloses) and heteropolysaccharides (pentosanes). The most common representatives of the first group are β -glucans, while those of the second group are arabinoxylans.

β -glucans are composed mostly of the repeated cellotriosyl and cellotetraosyl units divided by simple β -(1,3)-linkages or by the consecutive β -(1,4)-linkages bound by glucose residues. Reviews of chemical and physiological properties of β -glucans are presented in [3, 13].

Cereal arabinoxylans have the main polymeric chain composed of the β -(1,3)-linked D-xylopyranosyl residues. The xylose links can be etherified with the α -L- arabinofuranose residues in the positions C(0)-3 and/or C(0)-2. An important structural parameter is the degree of arabinoxylan saturation which is characterized by the arabinose/xylose ratio [15]. The water-soluble and insoluble polysaccharides are distinguished.

Physiological and technological features of dietary fibers are determined by their colloid chemical properties, namely swelling and water-retaining capacity, solubility and interaction with other food system components. The majority of soluble fibers produce viscous and gel structures [16, 17]. The insoluble fibers are characterized by high water-retaining capacity. These parameters should be studied in order to design and engineer food products with a specified composition. The non-starch polysaccharides content and composition are defined by a cereal genotype and by phenotypic factors.

The aim of present research was studying chemical composition of the non-starch polysaccharides from grain of the national naked oat cultivars.

Material and methods

Fifteen new and two commercially cultivated (Vyatsky and Persheron) naked oat cultivars, as well as one hulled oat cultivar Skakun have been selected for the research. The 100 seeds weight and the grain volume weight were used as the morphological characters of grain (Table 1).

Table 1 – Naked oat cultivars from competitive tests at the Northeast Agricultural Research Institute, Kirov town, harvested in 2014

No.	Cultivar	Origin (parental forms)	1000 seeds weight, g	Grain volume weight, g/L
1	3h10	(Torch x Petra) x Tyumensky Golozerny	26.3	670
2	9h09	Lotta A x I-2380	26.6	632
3	7h12o	(Torch x Petra) x Tyumensky Golozerny	26.2	667
4	2h10	Torch x Freya	26.7	662
5	1h07	к-2108 Pushkinsky Golozerny	27.2	654
6	407h06	Mozart x E-1643	29.3	653
7	857h05	OA-503-1 x Tyumensky Golozerny	26.4	682
8	766h05	Borys x Mozart	28.3	663
9	683h05	Freya x Torch	27.5	651
10	668h05	Torch x Freya	27.5	657
11	735h05	Petra x Torch	28.8	654
12	41h04	Faust x Mernime	25.9	654
13	629h09	Vandrovnik x Vyatsky	26.3	686
14	17h12o	Sallust x (E-1643 x Torch)	26.3	688
15	8h12o	Vyatsky x Vandrovnik	27.0	671
16	Vyatsky	(OS) PR 1, Lot No.2	27.2	670
17	Persheron	(OC) PR 1, Lot No 1	26.1	666
18	Skakun	Hulled cv. Skakun, k-13780	36.2	460

- The content of β -glucan in grain was determined using AACC 32-23. The crushed grain was suspended in the pH 6.5 buffer solution and incubated with the purified lichenase enzyme, and then the aliquot part of the filtrate was treated with β -glucosidase. Glucose was determined using the glucose oxidase/pxoxydase reagent.

- The content of arabinoxylan and prolamin was determined by infrared reflectance spectra using OMNIC software (Sigma Biological Sample Library).

- The acid-polyacrylamide gel electrophoresis was used to determine the composition of prolamins.

Results

The data on the content of non-starch polysaccharides in grain of the newly bred oat cultivars are presented in Table 2.

Table 2 – Non-starch polysaccharides in oat cultivars and hybrids

No.	Cutlivar	β -glucans, %	Arabinoxylans, %	Total, %
1	3h10	3.4	7.4	10.8
2	9h09	3.7	7.9	11.6
3	7h12o	3.5	7.2	10.7
4	2h10	3.6	7.5	11.1
5	1h07	3.6	7.0	10.6
6	407h06	3.5	7.7	11.2
7	857h06	3.0	5.6	8.6
8	766h05	3.0	5.1	8.1
9	683h05	3.2	5.6	8.8
10	668h05	3.2	5.2	8.4
11	735h05	3.3	5.5	8.8
12	41h04	3.3	5.8	9.1
13	629h09	3.4	6.3	9.7
14	17h12o	3.3	6.3	9.6
15	8h12o	3.4	6.3	9.7
16	Vyatsky	3.5	6.2	9.7
17	Persheron	3.4	6.2	9.6
18	Skakun	3.2	5.2	8.4

It is obvious from the presented data that the average content of β -glucans in the studied cultivars was $3.4 \pm 0.2\%$, while that of arabinoxylan was $6.4 \pm 0.6\%$.

The range of β -glucan values variation is similar to those cited in literature sources for other oat types [8, 9, 14]. It should be noted that the average content of arabinoxylans in grain of the studied cultivars is approximately twice higher than that of β -glucans. It is also characteristic of other cereal crops (Table 3).

Table 3 – The content of β -glucans and arabinoxylans in different cereal crops ^(a)

Cereal crops	β -glucans, %	Arabinoxylans, %
Wheat	0.7	6.7
Rye	1.9	8.5
Barley	4.4	6.1
Oat ^(b)	3.4	6.4

Notes: ^(a) Aman, Hesselman [4], ^(b) own data

The studied cultivars may be subdivided into three groups, that is, of cultivars with an increased content of arabinoxylans (7.0 – 7.7%, No.No. 1-6), of cultivars with a low content of arabinoxylans (5.1 – 5.8%, No.No. 7-12), and of those with a medium content of this polysaccharide (6.2 – 6.3%, No.No. 13-17).

All of the 17 studied naked oat cultivars have demonstrated a strong correlation between the content of arabinoxylans and that of β -glucans, $R=0.85$ (Fig. 1).

Such a correlation evidences, first, that the pentose phosphate and glycolytic cycles conjugate to some extent, and second, that the pentose phosphate cycle has a priority in the case with naked oats.

No stable correlation has been found to exist between such characters as the 1000 seeds weight, grain volume weight and the content of non-starch polysaccharids in grain. These findings are in agreement with the data from [11, 12].

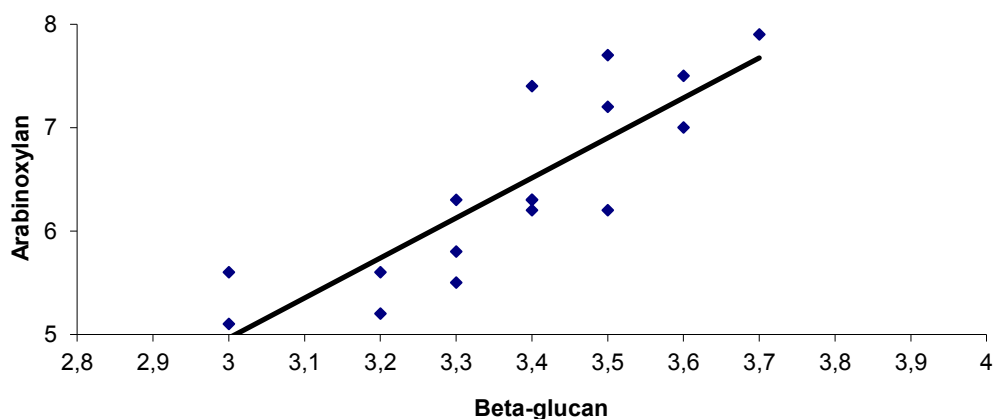


Fig. 1 – The dependence of arabinoxylans content in grain of naked oat cultivars on that of β -glucans

The performed research is of immediate interest from the point of view of engineering functional and special purpose foods. It may be interesting to investigate possibilities of using the benefits of arabinoxylans in producing grain ingredients with a new health improving potential.

Such ingredients may be represented by the modified soluble dietary fibers and the prebiotic oligosaccharides.

Another direction of research is the study of rheological properties of arabinoxylans that is directly related to the oat processing technology, in particular, to the technology of flour products manufacturing on the basis of these properties, to the regulation of viscous and elastic properties of dough and textural characteristics of the end products. It has been mentioned above that aqueous dispersions of arabinoxylans have a high potential for producing viscous dispersions and gel-forming structures, while the insoluble arabinoxylans are characterized by a high water-retaining capacity [5, 6].

Characterization of the prolamin fraction is of special importance for the use of oat in the production of functional and special purpose foods because the antigenic components of prolamins (epitopes) provoke disruption of the functional activity of the human immunity system. The present research was confined to determining the total avenins (oat prolamins) in grain of the studied cultivars (Table 4) and to determining composition the avenin fraction by electrophoresis (Fig. 2). The average content of this protein fraction was found to equal $1.6 \pm 0.2\%$, it being quite similar in the studied cultivars.

Table 4 – Prolamins and types of prolamin banding patterns in oat cultivars and hybrids

No	CUTLIVAR	Prolamins, %	Types of avenin electrophoretic banding patterns, %											
			1	2	3	4a	4b	5	6	7	8	9	10	11
1	3h10	1.8		30						70				
2	9h09	1.7		100										
3	7h12o	1.8			100									
4	2h10	1.5		85						15				
5	1h07	1.6	16					84						
6	407h06	1.3	15					15	70					
7	857h06	1.3			20	80								
8	766h05	1.2							100					
9	683h05	1.3	50					20	30					
10	668h05	1.2		100										
11	735h05	1.5							100					
12	41h04	1.6									90	10		
13	629h09	1.8		15			15			70				
14	17h12o	1.9	100											
15	8h12o	1.7							100					
16	Vyatsky	1.8	100											
17	Persheron	1.9	100											
18	Skakun	1.6											70	30

Like in wheat, prolamins are represented in most cereals by four fractions, i.e., - α , β , γ , and ω . Oat grain contains only α and β -avenins. The studied cultivars demonstrated 11 electrophoretic banding patterns differing in α and β -avenin fractions.

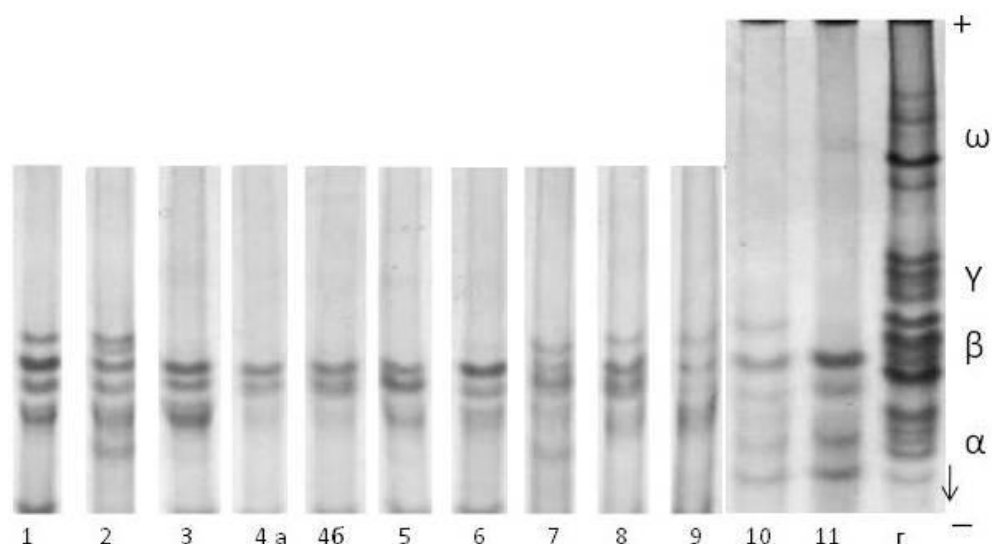


Fig. 2 – Types of avenin electrophoretic banding patterns in the studied oat cultivars (1-11), wheat gliadin (r), α , β , γ , and ω – prolamin fractions

The frequencies of occurrence of banding pattern types are given in Table 4. Nine cultivars have demonstrated similarity in this respect, while the others had kernels with two or three different types of banding patterns. In functional and technological terms, as well as in relation to the production of gluten-free products, the composition of α -avenin is of special interest. Its molecules have disulfide bonds and are proteolysis-resistant. It is in this prolamin fraction that the largest number of the celiac-toxic peptides has been found. Therefore, the number and intensity of this fraction's bands may be used for the preliminary screening of cultivars that may be promising for the gluten-free diets. It has been demonstrated to be true for the hulled cultivars [18, 19]. It is obvious from Fig. 2 that in most naked oat cultivars α -avenin electrophoretic patterns include several weak bands. It seems to be promising to assess toxicity of these cultivars from their reaction with celiac patients' sera.

The screening of grain of the new naked oat cultivars for the content of non-starch polysaccharids and avenin composition is definitely important for the assessment of their use in food industry for producing functional and special purpose foods.

Список литературы / References

1. EFSA (European Food Safety Authority) "Statement of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to dietary fibre". – 2007. – URL: <http://www.icc.or.at/news/EFSA.Panel.Statement.on.Dietary.Fibre.pdf> (accessed 20.05.2008);
2. Buttriss J. Fibre and health / J. Buttriss // Supplement to AgroFood Industry hi-tech. – 2009. – 20(3). – P. 4-8;
3. Miller Jones. J. Dietary fibre intake, disease prevention, and health promotion: An overview with emphasis on evidence from epidemiology / J. Miller Jones // Book "Dietary Fibre, bioactive carbohydrates for food and feed", editors: J.W. van der Kamp, N.-G. Asp, J. Miller Jones, G. Schaafsma, Wageningen Academic Publishers. – the Netherlands, 2004. – P.143-165;
4. Aman P. Analysis of starch and other main constituents of cereal grains / P. Aman, K. Hesselman // Swedish J. Agr. Res. – 1984. – 14. – P.135-139;
5. Courtin C. M. Arabinoxylans and endoxylanases in wheat flour bread-making / C. M. Courtin, F. A. Delcour // J. Cereal Sci. – 2002. – 35, P.225-243;
6. Goesaert H. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality / H. Goesaert, K. Brijs, K. Varaverbeke and others // Trends Food Sci. Technol. – 2005. – 16 – P.12-30;
7. Poutanen K. Dietary fibre in a gluten-free diet / K. Poutanen // The Science of gluten-free foods and beverages, edited by E. K. Arendt and F. Dal Bello, AACC International Inc. – 2009. – P.125-129;
8. Holthaus J. F. Inheritance of beta-Glucan content of oat grain / J. F. Holthaus, J. B. Holland, P. J. White and others // Crop Science. – 1996. – 36. – P. 567-572;
9. Koom Ch. C. Enzymatic Analysis of beta-Glucan content in different oat genotype / Ch. C. Koom, P.F. White // Cereal chemistry. – 1993. – 70(5). – P.539-542;
10. Salovaara H. Oats – an overview from a celiac disease point of view / H. Salovaara, P. Kanerva, K. Kaukinen // The Science of Gluten-free Foods and Beverages, edited by E. K. Arendt and F. Dal Bello, AACC International Inc., St. Paul, USA. – 2009. – P.69-81;
11. Peterson D. M. Genotype and environment effects on oat beta-glucan concentration / D. M. Peterson // Crop Sci. – 1991. – 31. – P. 1517-1520;
12. Miller S. S. Oat beta-glucans: an evaluation of eastern Canadian cultivars and unregistered lines / S. S. Miller, D. J. Vincent, F. Weisz // Can. J. Plant Sci. – 1993. – 73. P.429-436;
13. Wood P. J. Functional oat products / P. J. Wood, M. U. Beer // Book "Functional Foods", biochemical and processing aspects, edited by G. Mazza, Technomic Publishing co. Inc., Lancaster, Basel. – 1998. – P.1-39;
14. Brunner B. R. Oat grain beta-glucan content as affected by nitrogen level, location, and year / B. R. Brunner, R. D. Freed // Crop Sci. – 1994. – 34. – P.473-476;

15. Delcour J. A. Enzymes in the production of functional food ingredients – the arabinoxylan case / J. A. Delcour, W. F. Broekaert, C. M. Coutin and others // *The Science of Gluten-free Food and Beverages*, edited by E. K. Arendt and F. Dal Bello, AACC International Inc., St. Paul, USA. – 2009. – P.129-140;
16. Anttila H. Viscosity of beta-glucan in oat products / H. Anttila, T. Sontag-Strohm, H. Salovaara // *Agricul. and Food Science*. – 2004 – 13(1-2). – P.80-87;
17. Wood P. J. Physiological effects of β -D-glucan rich fractions from oats / P. J. Wood, F. W. Anderson, F. T. Braaten and others // *Cereal Food World*. – 1989. – 34(10). – P.879-881;
18. Гаврилюк И. П. Проламин и целиакия / И. П. Гаврилюк, Н. В. Алпатьева, Н. А. Леонтьева и др. // *Аграрная Россия*. – 2004. – №6. – С. 41-49.
19. Gavrilyuk I. P. The avenins and celiac disease / I. P. Gavrilyuk, N. K. Gubareva, I. N. Perchuk and others // 3rd *Intenat. Symposium on Gluten-Free Cereal Products and Beverages*. – Vienna, Austria, 2013.

Список литературы на английском языке / References in English

1. EFSA (European Food Safety Authority) "Statement of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to dietary fibre". – 2007. – URL: <http://www.ics.or.at/news/EFSA.Panel.Statement.on.Dietary.Fibre.pdf> (accessed 20.05.2008);
2. Buttriss J. Fibre and health / J. Buttriss // *Supplement to AgroFood Industry hi-tech*. – 2009. – 20(3). – P. 4-8;
3. Miller Jones. J. Dietary fibre intake, disease prevention, and health promotion: An overview with emphasis on evidence from epidemiology / J. Miller Jones // Book "Dietary Fibre, bioactive carbohydrates for food and feed", editors: J.W. van der Kamp, N.-G. Asp, J. Miller Jones, G. Schaafsma, Wageningen Academic Publishers. – The Netherlands, 2004. – P.143-165;
4. Aman P. Analysis of starch and other main constituents of cereal grains / P. Aman, K. Hesselman // *Swedish J. Agr. Res*. – 1984. – 14. – P.135-139;
5. Courtin C. M. Arabinoxylans and endoxylanases in wheat flour bread-making / C. M. Courtin, F. A. Delcour // *J. Cereal Sci*. – 2002. – 35, P.225-243;
6. Goesaert H. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality / H. Goesaert, K. Brijs, K. Varaverbeke and others // *Trends Food Sci. Technol*. – 2005. – 16 – P.12-30;
7. Poutanen K. Dietary fibre in a gluten-free diet / K. Poutanen // *The Science of gluten-free foods and beverages*, edited by E. K. Arendt and F. Dal Bello, AACC International Inc. – 2009. – P.125-129;
8. Holthaus J. F. Inheritance of beta-Glucan content of oat grain / J. F. Holthaus, J. B. Holland, P. J. White and others // *Crop Science*. – 1996. – 36. – P. 567-572;
9. Koom Ch. C. Enzymatic Analysis of beta-Glucan content in different oat genotype / Ch. C. Koom, P.F. White // *Cereal chemistry*. – 1993. – 70(5). – P.539-542;
10. Salovaara H. Oats – an overview from a celiac disease point of view / H. Salovaara, P. Kanerva, K. Kaukinen // *The Science of Gluten-free Foods and Beverages*, edited by E. K. Arendt and F. Dal Bello, AACC International Inc., St. Paul, USA. – 2009. – P.69-81;
11. Peterson D. M. Genotype and environment effects on oat beta-glucan concentration / D. M. Peterson // *Crop Sci*. – 1991. – 31. – P. 1517-1520;
12. Miller S. S. Oat beta-glucans: an evaluation of eastern Canadian cultivars and unregistered lines / S. S. Miller, D. J. Vincent, F. Weisz // *Can. J. Plant Sci*. – 1993. – 73. P.429-436;
13. Wood P. J. Functional oat products / P. J. Wood, M. U. Beer // Book "Functional Foods", biochemical and processing aspects, edited by G. Mazza, Technomic Publishing co. Inc., Lancaster, Basel. – 1998. – P.1-39;
14. Brunner B. R. Oat grain beta-glucan content as affected by nitrogen level, location, and year / B. R. Brunner, R. D. Freed // *Crop Sci*. – 1994. – 34. – P.473-476;
15. Delcour J. A. Enzymes in the production of functional food ingredients – the arabinoxylan case / J. A. Delcour, W. F. Broekaert, C. M. Coutin and others // *The Science of Gluten-free Food and Beverages*, edited by E. K. Arendt and F. Dal Bello, AACC International Inc., St. Paul, USA. – 2009. – P.129-140;
16. Anttila H. Viscosity of beta-glucan in oat products / H. Anttila, T. Sontag-Strohm, H. Salovaara // *Agricul. and Food Science*. – 2004 – 13(1-2). – P.80-87;
17. Wood P. J. Physiological effects of β -D-glucan rich fractions from oats / P. J. Wood, F. W. Anderson, F. T. Braaten and others // *Cereal Food World*. – 1989. – 34(10). – P.879-881;
18. Gavrilyuk I. P. Проламин и целиакия [The prolamins and celiac disease] / I. P. Gavrilyuk, N. V. Alpatyeva, N. A. Leontyeva and others // *Аграрная Россия* [Agrarian Russia]. – 2004. – N.6. – P.41-49. [in Russian];
19. Gavrilyuk I. P. The avenins and celiac disease / I. P. Gavrilyuk, N. K. Gubareva, I. N. Perchuk and others // 3rd *Intenat. Symposium on Gluten-Free Cereal Products and Beverages*. – Vienna, Austria, 2013.

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.153

Ларина Н.А.¹, Немзоров А.М.², Прокопьев В.Г.³, Голубев В.С.⁴¹Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,

Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал СФНЦА РАН

²научный сотрудник,

Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал СФНЦА РАН

³кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,

Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал СФНЦА РАН

⁴технический специалист по крупному рогатому скоту, ООО ПО «Сиббиофарм»**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕБИОТИКА КОРМОМИКС-МОС В РАЦИОНАХ ТЕЛЯТ МОЛОЧНОГО ПЕРИОДА ВЫРАЩИВАНИЯ****Аннотация**

Изучено влияние пребиотика Кормомикс-МОС на организм переболевшего молодняка молочного периода выращивания. Использование препарата способствовало более быстрому улучшению общего состояния и аппетита у телят. Разница в потреблении сена составила 0,15 кг, комбикорма 0,23 кг по сравнению с контрольной группой. Всё это положительно отразилось на динамике среднесуточного прироста. После применения пребиотика среднесуточный прирост у молодняка опытной группы повысился на 16,1%, по отношению к контролю.

Ключевые слова: пребиотик, молодняк, телята, среднесуточный прирост, живая масса, рацион, кровь, сыворотка крови.

Larina N.A.¹, Nemzorov A.M.², Prokopyev V.G.³, Golubev V.S.⁴¹PhD of agricultural, Kemerovo Research institute of Agriculture – branch SFNCA RAN,²research associate, Kemerovo Research institute of Agriculture – branch SFNCA RAN,³PhD of agricultural, Kemerovo Research institute of Agriculture – branch SFNCA RAN,⁴technical specialist on to cattle of LLC PO «Sibbiofarm»**USE PREBIOTIC OF KORMOMIKS-MOS IN DIETS OF CALFS DAIRY CULTIVATION PERIOD****Abstract**

The influence of the prebiotic Kormomiks-MOS on the organism recover calves of milk period of growing. The use of the drug contributed to more rapid improvement in General condition and appetite in calves. The difference in hay consumption was 0,15 kg, 0,23 kg mixed fodder compared with the control group. All this has positively affected the dynamics of average daily gains. After the application of prebiotic average daily gain in calves of the experimental group increased by 16.1%, relative to the control.

Keywords: prebiotic, young animals, calves, average daily gain, live weight, diet, blood, blood serum.

Микробиологические добавки в последнее время всё чаще стали применяться в кормлении сельскохозяйственных животных. Они способствуют лучшему расщеплению и усвоению питательных веществ корма, повышают иммунитет и инактивируют патогенную и условно патогенную микрофлору.

Использование в кормлении молодняка молочного периода выращивания пробиотиков Моноспорин и Бацелл позволило увеличить среднесуточный прирост живой массы на 14%, и снизить затраты - на 11% [1, С. 14].

В рационах сельскохозяйственных животных, наряду с пробиотиками, используют и энтеросорбенты. Применение пробиотика «Споротермин» и энтеросорбента «Ковелос-Сорб» в кормлении молодняка в течение 6 месяцев, как в чистом виде, так и совместно способствовало повышению среднесуточного прироста на 8,8%, 10,3% и 11,1% соответственно [3, С. 26].

Помимо пробиотиков, в кормлении животных используют и пребиотики, которые являются энтеросорбентами и стимуляторами роста нормальной микрофлоры желудочно-кишечного тракта. Применение пребиотиков из стенок дрожжевых культур, состоящих из маннаноолигосахаридов в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы способствуют росту живой массы и снижению затрат при выращивании [2, С. 19].

Цель исследований - установить влияние пребиотика Кормомикс-МОС на восстановление организма переболевших телят в раннем периоде выращивания.

Объект исследований – молодняк крупного рогатого скота молочного периода выращивания.

Научно-хозяйственный опыт проведен в ООО «Селяна» Кемеровского района Кемеровской области в летний период, продолжительностью 43 дня. Перед началом исследований был подобран молодняк в возрасте 1,5-2,0-месячного возраста, переболевший респираторным заболеванием, с осложненной диареей. Количество подобранных телят сформировали в 2 группы по 10 голов в каждой. Содержание групповое в клетках. Препарат опытной группе телят вводился с молоком в дозировке 20 г на голову один раз в сутки, контрольные телята пребиотик не получали. В течение опытного периода за телятами обеих групп вели наблюдения за их состоянием здоровья. Также от 4 голов из каждой группы в начале и в конце опыта была отобрана кровь на основные гематологические показатели.

Пребиотик Кормомикс-МОС является активной композицией глюкоманнанов не менее 25%, в том числе маннаноолигосахаридов 8%; до 38% аминокислот, и витаминов группы В до 640 мг/кг. Препарат нерастворим в воде, предназначен для восстановления нормальной микрофлоры кишечника и её стимуляции.

Главной целью использования пребиотиков является образование оптимальной полезной микрофлоры в желудочно-кишечном тракте, повышению переваримости и усвоению питательных веществ.

Рацион кормления молодняка обеих групп был одинаковым и состоял из сена, молока, комбикорма и зеленой массы, опытным телятам дополнительно вводили пребиотик Кормомикс-МОС в количестве 20 г на голову в сутки. Скармливание телятам пребиотика благоприятно повлияло на поедаемость кормов. За весь период опыта они больше потребили сена и комбикорма на 25,0% и 30,7% соответственно, и меньше зелёной массы – на 11,1% при одинаковом

количестве молока. Различия в суточном потреблении основных кормов обусловило незначительную разницу поступления в организм питательных веществ.

Сбалансированное питание подопытного молодняка по основным питательным и минеральным веществам, а также благоприятное действие пребиотика положительно сказалось на росте и развитии животных (табл. 1).

Таблица 1 – Живая масса и прирост у подопытных животных, (n=10) $\bar{X} \pm m\bar{x}$

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Средняя живая масса, кг: при рождении	44,9±1,12	45,0±1,83
при постановке на опыт	61,6±2,27	61,8±2,60
при снятии с опыта	82,6±4,17	86,2±4,77
Валовой прирост, кг	21,0	24,4
Среднесуточный прирост, г	488,4±63,45	567,4±68,39

При постановке на опыт живая масса между подопытными группами животных достоверно не различалась, но к концу исследований в опытной группе телят наметилась тенденция повышения роста живой массы на 4,4%, по сравнению с контрольной. За опытный период валовой прирост в контрольной группе составил 21,0 кг, а в опытной на 3,4 кг больше, среднесуточный прирост превышал контроль на 16,2%.

Результаты наблюдения за подопытными животными показали, что в течение проведенных исследований состояние здоровья у телят было удовлетворительным. Полученные данные основных гематологических и биохимических показателей крови у переболевших телят в начальный период исследований указывают на изменения в составе крови (табл. 2). Отмечено увеличение эритроцитов на 34%, что наблюдается при диарее, из-за сгущения крови [3, С.51]. Содержание гемоглобина и лейкоцитов в крови соответствовало физиологической норме данного возраста.

Таблица 2 – Морфологические и биохимические показатели крови подопытных животных

Показатель	Начало эксперимента		Конец эксперимента	
	Группа		Группа	
	контрольная	опытная	контрольная	опытная
Гематологические показатели				
Гемоглобин, г%	11,38±0,38	11,25±0,32	13,60±0,43	13,35±0,29
Эритроциты, млн./мм ³	8,55±0,28	9,03±0,31	8,85±0,60	9,70±0,60
Лейкоциты, тыс./мм ³	9,20±0,60	9,20±0,46	8,25±0,50	9,10±0,65
Биохимические показатели				
Глюкоза, ммоль/л	3,05±0,37	2,80±0,32	4,90±0,22*	3,65±0,24
Общий белок, г/л	67,43±0,86	59,83±1,72	62,75±2,43	62,75±2,29
Альбумины, г/л	32,00±2,19	29,08±1,00	33,50±1,19	34,50±0,50
Глобулины, г/л	35,43±2,41	30,75±1,28	29,25±3,35	28,25±2,43
Отношение А/Г	0,95±0,13	0,98±0,05	1,18±0,15	1,28±0,12
Каротин, мг%	0,80±0,24	0,70±0,33	1,50±0,27	1,40±0,13
Кальций общий, ммоль/л	2,05±0,06	2,05±0,24	2,68±0,37	2,33±0,33
Фосфор неорганический, ммоль/л	1,93±0,05	1,95±0,18	1,98±0,15	2,18±0,30
Железо, мкмоль/л	12,25±3,04	14,15±2,64	23,78±3,30	24,95±4,14
Щелочной резерв, об% CO ₂	45,78±1,62	44,48±0,65	61,58±3,43	53,55±5,41

При анализе биохимических показателей сыворотки крови молодняка были выявлены некоторые отклонения от нормы. Так, уровень общего белка был ниже нормы на 3,6%, что связано с низкой переваримостью белка и недостаточным усвоением аминокислот в кишечнике [3, С.471], а так же из-за не восстановившейся слизистой оболочки и микрофлоры в желудочно-кишечном тракте, на фоне болезни и использования лечебных препаратов. К концу опыта содержание этого показателя приблизилось к нормативному значению в обеих группах телят. Уровень кальция имел отклонения от нормы на 26%, щелочного резерва - на 13,5%, что является следствием снижения уровня обмена веществ в организме переболевших телят. Остальные изучаемые компоненты крови соответствовали физиологическим нормам для данного возраста молодняка (1,0-1,5 мес.).

Следует отметить, что морфологические и биохимические показатели крови у молодняка к концу опыта улучшились и соответствовали физиологическим нормам. Вероятно, это связано с повышением обмена веществ в организме телят старшего возраста (3,0-3,5 мес.) и стабилизацией у них пищеварения и лучшего усвоения питательных и минеральных веществ.

Анализ экономической эффективности использования пребиотика Кормомикс-МОС в кормлении телят молочного периода выращивания показал, что за период исследований от опытной группы молодняка получено валового прироста живой массы на 3,4 кг или 16,2% больше по сравнению с контролем при снижении затрат корма на 1 кг прироста на 0,38 корм. ед. или на 5,8%. Экономический эффект от применения пребиотика Кормомикс-МОС составил 397,01 руб.

Таким образом, полученные результаты подтверждают целесообразность применения пребиотика Кормомикс-МОС в кормлении телят молочного периода выращивания.

Список литературы / References

1. Горковенко Л.Г. Эффективность использования пробиотиков Бацелл и Моноспорин в рационах коров и телят / Л.Г. Горковенко, А.Е. Чиков, Н.А. Омелченко, [и-др.] // Зоотехния. – 2011. – № 3. – С.13-14.
2. Горлов И.Ф. Влияние скармливания кормовых многофункциональных добавок на интенсивность роста тёлочек / И.Ф. Горлов, В.А. Баранников, Н.А. Юрина, [и-др.] // Молочное и мясное скотоводство. – 2015. – № 2. – С.24-26.
3. Кондрахин И.П. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики / И.П. Кондрахин, А.В. Архипов, В.И. Левченко, [и-др.] // М.: Колос. 2004. – 520 с.
4. Ленкова Т.Н. Эффективность отечественных пребиотиков / Т.Н. Ленкова, Д.И. Тищенко, Т.А. Егорова // Зоотехния. – 2015. – № 5. – С.17-19.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gorkovenko L. G. Effectivnost ispolzovaniya probiotikov Bazell i Monosporin v razionah korov i telyat [Efficiency of use of probiotics in the feeding of lactating cows and calves] / L. G. Gorkovenko, A. E. Chikov, N.A. Omelchenko, [and others] // Zootechnya [Zootechnics]. – 2011. – V. 3. – P. 13-14. [in Russian]
2. Gorlov I. F. Vliyanie skarmlivaniya kormovyhc mnogofunkcionalnyhc dobavok na intensivnost rosta telochek [Inclusion in the diet of calves micro-biological preparations and enterosorbents] / I. F. Gorlov, V. A. Barannikov, N.A. Yurina, [and others] // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo [Scientific-practical journal of dairy and beef cattle] – 2015. – V. 2. – P. 24-26. [in Russian]
3. Kondrakhin I. P. Metody veterinarnoy klinicheskoy laboratornoy diagnostiki [Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics] / I. P. Kondrakhin, V. A. Arkhipov, V. I. Levchenko, [and others] // [Handbook] M.: Kolos. - 2004. - 520 p. [in Russian]
4. Lenkova T. N. Effectivnost otechestvennyhc probiotikov [Efficiency of domestic prebiotics] / T. N. Lenkova, D. I. Titenkov, T. A. Egorova // Zootechnya [Zootechnics] – 2015. – V. 5. – P. 17-19. [in Russian]

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.176

Соколов Н.В.¹, Свистунов А.А.²

¹Доктор сельскохозяйственных наук, ²кандидат сельскохозяйственных наук,
Северо-Кавказский научно-исследовательский институт животноводства

НАСЛЕДУЕМОСТЬ РЕПРОДУКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПОРОДЫ ЙОРКШИР

Аннотация

В статье приводятся данные по оценке репродуктивных качеств дочерей 6 производителей линии йоркшир по результатам I, II и более опоросов. Многоплодие дочерей производителей по I опоросу – в пределах 10,90-11,92, по II и более – 11,02-12,45 поросят. Количество поросят при отъеме в I опоросе составило 10,32-11,41, при II и более – 10,60-11,76. С помощью дисперсионного метода определена наследуемость многоплодия, количества поросят при отъеме и массы гнезда в 30 дней. Наследуемость указанных показателей по I опоросу была низкой и не достоверной, по II и более опоросам – от 3,0 до 4,8 %.

Ключевые слова: свиноводство, йоркшир, линия, хряки, свиноматки, наследуемость.

Sokolov N.V.¹, Svistunov A.A.²

¹PhD in Agriculture, ²PhD in Agriculture,
North-Caucasus Research Institute of Animal Husbandry

THE HERITABILITY OF REPRODUCTIVE PERFORMANCE IN YORKSHIRE BREEDING BOARS

Abstract

The article presents data on the assessment of the reproductive characteristics of daughters from 6 pedigree boars of the Yorkshire line according to the results of I, II and more farrows. The size of litter after birth from daughters of pedigree boars at I farrow was 10,90-11,92; at II and more farrows was 11,02 – 12,45 piglets. With the dispersion method it is defined the heritability on prolificacy, number of piglets at weaning and weight of the litter at 30 days. The heritability of these indicators of I farrowing was low and not significant, in II and more – 3,0 to 4,8%.

Keywords: pigs, Yorkshire, line, boars, sows, heritability.

Свиноматки йоркшир, используемые в крупных свиноводческих комплексах, имеют довольно высокое многоплодие. Особенностью свиней является их способность при полноценном кормлении и хорошем содержании давать в течение года 2,3-2,5 опороса, выращивать по 25-30 живых поросят. Технология производства на таких предприятиях не допускает больших изменений в уровне интенсивности использования маток. Количество опоросов, которое нужно получить от матки за год, строго определено, и не может быть нарушено без ущерба для хозяйственной деятельности крупного промышленного предприятия.

Ограничителем среднего срока эксплуатации маток может быть темп генетического улучшения стада. Чем ниже продуктивность маточного стада, тем выше процент ежегодной замены стада [1].

Материал и методика исследований. Исследования проводились на свиноводческом репродукторе НАО «Киево-Жураки АПК» в Республике Адыгея. В воспроизводстве использовали чистопородных свиноматок линии йоркшир (Й) канадской селекции. В специальную компьютерную программу, разработанную учеными СКНИИЖ,

вносили информацию о происхождении, репродуктивных показателях, мясной продуктивности. Программа в автоматическом режиме приводит все данные к стандартным весовым и временным значениям. Программа позволяет выполнять подбор пар свиноматок и хряков с исключением инбридинга более 3% по С. Райту, а также распечатывать родословные животных и племенные свидетельства. На основе заданных минимальных и максимальных значений признаков продуктивности программа автоматически выделяет селекционное ядро – ведущую группу свиноматок, от которой отбирают молодняк. В конце года в автоматическом режиме можно заполнить сводную ведомость бонитировки животных. Подопытные животные находились в одинаковых условиях содержания и кормления. Воспроизводительные качества оценены у свиноматок – дочерей 6 хряков линии йоркшир. По I опоросу оценили 177 свиноматок, по II и более – 457 свиноматок при среднем количестве опоросов от одной свиноматки 3,5. После оценки животных рассчитали степень влияния отцов на продуктивность дочерей методом дисперсионного однофакторного анализа [2]: в том числе на показатели многоплодия, количество поросят при отъеме и массу гнезда в 30 дней.

Результаты исследований. Наиболее высокие показатели репродуктивных качеств по I опоросу – у свиноматок дочерей производителя №141033 (табл. 1).

Таблица 1 – Показатели репродуктивных качеств дочерей хряков-производителей линии йоркшир по первому опоросу

№ хряка	n	Показатели	M±m	±σ	Cv, %
7162	35	многоплодие, поросят	11,37±0,44	2,6	22,9
	34	поросят при отъеме	10,71±0,32	1,9	17,6
		масса гнезда 30 дней, кг	83,53±3,89	22,7	27,2
7241	21	многоплодие, поросят	10,90±0,52	2,4	21,9
	19	поросят при отъеме	10,79±0,36	1,6	14,7
		масса гнезда 30 дней, кг	89,94±4,68	20,4	22,7
7371	39	многоплодие, поросят	11,74±0,40	2,5	21,1
	38	поросят при отъеме	11,34±0,18	1,1	9,7
		масса гнезда 30 дней, кг	86,21±2,36	14,5	16,9
141033	24	многоплодие, поросят	11,92±0,69	3,4	28,5
	17	поросят при отъеме	11,41±0,43	1,8	15,5
		масса гнезда 30 дней, кг	96,76±4,14	17,1	17,6
271041	23	многоплодие, поросят	11,43±0,77	3,7	32,4
	20	поросят при отъеме	10,50±0,45	2,0	19,2
		масса гнезда 30 дней, кг	89,20±3,93	17,6	19,7
361290	35	многоплодие, поросят	11,11±0,38	2,3	20,4
	31	поросят при отъеме	10,32±0,28	1,6	15,1
		масса гнезда 30 дней, кг	79,16±3,86	21,5	27,2

Дочери остальных хряков имели многоплодие ниже на 0,18-1,02 поросенка, но различия между ними недостоверны.

По количеству поросят при отъеме и массе гнезда в 30 дней дочери хряка №141033 превосходили дочерей остальных хряков, соответственно, на 0,07-1,09 поросенка и 6,82-17,60 кг. Достоверные различия по количеству поросят при отъеме (1,09; P<0,05) между дочерьми хряков №141033 и №361290. По массе гнезда в 30 дней достоверными различия между дочерьми производителя №141033 и №361290 (17,60; P<0,01), №7162 (13,23; P<0,05).

По результатам II и более опоросов показатели репродуктивных качеств дочерей хряков линии йоркшир имели более существенные различия (табл. 2).

Таблица 2 – Показатели репродуктивных качеств дочерей хряков-производителей линии йоркшир по II и более опоросам

№ хряка	n	Показатели	M±m	±σ	Cv, %
7162	133	многоплодие, поросят	11,02±0,29	3,3	29,9
	126	поросят при отъеме	10,60±0,13	1,5	14,0
		масса гнезда 30 дней, кг	86,65±1,93	21,6	25,0
7241	69	многоплодие, поросят	11,57±0,32	2,7	23,1
	66	поросят при отъеме	10,88±0,16	1,3	12,1
		масса гнезда 30 дней, кг	94,53±2,41	19,5	20,7
7371	141	многоплодие, поросят	11,78±0,27	3,2	27,1
	134	поросят при отъеме	10,99±0,11	1,3	11,8
		масса гнезда 30 дней, кг	89,72±1,49	17,3	19,3
141033	52	многоплодие, поросят	12,42±0,36	2,6	20,7
	50	поросят при отъеме	11,76±0,14	1,0	8,3
		масса гнезда 30 дней, кг	99,54±2,18	15,4	15,5
271041	66	многоплодие, поросят	12,23±0,35	2,8	23,3
	65	поросят при отъеме	11,28±0,27	2,2	19,4
		масса гнезда 30 дней, кг	92,44±2,71	21,9	23,7
361290	62	многоплодие, поросят	12,45±0,34	2,7	21,7
	60	поросят при отъеме	11,05±0,18	1,4	12,4
		масса гнезда 30 дней, кг	90,83±2,56	19,8	21,8

Наиболее высокое многоплодие у дочерей хряка №361290. Свиноматки-дочери хряков №7162 и №7241 имели многоплодие ниже на 1,43 ($P<0,01$) и 0,88 ($P<0,05$) поросенка, соответственно. У дочерей остальных хряков многоплодие оказалось ниже на 0,03-0,67 поросенка, но эти различия недостоверны.

По количеству поросят при отъеме и массе гнезда в 30 дней дочери хряка №141033 превосходили дочерей остальных хряков, соответственно, на 0,48-1,16 поросенка и 5,01-12,89 кг. Достоверные различия по количеству поросят при отъеме были между дочерьми хряков №141033 и №7162 (1,16; $P<0,001$), №7241 (0,88; $P<0,001$), №7371 (0,77; $P<0,001$). По массе гнезда в 30 дней достоверными были различия между дочерьми производителя №141033 и №7162 (12,89; $P<0,001$), №7371 (9,82; $P<0,001$), №361290 (8,71; $P<0,05$).

При этом коэффициент изменчивости у дочерей хряка №141033 по данному показателю был на 9,5-3,8 % ниже, по сравнению с дочерьми остальных хряков. В более раннем нашем исследовании среднее показатели многоплодия по свиноматкам с II и более опоросами составили 12,4 поросенка, количество поросят при отъеме – 11,2, масса гнезда в 30 дней – 97,8 кг; коэффициенты изменчивости этих признаков – 13,8 – 21,9 % [3].

Дисперсионный анализ дает возможность выявить силу влияния одного или нескольких факторов на количественные признаки, а также определить достоверность этого влияния. Изменчивость признака у животных обусловлена действием многих факторов. Часть из них изменяет его в сторону увеличения, другие – приводят к уменьшению данного признака. Совместное действие факторов вносит определенное дополнительное влияние на формирование и развитие признака и, следовательно, создает дополнительный источник изменчивости [2].

С помощью однофакторного дисперсионного анализа определена степень влияния производителей на репродуктивные показатели дочерей, которая оказалась низкой и недостоверной при оценке результатов I опороса свиноматок (табл. 3). Тем не менее, можно отметить более существенное влияние производителей на показатели свиноматок при отъеме. Если степень влияния хряков на многоплодие дочерей ограничивалось значением 1,4 %, то по количеству поросят при отъеме оно увеличилось до 6,1 %, по массе гнезда в 30 дней – до 6,8 %.

Таблица 3 – Результаты дисперсионного анализа для расчета коэффициентов наследуемости репродуктивных показателей у свиноматок породы йоркшир по I опоросу

Показатели	x	z	y
многоплодие, поросят			
Дисперсия (C_i)	18,9	1320,5	1339,4
Степень влияния (η^2_i)	0,014 ±0,029	0,986	-
Число степеней свободы (ν_i)	5	171	176
Вариансы (σ^2_i)	3,78	7,72	-
Критерий достоверности (F)	0,5	-	-

Окончание табл. 3 – Результаты дисперсионного анализа для расчета коэффициентов наследуемости репродуктивных показателей у свиноматок породы йоркшир по I опоросу

Показатели	x	z	y
поросят при отъеме			
Дисперсия (C_i)	26,4	406,7	433,1
Степень влияния (η^2_i)	0,061 ±0,031	0,939	-
Число степеней свободы (ν_i)	5	153	158
Вариансы (σ^2_i)	5,28	2,66	-
Критерий достоверности (F)	2,0	-	-
масса гнезда 30 дней, кг			
Дисперсия (C_i)	4120,9	56689,7	60810,6
Степень влияния (η^2_i)	0,068 ±0,03	0,932	-
Вариансы (σ^2_i)	824,18	370,52	-
Критерий достоверности (F)	2,2	-	-

Примечание: C_i – дисперсии (C_x – факториальная; C_z – случайная; C_y – общая); η^2 – доля влияния организованных (η^2_x) и случайных (η^2_z) факторов; ν_i – число степеней свободы; σ^2_i – варианты; F – критерий достоверности по Фишеру

Хряки йоркшир оказали более существенное влияние на результаты дочерей с II и более опоросами (табл. 4).

Таблица 4 – Результаты дисперсионного анализа для расчета коэффициентов наследуемости репродуктивных показателей у свиноматок породы йоркшир по II и более опоросам

Показатели	x	z	y
многоплодие, поросят			
Дисперсия (C_i)	141,9	4655,7	4797,6
Степень влияния (η^2_i)	0,030*±0,009	0,970	-
Число степеней свободы (ν_i)	5	517	522
Вариансы (σ^2_i)	28,39	9,01	-
Критерий достоверности (F)	3,2	-	-
поросят при отъеме			
Дисперсия (C_i)	54,8	1079,2	1134,0
Степень влияния (η^2_i)	0,048**±0,01	0,952	-
Число степеней свободы (ν_i)	5	495	500
Вариансы (σ^2_i)	10,97	2,18	-
Критерий достоверности (F)	5,0	-	-
масса гнезда 30 дней, кг			
Дисперсия (C_i)	7208,7	188529,6	195738,3
Степень влияния (η^2_i)	0,037*±0,01	0,963	-
Вариансы (σ^2_i)	1441,75	380,87	-
Критерий достоверности (F)	3,8	-	-

Примечание: * - $P < 0,05$; ** - $P < 0,01$

Так, доля влияния производителей на многоплодие дочерей по II и более опоросам составила 0,030 ($P < 0,05$), на количество поросят в гнезде при отъеме – 0,048 ($P < 0,01$), на массу гнезда в 30 дней – 0,037 ($P < 0,05$). Таким образом, с увеличением количества опоросов усиливается степень влияния хряков на проявление признаков у дочерей.

Выводы. Дисперсионный анализ позволил определить степень влияния производителей на репродуктивные показатели дочерей, которая увеличивалась у свиноматок с II и более опоросами в сравнении с I опоросом.

Список литературы / References

1. Шейко И.П., Смирнов В.С. Свиноводство : учебник. Минск : Новое знание, 2005. — 384 с.
2. Меркурьева Е.К. Биометрия в селекции и генетике с.-х. животных. – М.: Колос, 1970. – 424 с.
3. Соколов Н.В., Свистунов А.А., Аганин Е.А. Продуктивность свиней пород ландрас и йоркшир в условиях племенного репродуктора // Свиноводство, 2014. – №6. – С. 71-72.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Shejko I.P., Smirnov V.S. Svinovodstvo : uchebnik [Pig-breeding: a textbook]. Minsk : Novoe znanie, 2005. – 384 p. [in Russian]
2. Merkur'eva E.K. Biometrija v selekcii i genetike s.-h. zhivotnyh [Biometrics in plant breeding and genetics of agricultural animals]. – M.: Kolos, 1970. – 424 p. [in Russian]
3. Sokolov N.V., Svistunov A.A., Aganin E.A. Produktivnost' svinej porod landras i jorkshir v uslovijah plemennogo reproduktora [The productivity of pigs Landrace and Yorkshire breeds in terms of pedigree reproducer] // Svinovodstvo [Pig], 2014. – №6. – P. 71-72. [in Russian]

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.140

Тетяников Н.В.¹, Боме Н.А.²¹ORCID: 0000-0002-8496-5365, Аспирант,² ORCID: 0000-0002-5467-6538, Доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
ФГАОУ ВО Тюменский государственный университетПОДБОР ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПО ПРИЗНАКАМ
КОРОТКОСТЕБЕЛЬНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ К ПОЛЕГАНИЮ

Аннотация

Приведены результаты оценки 148 коллекционных образцов ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.), по ряду хозяйственно-ценных признаков, различного эколого-географического происхождения, полученных из ФГБНУ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И.Вавилова (ВИР). На основании полученных данных выделены образцы ярового ячменя устойчивые к полеганию, имеющие преимущества в сравнении со стандартными сортами и другими образцами по признакам продуктивности в условиях юга Тюменской области. Наибольшую стабильность в меняющихся условиях среды проявил образец *Cosmos* (к-21967) по происхождению из Франции.

Ключевые слова: ячмень, коллекция, образец, селекция, полегание.

Tetyannikov N.V.¹, Bome N.A.²¹ORCID: 0000-0002-8496-5365, Postgraduate student,² ORCID: 0000-0002-5467-6538, PhD in Agricultural, professor,
Tyumen State UniversitySELECTION THE STARTING MATERIAL FOR BREEDING OF SPRING-PLANTED BARLEY ON THE
BASIS OF SHORT-STEMMED PLANTS' QUALITIES AND ITS LODGING RESISTANCE

Abstract

It was presented the assessing results of 148 studied collection samples of summer barley (*Hordeum vulgare* L.) a numbers of economic-valuable features which had different ecological and geographical origin derived from N.I. Vavilov Institute of Plant Genetic Resources (VIR). The samples of resistant to lodging spring barley have been separated on the basis of the received data; these samples have advantages in comparison with the standard sorts and the other samples on grounds of production character under the conditions of the south of Tyumen region. The maximum stability in the dynamic environment was demonstrated by *Cosmos* sample (k-22967) which was originally from France.

Keywords: barley, collection, sample, breeding, lodging.

По мнению Н.И. Вавилова, успех селекционной работы во многом определяется исходным материалом. Местные формы, приспособленные к конкретным условиям, несомненно, представляют огромную ценность, и являются базой для селекции. Однако, мировые ассортименты, включающие всё биоразнообразие данной культуры, также должны быть всемерно использованы, поскольку такой материал обладает большим потенциалом продуктивности и способен конкурировать с лучшими селекционными сортами [1]. Выделить нужные сорта для конкретных условий среды позволяет объективная оценка растений по комплексу хозяйственно-ценных признаков [2].

Яровой ячмень является одной из основных зерновых культур в Тюменской области. По площадям посева он занимает второе место, уступая лишь яровой пшенице. Зерно ячменя используется в качестве фуража, для приготовления круп, а также для пивоваренной промышленности [3].

Одной из причин, снижающих эффективность получения высоких и стабильных урожаев, является полегание посевов ячменя.

Полегание растений бывает двух типов – прикорневое и стеблевое. Чаще всего оно проявляется при неблагоприятных условиях окружающей среды. Согласно литературным данным, ячмень полегает при избыточном увлажнении, высоком содержании азота или слишком загущенных посевах. В таких случаях отмечается нарушение процесса ассимиляции и налива зерна, вследствие чего происходит снижение урожая, ухудшение качества зерна, а также увеличиваются потери зерна при механизированной уборке. В ряде стран Западной Европы проблему полегания решили при помощи низкорослых сортов [4, 5].

В настоящее время при поиске устойчивых к полеганию форм большое внимание уделяется высоте растений. При этом установлена тесная корреляция между длиной стебля и устойчивостью к полеганию. По мнению Е.Г. Филиппова и А.В. Алабушева, [6] в селекции ячменя на устойчивость к полеганию и высокую продуктивность стоит обратить внимание на образцы из группы среднерослых сортов, поскольку среди них с большей вероятностью можно выбрать формы, проявляющие высокую и стабильную урожайность в различных условиях среды. В связи с этим актуальным остаётся создание и подбор устойчивых к полеганию сортов, адаптированных к конкретным условиям среды.

Целью исследования является выделение образцов ярового ячменя устойчивых к полеганию и обладающих высокой и стабильной продуктивностью зерна в условиях юга Тюменской области.

Исследование проводилось в 2015–2016 гг. на кафедре ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры, Института биологии, Тюменского государственного университета. Объектом исследования послужила коллекция ячменя культурного (*Hordeum vulgare* L.) состоящая из 148 образцов, относящихся к двум подвидам: двурядный – *distichon* (L.) Koenig. и многорядный – *vulgare*, имеющих различное эколого-географическое происхождение. Основная часть материала получена из мировой коллекции ФГБНУ Всероссийский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова, 6 образцов из ННЦ зернового хозяйства им. А.И. Бараева, а также в качестве стандартов взяты 2 сорта, рекомендованные к выращиванию в Тюменской области (Ача и Абалак).

Экспериментальная часть проведена на экспериментальном участке биостанции «Озеро Кучак», расположенном в Нижнетавдинском районе Тюменской области. Почва участка окультуренная, дерново-подзолистая супесчаная. Полевой эксперимент проходил в соответствии с методическими указаниями ВИР по изучению и сохранению коллекции ячменя [7], описание морфологических признаков и биологических свойств выполнено согласно Международному классификатору рода *Hordeum* L. [8].

В годы изучения образцов, метеорологические условия складывались по-разному (табл.1). В 2015 году начало вегетационного периода характеризовалось повышенными среднесуточными температурами воздуха по сравнению со средним многолетним значением (на 2,1 °С). Сумма осадков за месяц составила 109% по отношению к норме, однако необходимо отметить крайне неравномерный характер их распределения (более 65% выпало в течение двух суток первой декады месяца). В сложившихся условиях полевая всхожесть семян ячменя в среднем по коллекции составила 67,1%.

Рост и развитие растений в июне проходили в условиях повышенного температурного режима на фоне достаточного обеспечения влагой. В июле среднесуточная температура была ниже нормы на 2,4 °С и составила 16,4 °С. Сумма осадков близка к норме, максимум выпавших осадков приходится на первую декаду месяца – 37,1 мм. Полегание отмечалось в период колошения растений. Август по показателям температурного режима также был прохладным и сопровождался частыми дождями. Максимальное количество осадков выпало в третьей декаде 37,7 мм, всего за месяц – 65,6 мм, что составило 109,4% по отношению к норме.

Таблица 1 – Метеорологические условия вегетационного периода 2015, 2016 гг.

Месяцы	Среднесуточная температура, °С			Сумма осадков, мм		
	2015 г.	2016 г.	Средняя многолетняя	2015 г.	2016 г.	Средняя многолетняя
Май	13,4	12,2	11,3	49,3	5,8	45,0
Июнь	20,0	17,2	17,1	85,8	57,7	55,0
Июль	16,4	19,8	18,8	81,1	72,5	89,0
Август	13,1	21,2	15,8	65,6	13,8	60,0

Вегетационный период 2016 г. можно характеризовать как засушливый, в мае отмечалось превышение среднего многолетнего значения температуры на фоне дефицита осадков, что нашло отражение в низкой всхожести семян по коллекции (47,5%). Июнь характеризовался незначительным превышением над многолетним значением температуры воздуха (на 0,1 °С). Сумма осадков за июнь составила 57,7 мм или 105 % по отношению к норме. Июль по показателям температурного режима превышал среднее значение. Количество выпавших осадков было ниже нормы, максимальное количество 21 и 27 мм, выпало во второй декаде месяца. В этот период, на фоне ливневых дождей сопровождающихся сильными ветрами, в фазу молочной спелости наблюдалось активное полегание растений. Август по показателям температурного режима был жарким. Среднесуточная температура превышала среднемноголетнее значение (на 5,4 °С). Высокая температура воздуха сопровождалась дефицитом влаги. Сумма осадков за месяц составила 13,8 мм, что составляет 23% к норме.

С целью выявления короткостебельных образцов, согласно международному классификатору, изучаемая коллекция по высоте растений (в фазу молочной спелости) распределялась на 9 групп (рис. 1). В условиях 2015 года, образцы ячменя отнесены к 5 группам. Данный признак варьировал в пределах от 39,9 до 91,5 см (Kuan C.I. 101, к-25760, Германия). Минимальное значение имел образец Rokkaku-yabane (к-10986) из Японии, отнесённый к карликовым растениям. Среднее значение по коллекции - 64,8 см. Самой многочисленной была группа низкорослых растений с высотой от 61-70 см, на её долю пришлось 73 образца (50,4%). В группу с очень низкими растениями вошло 39 образцов, средненизких - 26 образцов. К группе среднерослых растений отнесено 6 образцов (4,1%). Стандартные сорта Ача и Абалак отнесены к низкорослым растениям 60,7 и 67,2 см, соответственно.

В среднем по изученным образцам высота растений в 2016 г. составила 90,6 см. Минимальное значение отмечено у образца из Украины – 56,2 см (Паллидум 90, к-25932), максимальное - 119,1 см у образца из США (Algerian x 414 Man (R), к-23357). Размах варьирования признака, а также среднее значение по коллекции в условиях 2016г. оказалось выше, что свидетельствует о подверженности признака влиянию факторов окружающей среды.

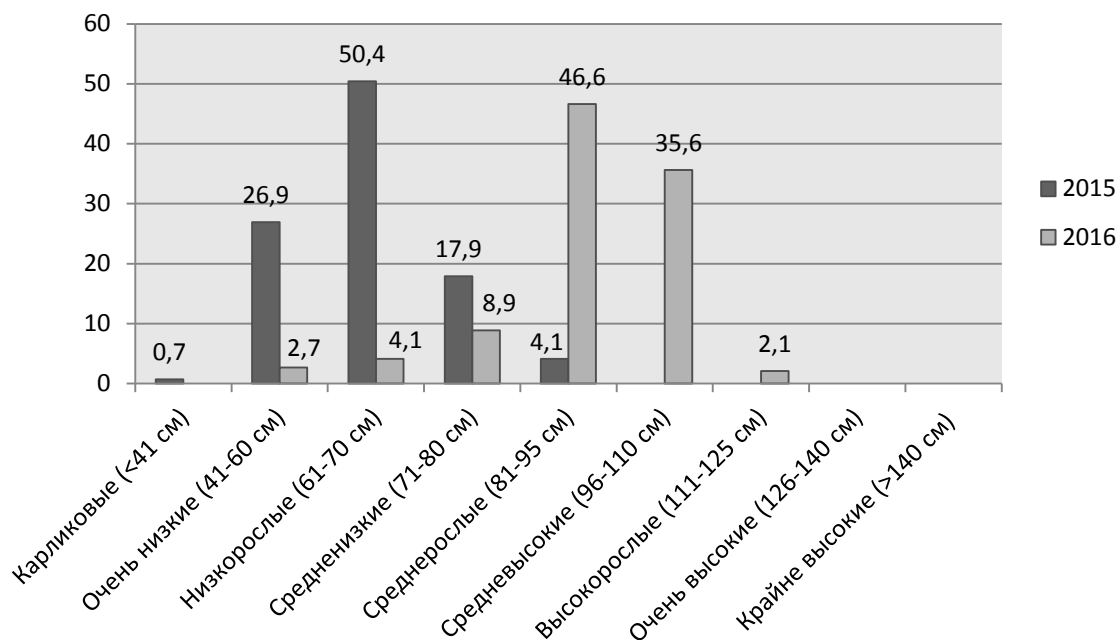


Рис. 1 – Распределение образцов ячменя по высоте растений, %

Самой многочисленной является группа среднерослых растений (от 81 до 95 см), на её долю пришлось 46,6%. На долю средневысоких и высокорослых приходится 35,6 и 2,1 % образцов соответственно. Группа средненизких составляет 8,9%, к низкорослым отнесено 6 образцов (4,1%). В группу с очень низкими растениями вошло 4 образца (2,7%). Самой малочисленной является группа с высокорослыми растениями (от 111 до 125 см) в неё вошло 3 образца. Стандарты имели высоту растений равную: Ача – 82,3 см., Абалак – 87,9 см.

Распределение образцов по устойчивости к полеганию (в баллах) в 2015 г. показало, что, несмотря на высокую увлажненность в данный период, большинство изученных образцов имели очень высокую устойчивость. Максимальную оценку – 9 баллов получили 84,2% (123 шт.), то есть признаков полегания не отмечено. Низкой степенью устойчивости характеризовался лишь один образец (к-30398, PFC-8275 Landrase) по происхождению из Бразилии, Пассо-Фундо. Растений получивших 5 баллов – 5 (3,5%); 7 баллов – 17 образцов (11,7%). Образцов с очень низкой степенью устойчивости не выявлено. Между высотой растений и устойчивостью к полеганию в условиях отмечена слабая прямая взаимосвязь $r = 0,31$. Стандартные сорта имели очень высокую степень устойчивости к полеганию.

В 2016 г. полегание отмечалось в фазу колошения, однако активное проявление признака наблюдалось в период налива зерна. Лишь 36,3% (53 шт.) изученных образцов получили 9 баллов. В группу с низкой степенью устойчивости вошло 43 образца (29,5%). Очень низкой устойчивостью (растения лежали на земле или на других растениях) характеризовались 20 образцов, что составило 13,7%. Число образцов, получивших 5 баллов составило 18 (12,3%); 7 баллов – 12 (8,2%). Между высотой растений и полеганием отмечалась обратная корреляция ($r = -0,48$). Стандартные сорта Ача и Абалак характеризовались высокой устойчивостью к полеганию.

При изучении образцов ячменя наряду с устойчивостью к полеганию и высотой растений учитывали и другие селекционно-ценные признаки, определяющие продуктивность образцов. Одним из них является такой показатель как число продуктивных стеблей с единицы площади. Как известно, число общих и продуктивных стеблей зависит как от генотипических особенностей сортов, так и от факторов внешней среды. В нашем исследовании максимальным значением в 2015 г. характеризовались несколько образцов: С. I. 11086 (к-30666, Перу) - 506 шт./ м²; Cosmos (к-21967, Франция) - 508 шт./ м²; Galina (к-22728, Германия) – 370 шт./ м²; Haarer Isdania (к-25746, Германия) – 434 шт./ м² (табл. 2). Эти образцы относились к низкорослым, средненизким и среднерослым растениям, имели высокую устойчивость к полеганию и показали высокую урожайность в сравнении со стандартами. В среднем по коллекции число продуктивных стеблей составило 242,9 шт./м².

Количество продуктивных стеблей 2016 г. в среднем равнялось 400,4 шт./ м², у стандартных сортов - 679,1 и 568,4 шт./ м². Максимальное число продуктивных стеблей имели: сорт Кедр (к-28119) - 718 шт./ м²; М-702/70 (к-22199), Чехословакия - 652 шт./ м²; Н/2666 Hansen 462 (к-22307) Германия - 596 шт./ м²; Cosmos (к-21967, Франция) - 547 шт./ м²; Rehmii K-15(к-24922, Франция) - 568 шт./ м², С. I. 11086 (к-30666, Перу) - 558 шт.

На основании полученных данных нами выделены образцы, проявившие высокую устойчивость к полеганию наряду с признаками продуктивности: Cosmos (к-21967), Франция, два образца из Германии Haarer Isdania (к-25746), Galina (к-22728), С. I. 11086 (к-30666), Перу (табл. 2). По продолжительности вегетационного периода выделенные формы относятся к группе среднеспелых (69-74 суток).

Таблица 2 – Результаты изучения некоторых образцов ячменя по комплексу селекционно-ценных признаков

№ кат. ВИР	Образец, происхождение, разновидность	Высота растений, см		Уст-сть к полеганию, балл		Число прод-ных стеблей шт/м ²		Урожайность г/м ²		Масса 1000 зёрен, г	
		2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
30666	C. I. 11086, Перу var. <i>pyramdatum</i>	73,2	75,1	9	5	506	558	146,1	182,6	41,8	36,3
21967	Cosmos, Франция var. <i>nutans</i>	70,0	88,6	9	7	508	547	235,3	334,7	41,3	39,8
25746	Haarer Isdania, Германия var. <i>nutans</i>	75,6	109,6	9	7	434	308	254,0	164,6	39,8	32,2
22728	Galina, Германия var. <i>nutans</i>	73,2	101,7	9	9	370	461	247,8	301,1	42,9	39,2
St1	Ача, Россия var. <i>nutans</i>	60,7	82,3	9	9	379,1	679,1	154,8	395,6	39,2	40,8
St2	Абалак, Россия var. <i>nutans</i>	67,2	87,9	9	7	335,8	568,4	137,3	335,5	40,6	42,1

Таким образом, выявлены различия среди коллекционных образцов по проявлению хозяйственно-ценных признаков, их изменчивость свидетельствует о неодинаковой адаптивной способности растительных форм к меняющимся условиям среды.

Выделены источники ярового ячменя, имеющие преимущества в сравнении со стандартными сортами и другими образцами по признакам продуктивности и устойчивостью к полеганию. Наибольшую стабильность в меняющихся условиях среды проявил образец Cosmos (к-21967), Франция.

Список литературы / References

1. Вавилов Н.И. Избранные сочинения. Генетика и селекция / Н.И. Вавилов; под ред. О.В. Лапшиной. - М.: Колос, 1966. - 559 с.
2. Боме А.Я. Некоторые проблемы подбора сортов зерновых культур для экстремальных условий сельскохозяйственной зоны Тюменской области / А.Я. Боме, Н.А. Боме // Современные наукоёмкие технологии, №2. - 2007. - С. 60-61.
3. Логинов Ю.П. Стабильность формирования хозяйственных признаков у селекционных линий ячменя в северной лесостепи Тюменской области / Ю.П. Логинов, Н.А. Сурин, Л.И. Якубышина // Агропродовольственная политика России, №10(22). - 2014. - С. 41-45.
4. Машкевич Н.И. Растениеводство. Учебник для вузов. /Н.И. Машкевич - изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Высш. школа, 1974. - 455 с.
5. Подгорный П.И. Растениеводство. / П.И. Подгорный - изд. 2-е, переработанное - М.: Сельхозиздат, 1969. - 480 с.
6. Филиппов Е.Г. Селекция ярового ячменя/ Филиппов Е.Г. Алабушев А.В.// Монография – Ростов н/Д: ЗАО Книга, 2014. - 208 с.
7. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса – изд. 4-е, дополненное и переработанное / под ред. И.Г. Лоскутова. М.: ГНУ ВИР Россельхозакадемии, 2012. - 63 с.
8. Международный классификатор СЭВ рода *Hordeum* L. –Ленинград: ВИР, 1983. - 52с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vavilov N.I. Izbrannye sochineniya. Genetika i selekcija [Elect works. Genetics and selection] / N.I. Vavilov; pod red. O.V. Lapshinoj. - M.: Kolos, 1966. - 559 p. [In Russian]
2. Bome A.Ja. Nekotorye problemy podbora sortov zernovykh kul'tur dlja jekstremal'nykh uslovij sel'skhozajstvennoj zony Tjumen'skoj oblasti [Some problems of selection of varieties of cereals for the extreme conditions of the agricultural area of the Tyumen region] / A.Ja. Bome, N.A. Bome // Sovremennye naukojomye tehnologii, №2. -2007. - P. 60-61. [In Russian]
3. Loginov Ju.P. Stabil'nost' formirovanija hozjajstvennykh priznakov u selekcionnykh linij jachmenja v severnoj lesostepi Tjumen'skoj oblasti [Stability of formation of economic signs of breeding lines of barley in the northern forest-steppe of the Tyumen region] / Ju.P. Loginov, N.A. Surin, L.I. Jakubyshina // Agroprodovol'stvennaja politika Rossii, №10(22). - 2014. - P. 41-45. [In Russian]
4. Mashkevich N.I. Rastenievodstvo. Uchebnik dlja vuzov. [Plant growing. manual for higher education institute] /N.I. Mashkevich - 2-nd edition, pererab. i dop. - M.: Vyssh. shkola, 1974. - 455 p.
5. Podgornij P.I. Rastenievodstvo. [Plant growing] / P.I. Podgornij - 2-nd edition pererabotannoe. - M.: Sel'hozizdat, 1969. - 480 p. [In Russian]
6. Filippov E.G. Selekcija jarovogo jachmenja [Breeding of spring barley] / Filippov E.G. Alabushev A.V.// Monografija – Rostov n/D: ZAO Kniga, 2014. - 208 p. [In Russian]
7. Metodicheskie ukazanija po izucheniju i sohraneniu mirovoj kollekcii jachmenja i ovsa [Methodological guidelines for the study and conservation of the world collection of barley and oats] - 4-th edition, dopolnennoe i pererabotannoe / pod red. I.G. Loskutova. M.: GNU VIR Rossel'hoz akademii, 2012. - 63 p. [In Russian]
8. Mezhdunarodnyj klassifikator SJeV roda *Hordeum* L. [International Classifier of the genus *Hordeum* L.] –Leningrad: VIR, 1983. - 52p. [In Russian]

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.052

Туктарова Э.А.¹, Латипова Э.И.¹, Габидуллина Г.Г.², Бадрутдинова Р.И.¹, Сафиуллина Л.М.³¹Магистрант, Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы,²студент Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы,³кандидат биологических наук, Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы**ВЛИЯНИЕ КУЛЬТУРАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СЕМЯН КОРНЕПЛОДОВ****Аннотация**

Приведены исследования по влиянию культуральной жидкости трех штаммов микроводорослей на рост и развитие семян моркови, свеклы и редиса. В опыте были изучены средняя длина проростков семян и всхожесть. Была проведена статистическая обработка полученных данных. Было установлено, что культуральная жидкость микроводорослей положительно влияет на семена высших растений и обладает ростостимулирующим свойством. Результаты исследования позволяют рекомендовать использование суспензии микроводорослей как органическое удобрение.

Ключевые слова: микроводоросли, культуральная жидкость, семена, влияние, всхожесть, средняя длина проростков.

Tuktarova E.A.¹, Latipova E.I.¹, Gabidullina G.G.², Badrutdinova R.I.¹, Safiullina L.M.³¹Postgraduate student, Bashkir State Pedagogical University M. Akmullah in Ufa,²Student, Bashkir State Pedagogical University M. Akmullah in Ufa,²PhD in Biology, Bashkir State Pedagogical University M. Akmullah in Ufa**INFLUENCE MICROALGAE CULTURE LIQUID ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF SEED ROOT****Abstract**

Results of research on the influence of the culture fluid of three strains of microalgae on the growth and development of seeds of carrots, beets and radishes. In the experiment were examined the average length of seedlings and seed germination. statistical processing of the data obtained was conducted. It was found that microalgae culture fluid positively affects the seeds of higher plants and has growth stimulating properties. The study results allow us to recommend the use of a suspension of microalgae as an organic fertilizer.

Keywords: microalgae culture liquid, seeds, influence, germination, the average length of sprouts.

В настоящее время большое внимание уделяется развитию аграрного сектора, который нуждается в пересмотре традиционных методов используемых в сельском хозяйстве. В частности, одной из основных проблем агрономии является применение дорогостоящих органических удобрений, которые в итоге повышают цену продукции сельскохозяйственных культур. В связи с этим, на многих сельскохозяйственных угодьях применяют недорогие синтетические минеральные удобрения, которые в свою очередь загрязняют почвы различными солями, ухудшая физико-химические и биологические свойства почв, и качество получаемой продукции [8, С. 66]. С развитием сельскохозяйственной биотехнологии, появились различные биопрепараты на основе микроорганизмов, которые повышают плодородие почв. Одним из таких препаратов, которые могут использоваться для увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, являются фотосинтезирующие микроорганизмы [4, С. 75-82].

Цианобактерии и водоросли являются не только объектами фундаментальной науки: неотъемлемым компонентом биоразнообразия различных экосистем, модельными организмами в экологии, фотобиологии, генной инженерии, но и широко применяются для решения ряда прикладных биотехнологических задач (аквакультура, биотопливо, биоремедиация, производство удобрений и биологически активных веществ противомикробного, антибактериального, противомикозного действия, синтез вторичных метаболитов: экзополисахаридов, витаминов, токсинов, ферментов, лекарственных препаратов и др.) [6]. Микроводоросли являются ценным источником органического вещества, повышающие качество почв, и как следствие его плодородие, что способствует увеличению урожайности сельскохозяйственных культур. Биомасса почвенных водорослей не содержит в своем составе ни патогенной микрофлоры, ни остатков сорняков, ни вредителей. Кроме того, цианобактерии являются возобновляемым ресурсом, в отличие от промышленного производства азотных удобрений. Наряду с азотфиксацией, они выделяют ростостимулирующие вещества, улучшающие рост растений. Например, представители рода *Anabena* в симбиозе с папоротником *Azolla* способны за сезон связать до 60 кг/га азота [1]. Также многие фототрофы служат показателями состояния почв, используются в качестве тест-объектов при определении потребности почвы в удобрениях, служат индикаторами при испытании различных пестицидов. За счет своей чувствительности к любым изменениям среды обитания, микроводоросли являются неотъемлемыми участниками почвенного мониторинга [3].

Уникальность проведенного эксперимента позволит использовать культуральные жидкости микроводорослей в качестве биопрепаратов для стимулирования роста и развития семян высших растений.

Цель данной работы - изучить влияние культуральной жидкости микроводорослей на рост и развитие высших растений. В задачи исследования входило: получение культуральной жидкости микроводорослей и закладка семян высших растений; определение всхожести и средней длины проростков семян; статистическая обработка результатов и анализ данных эксперимента; оценка влияния культуральной жидкости микроводорослей на рост и развитие исследуемых семян высших растений.

Материалом для работы являлись семена моркови сорт «Без сердцевинки», свеклы сорт «Цилиндр» и редиса сорт «Ранний красный» производителя «Башортсеговош». Для получения растворов культуральных жидкостей использовались штаммы следующих видов микроводорослей: *Chlorella vulgaris* (76.532-06*), *Eustigmatos magnus* (Baikal), *Klebsormidium dissectum* (10-3). Определение количества клеток проводили с помощью камеры Горяева по

стандартной методике [5, С. 1193]. Плотность биомассы в культуральной жидкости определяли на аппарате фотоэлектроколориметр [7, С. 47]. В качестве контроля использовалась водопроводная вода (К).

Для проведения эксперимента были взяты по 50 штук семян каждого вида растения. Семена закладывали в чашки Петри с фильтровальной бумагой и увлажняли 5 мл исследуемого раствора. Однако, вследствие того, что происходило испарение, на 7 сутки все пробы были дополнительно увлажнены 2 мл раствора. Эксперимент проводили в четырех повторностях. Результаты исследования снимали на 10 сутки, учитывали показания всхожести и длину проростков семян. Полученные данные по длине прорастания семян были обработаны в программе Excel.

Процент всхожести семян, высчитывали по следующей формуле:

$$B = \frac{a}{b} \times 100 \%,$$

где В - всхожесть семян, %; а - число проросших семян; b - общее число семян в чашке Петри [2, С. 108]. Исследования проводилось на базе лабораторий экологии почвенных водорослей им. Л. С. Хайбуллиной в БГПУ им. М. Акмуллы.

По полученным в ходе эксперимента результатам была рассчитана средняя длина и стандартная ошибка средней арифметической проростков семян (Табл.).

Таблица 1 – Средняя длина и стандартная ошибка средней арифметической проростков исследуемых растений, см

Морковь				
Повт.	Контроль	Эксперимент		
	К	<i>Ch. vulgaris</i>	<i>E. magnus</i>	<i>K. dissectum</i>
I	4,08±0,43	4,57±0,44	4,58±0,41	6,57±0,26
II	5,15±0,34	4,23±0,45	4,51±0,43	4,13±0,43
III	4,33±0,39	5,34±0,33	5,12±0,44	5,81±0,24
IV	4,52±0,43	3,50±0,44	5,17±0,39	4,20±0,45
Свекла				
Повт.	Контроль	Эксперимент		
	К	<i>Ch. vulgaris</i>	<i>E. magnus</i>	<i>K. dissectum</i>
I	6,06±0,27	7,75±0,26	4,67±0,39	7,45±0,20
II	7,04±0,32	9,13±0,22	7,09±0,40	8,31±0,25
III	6,46±0,25	9,1±0,23	6,76±0,23	8,61±0,23
IV	8,00±0,34	10,17±0,23	6,73±0,23	9,65±0,34
Редис				
Повт.	Контроль	Эксперимент		
	К	<i>Ch. vulgaris</i>	<i>E. magnus</i>	<i>K. dissectum</i>
I	6,09±0,30	8,34±0,44	6,37±0,49	-
II	5,55±0,46	8,08±0,54	6,05±0,45	6,09±0,33
III	6,49±0,35	11,18±2,35	6,18±0,37	8,07±0,52
IV	6,79±0,29	9,70±0,51	8,33±0,49	6,21±0,31

Наибольшими показателями средней длины проростков семян моркови в 1 и 3 повторности имела проба *K. dissectum* (от 5,81 до 6,57 см), а в повторности 2 и 4 – контроль и *E. magnus* (5,15-5,17 см). Наименьшим значением данного показателя обладал контроль в повторности 1 и 3 (4,08-4,33 см), а в повторности 2 и 4 пробы *Ch. vulgaris* и *K. dissectum* (3,5-4,23 см).

Семена свеклы в пробе *Ch. vulgaris* и *K. dissectum* во всех повторности имели наивысший показатель средней длины проростков семян, который варьировал от 7,45 до 10,17 см, а в контроле и в пробе *E. magnus* находился в пределах от 4,67 до 8 см.

Анализ результатов эксперимента семян редиса, выявил, что наивысшим значением данного показателем во всех повторностях обладала проба *Ch. vulgaris* (8,08-11,18 см). В 1 и 2 повторностях наименьшее значение средней длины проростков наблюдалось в контроле (5,55-6,09 см), в 3 и 4 повторностях проб *E. magnus* и *K. dissectum*, которые находились в пределе от 6,18 до 6,79 см. В первой повторности данные по влиянию культуральной жидкости *K. dissectum* отсутствуют, в связи с заражением семян грибами.

Для оценки следующего показателя, на основании максимальных значений, из имеющихся повторностей был построен график всхожести семян высших растений (Рис.1).

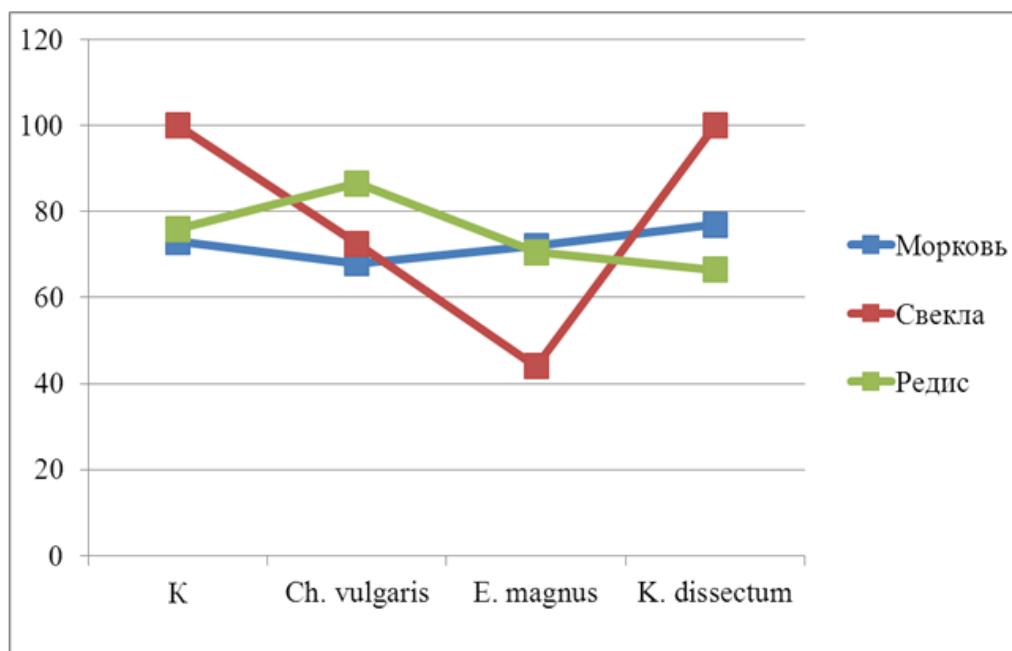


Рис. 1 – График всхожести семян высших растений

Из представленного графика видно, что высокий процент всхожести имели семена свеклы в контроле, в пробе *K. dissectum* (100%). Самая низкая всхожесть у *E. magnus* (44%). Всхожесть семян моркови и редиса в контроле и в пробе *E. magnus*, а также семян свеклы и моркови в пробе *Ch. vulgaris* находились в пределах 68-76%. Остальные пробы находились в пределах от 66,5-86,5%.

Из проведенного эксперимента в порядке убывания значений, был составлен следующий ряд средних длин проростков: для семян моркови – *K. dissectum* > *Ch. vulgaris* > *E. magnus* > К; для семян свеклы – *Ch. vulgaris* > *K. dissectum* > К > *E. magnus*; для семян редиса – *Ch. vulgaris* > *E. magnus* > *K. dissectum* > К.

Процент всхожести семян моркови, свеклы и редиса во всех просмотрах был выше 60%, что говорит о высокой всхожести исследуемых растений. Небольшое повышение этого показателя было выявлено, во всех повторностях, у семян свеклы при влиянии культуральной жидкости *E. magnus*.

В результате исследований установлено положительное влияние культуральной жидкости микроводорослей *Chlorella vulgaris* и *Klebsormidium dissectum*, которые оказали стимулирующее воздействие на рост и развитие семян высших растений. Применение их при возделывании культурных растений эффективно и может, в будущем, заменить искусственные стимуляторы роста.

Список литературы / References

1. Гогинян В. Микроводоросли: возможности применения [Электронный ресурс] / В. Гогинян // "МосТ" - научно-популярное приложение к газете "Голос Армении": официальный сайт. – URL: <http://mostga.am/laboratoriya/mikrovodorosli-vozmozhnosti-primeneniya-979.html> (дата обращения: 20.12.16).
2. Кабиров Р. Р. Оценка качества окружающей среды / Р.Р. Кабиров, Е.В. Сугачкова. – Уфа: Вагант, 2005. – 128 с.
3. Логинова И. Микроводоросли – перспективная «сельскохозяйственная культура» [Электронный ресурс] / И. Логинова // Инфоиндустрия: официальный сайт. – URL: <http://infoindustria.com.ua/mikrovodorosli-perspektivnaya-selskohozyaystvennaya-kultura/html> (дата обращения: 20.12.16).
4. Лукьянов В. А. Прикладные аспекты применения микроводорослей в агроценозе / В.А. Лукьянов, А.И. Стифеев // Курск: Издательство Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2014. – 181с.
5. Мельников А.С. Ростостимулирующий эффект культуральной жидкости почвенных микроводорослей на растения мягкой пшеницы / А.С. Мельников, Д.Р. Масленникова, М.В. Безрукова // Вестник Башкирского университета. – 2014. – Т. 19. №4. – С. 1193–1195.
6. Москаленко С.В. Альгологическая коллекция Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (ACSSI): состояние и перспективы развития / С.В. Москаленко, А.Д. Темралеева, С.А. Дронова, Д.Л. Пинский // Материалы информационно-аналитического интернет-журнала «Вопросы современной альгологии» № 1 (8) 2015. – 07.04.2015.
7. Прунтова О. В. Лабораторный практикум по общей микробиологии / О.В. Прунтова, О.Н. Сахно. – Изд-во: ВлГУ, 2005. – 76 с.
8. Садовникова, Л.К. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении / Л.К. Садовникова, Д.С. Орлов, И.Н. Лозановский // Учеб. пособие. 3-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., – 2006. –334 с.: ил.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Goginjan V. Mikrovdorosli: vozmozhnosti primeneniya [Microalgae: the possibility of applying] [Electronic resource] / V. Goginjan // "MosT" - nauchno-populjarnoe prilozhenie k gazete "Golos Armenii": oficial'nyj sajт. – URL: <http://mostga.am/laboratoriya/mikrovodorosli-vozmozhnosti-primeneniya-979.html> (accessed: 20.12.16). [in Russian]
2. Kabirov R. R. Ocenka kachestva okruzhajushhej sredy [Assessment of environmental quality] / R. R. Kabirov, E. V. Sugachkova. – Ufa: Vagant, 2005. – 128 p. [in Russian]

3. Loginova I. Mikrovodorosli – perspektivnaja «sel'skohozjajstvennaja kul'tura» [Microalgae - a promising "crop"] : Infoindustria: oficial'nyj sajt. URL: <http://infoindustria.com.ua/mikrovodorosli-perspektivnaya-elskohozyaystvennaya-kultura/html> (accessed: 20.12.16). [in Russian]
4. Luk'janov V. A. Prikladnye aspekty primeneniya mikrovodoroslej v agrocenoze [Applied aspects of the use of microalgae in agrocenoze] / V. A. Luk'janov, A. I. Stifeev // Kursk: Izdatel'stvo Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii, 2014. – 181 p. [in Russian]
5. Mel'nikov A. S. Rostostimulirujushhij jeffekt kul'tural'noj zhidkosti pochvennyh mikrovodoroslej na rastenija mjagkoj pshenicy [Growth-promoting effect of cultural fluid of soil microalgae on plants of soft wheat] / A. S. Mel'nikov, D. R. Maslennikova, M. V. Bezrukova // Vestnik Bashkirskogo universiteta [Bashkir State Pedagogical University Bulletin]. – 2014. – T. 19. №4. – S. 1193–1195. – 2014. – T. 19. №4. – P. 1193–1195. [in Russian]
6. Moskalenko S. V. Al'gologicheskaja kollekcija Instituta fiziko-himicheskikh i biologicheskikh problem pochvovedeniya RAN (ACSSI): sostojanie i perspektivy razvitiya [Algal Collection of Soil Science Institute (ACSSI): current state and development trends] / S. V. Moskalenko, A. D. Temraleeva, S. A. Dronova, D. L. Pinskiy // Materialy informacionno-analiticheskogo internet-zhurnala «Voprosy sovremennoj al'gologii» [Materials of information-analytical Internet magazine "Issues of modern algology"] № 1 (8) 2015. – 07.04.2015. . [in Russian]
7. Pruntova O. V. Laboratornyj praktikum po obshhej mikrobiologii [Laboratory workbook in general microbiology] / O. V. Pruntova, O. N. Sahno. – Izdatel'stvo: VIGU, 2005. – 76 p. [in Russian]
8. Sadovnikova, L. K. Jekologija i ohrana okruzhajushhej sredy pri himicheskom zagrjaznenii [Ecology and environmental protection in chemical pollution] / L. K. Sadovnikova, D. S. Orlov, I. N. Lozanovskii // Ucheb. posobie. – 3rd edition. – M.: Vyssh. shk., – 2006. – 334 p.: il. [in Russian]

DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.002

Шубина О.А.¹, Титов И.Е.², Кречетников В.В.³, Ряднов А.А.⁴¹ORCID: 0000-0003-3055-9473, кандидат биологических наук, ²ORCID: 0000-0002-5275-3229,³ORCID: 0000-0002-6099-6917, аспирант, Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, ⁴доктор биологических наук, профессор, Волгоградский государственный университет

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ВОЗВРАЩЕНИЯ В ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБОРОТ ТЕРРИТОРИЙ, ВРЕМЕННО ВЫВЕДЕННЫХ ИЗ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧАЭС

Аннотация

В восстановительный период после аварии наибольшую актуальность приобретает проблема возвращения в хозяйственный оборот территорий с высокими уровнями радиоактивного загрязнения, ранее выведенных из землепользования после аварии на ЧАЭС. Для решения этой задачи разработана геоинформационная система (ГИС), в основе которой лежит информация о текущем состоянии отчужденных земель. Построены электронные карты, позволяющие выполнить оценку необходимости проведения реабилитационных мероприятий и наглядно продемонстрировать эффективность их применения на загрязненных территориях.

Ключевые слова: геоинформационная система (ГИС), авария на ЧАЭС, сельское хозяйство, радиоактивное загрязнение, выведенные из землепользования территории.

Shubina O.A.¹, Titov I.E.², Krechetnikov V.V.³, Ryadnov A.A.⁴¹ORCID: 0000-0003-3055-9473, PhD in Biology, ²ORCID: 0000-0002-5275-3229, ³ORCID: 0000-0002-6099-6917,Postgraduate student, Russian Institute of Radiology and Agroecology, ⁴ PhD in Biology, professor,

Volograd State University

A GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM TO SUPPORT THE RETURN TO ECONOMIC USE LANDS EXCLUDED AFTER THE CHERNOBYL ACCIDENT

Abstract

In the recovery period after the accident the most task is to return lands with high levels of radioactive contamination which were excluded from the economic use after the Chernobyl accident. To solve this problem the Geographic Information System (GIS) based on current information on the status of abandoned lands is created. The electronic maps which allows to assess the need for rehabilitation and the effectiveness of countermeasures on contaminated areas are developed.

Keywords: geographic information system (GIS), Chernobyl accident, agriculture, radioactive contamination, abandoned lands.

Радиоактивное загрязнение территорий, относящихся к сельскохозяйственному сектору экономики, стало одним из наиболее серьезных последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции. В первые несколько лет после аварии была реализована зональная система организации и ведения агропромышленного производства на загрязненных территориях. Были выделены 4 зоны загрязнения: 37-185 (1-5) кБк/м² (Ки/км²), 185-555 (5-15) кБк/м² (Ки/км²), 555-1480 (15-40) кБк/м² (Ки/км²) и более 1480 (40) кБк/м² (Ки/км²). Принято решение о выведении из землепользования сельскохозяйственных угодий с высокими уровнями загрязнения (свыше 1480 кБк/м²).

Сельскохозяйственные земли Брянской области исключались из хозяйственной деятельности в несколько этапов, начиная с 1991 года. Основные площади выведены из оборота по решению Брянского облисполкома № 414 от 18.09.1990, по поручению Совета Министров РСФСР от 8 августа 1990 г. № 17962-3. Основанием для принятия

решений являлась информация, полученная по итогам радиологического картирования загрязненных территорий, выполненного Центром «Брянскагрохимрадиология».

Всего из землепользования были выведены сельскохозяйственные угодья 23 хозяйств Гордеевского, Злынковского, Клиновского, Красногорского и Новозыбковского районов Брянской области. Общая площадь сельхозугодий с плотностью загрязнения свыше 1480 кБк/м^2 (40 Ки/км^2) составила 17,1 тыс. га, из них 9,8 тыс. га относится к лугопастбищным угодьям, а 7,3 тыс. га – пахотные земли. Выведенные из оборота земли сельскохозяйственного назначения переведены в земли запаса [1, с. 43].

Из землепользования были выведены локальные участки, расположенные в границах действующих сельскохозяйственных предприятий, а территория 4 хозяйств полностью была отчуждена (хозяйства «им. Кирова» и «им. 24 Партсъезда» Красногорского р-на, хозяйства «им. 22 Партсъезда» и «Комсомолец» Новозыбковского района). В течение послеаварийного периода границы хозяйств неоднократно менялись, так, например, земли хозяйства «им. 22 Партсъезда» были переданы хозяйствам «Красная Ипуть» и «Комсомолец». В настоящее время в зону отчуждения входят угодья 22 хозяйств.

Оценка современной радиационной обстановки на отчужденных территориях показала, что общая площадь земель с уровнями загрязнения ^{137}Cs свыше 1480 кБк/м^2 сократились и не превышает 28% от ранее выведенных из оборота земель. Остальные земли по радиологическому критерию (плотность загрязнения) могут быть возвращены в хозяйственное использование [2, с. 54].

На восстановительной стадии обоснованность возвращения территорий определяется не только радиологическими, но и социально-экономическими критериями, культуртехническим состоянием земель. По результатам обследования около 32% земель составляет залежь и около 6% залесено.

В связи со сложной экономической ситуацией в стране, а также принимая во внимание особенности формирования зоны отчуждения, при принятии решений о реабилитации и возврате земель в хозяйственный оборот целесообразно определить те территории, где это является первоочередной задачей.

По потребности в возвращении сельскохозяйственных угодий в землепользование территории подразделяются на:

- I – отдельные земельные участки, прилегающие к населенным пунктам;
- II – локальные участки, которые расположены в пределах функционирующих сельскохозяйственных предприятий, удаленные от населенных пунктов, но рядом с которыми ведется хозяйственная деятельность;
- III – земельные участки, удаленные от населенных пунктов, рядом с которыми хозяйственная деятельность не ведется; участки, прилегающие к лесу; участки с высоким уровнем заочкаренности или зелесения;
- IV – отчужденные и отселенные территории – земли сельскохозяйственных предприятий, которые полностью выведены из оборота, а население эвакуировано (бывшие колхозы им. Кирова и им. 24 Партсъезда Красногорского района, им. 22 Партсъезда Новозыбковского района) [3, с. 156].

При реабилитации выведенных земель для сельскохозяйственного производства приоритет отдается территориям, входящим в группу I, а также в группу II, с меньшей плотностью радиоактивного загрязнения, большим плодородием на бывших сельскохозяйственных угодьях, примыкающих к действующим хозяйствам. Земельные участки, относящиеся в группе III, по итогам обследования могут быть переведены в земли лесного фонда. Реабилитация и возвращение в сельскохозяйственное использование территорий, относящихся к группе IV, возможны после комплексной радиологической и экономической оценки всех сценариев вероятного использования данных земель.

Таким образом, реабилитация и возвращение в хозяйственный оборот выведенных из землепользования сельскохозяйственных угодий является комплексной задачей. Развитие информационных технологий значительно расширяет варианты решения этой проблемы. Одним из направлений является привлечение ГИС-технологий.

ГИС являются достаточно мощным, удобным и наглядным инструментом решения различных задач, связанных с оптимизацией и разработкой систем поддержки принятых решений, и наряду с визуализацией информации позволяют производить пространственный анализ радиологических данных и разрабатывать оптимальные схемы использования сельскохозяйственных земель.

Данные радиологического обследования являются основанием для разработки единой долговременной стратегии функционирования территорий с высокими уровнями радиоактивного загрязнения, а также системы их организации и управления. На основании данных радиологических обследований, проводимых с 1986 по 2015, была создана геоинформационная система для обоснования возвращения в хозяйственный оборот территорий, временно выведенных из землепользования после аварии ЧАЭС и включает информацию по всем выведенным из землепользования участкам для 22 хозяйств 5-ти районов Брянской области. ГИС выполнена с использованием программного пакета ArcGIS for Desktop версии 10.1 – 10.4.1.

В качестве источников данных для создания ГИС использовались:

- картографические материалы;
- данные дистанционного зондирования (космические снимки территорий хозяйств, на которых располагаются земли, выведенные из землепользования);
- материалы детальных радиологических и агрохимических обследований;
- статистические данные;
- литературные данные (справочные издания, книги, монографии и статьи).

В состав разработанной ГИС входит база данных атрибутивной информации, которая была экспортирована из базы данных «Электронный реестр земель, выведенных из землепользования» (свидетельство о регистрации базы данных № 2016620790). База данных включает следующие блоки информации:

- административно-хозяйственная характеристика сельскохозяйственного предприятия до вывода земель из оборота;
- характеристики сельскохозяйственных угодий до вывода земель из оборота;
- радиэкологическая ситуация на выведенных из оборота сельскохозяйственных землях [2, с 53].

В связи с тем, что в течение послеварийного периода корректировались границы и изменялись названия хозяйств, формы собственности и т.д., в качестве картографической основы использовались карты внутрихозяйственного землеустройства сельскохозяйственных предприятий 1991 г. (масштаб 1:10000), согласно которым агрохимическими подразделениями Минсельхоза выполняется обследование радиоактивно загрязненных территорий. При этом для всех туров обследования сохраняется нумерация элементарных участков, что в конечном результате позволяет обеспечить «преемственность» данных, корректно отслеживать динамику изменения радиологической и экологической ситуации.

ГИС включает в себя библиотеку электронных карт для 22 хозяйств наиболее радиоактивно загрязненных районов Брянской области: типы землепользования, плотность загрязнения ^{137}Cs по (5 туров обследования с 1988 по 2015 год), почвенные карты, содержание гумуса, основные агрохимические показатели (рН, P_2O_5 , K_2O), карты с прогностическими оценками возможности производства продукции растениеводства, кормопроизводства, животноводства, удовлетворяющей СанПиН 2.3.2.1078-01 (с доп. и изм. №18 - СанПиН 2.3.2.2650-10), при различных вариантах возделывания земель (без проведения специальных мероприятий, при условии применения реабилитационных мероприятий).

Созданная библиотека электронных карт позволяет выполнить оценку радиоэкологической ситуации на территориях, временно выведенных из землепользования и дать обоснование необходимости проведения реабилитационных мероприятий (рис. 1).

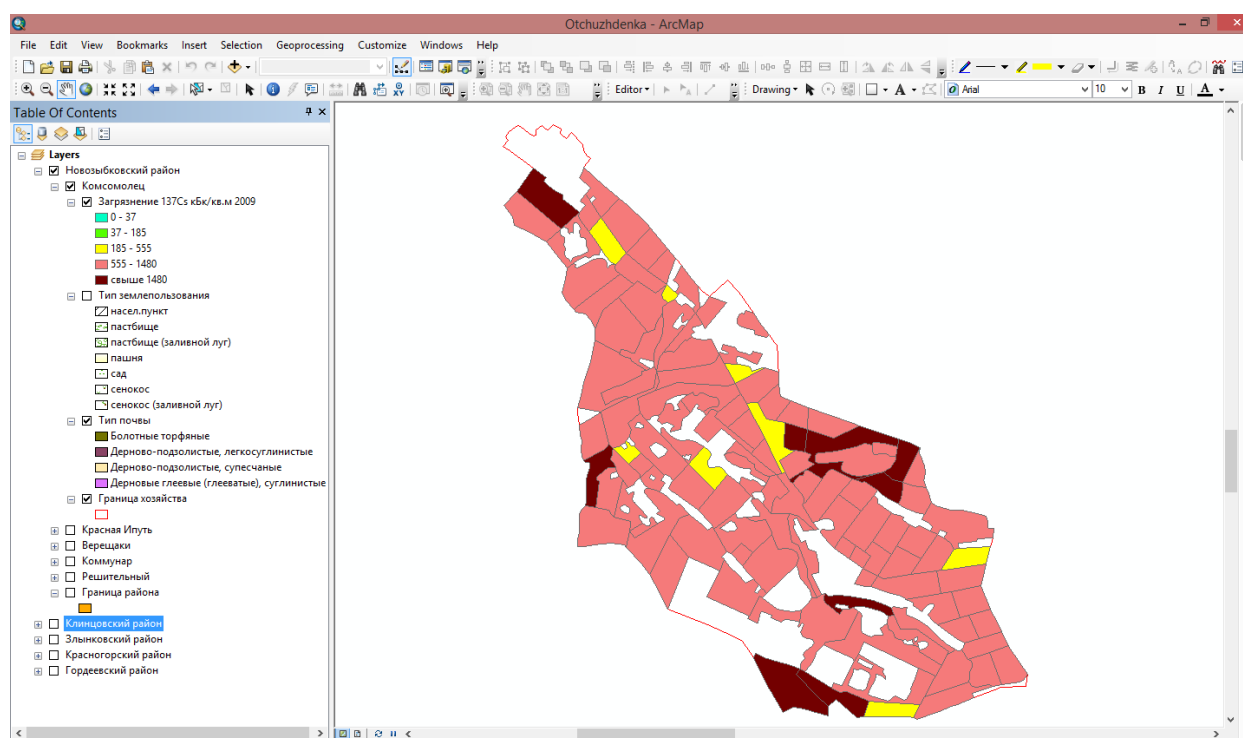


Рис. 1 – Электронная карта загрязнения ^{137}Cs СПК «Комсомолец»

В представленной геоинформационной системе скомпилирован большой объем экспериментальной информации, на базе которой были построены электронные карты, позволяющие наглядно демонстрировать современное радиоэкологическое состояние отчужденных земель, а также эффективность проведения мероприятий по реабилитации этих территорий. Показана возможность возвращения исключенных из землепользования угодий в сельскохозяйственный оборот.

Перспективными направлениями хозяйственного использования отчужденных земель, частично возвращенных в хозяйственную деятельность, являются создание заповедников и заказников, залесение, выпас и производство кормов для молодняка скота, коневодство, выращивание саженцев плодовых деревьев, семеноводство, добыча полезных ископаемых и т.д.

Результаты работы являются информационной базой для решения реальных задач возвращения земель в сельскохозяйственное использование и планирования дальнейших действий по управлению данными территориями, включая оптимизацию реабилитационных мероприятий и организацию системы радиоэкологического мониторинга введенных в оборот земель.

Список литературы / References

1. Воробьев Г.Т. Радиоактивное загрязнение почв Брянской области / Г.Т. Воробьев, Д.Е. Гучанов, З.Н. Маркина и др. – Брянск: Грани, 1994. – 177 с.
2. Шубина О.А. Электронный реестр земель, выведенных из землепользования после аварии на ЧАЭС / Шубина О.А., Титов И.Е., Кречетников В.В., Прудников П.В. // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2015№ – 12 (83). ч1. – с. 51-56.
3. Российский национальный доклад «30 лет чернобыльской аварии: Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986 —2016» / Под общей редакцией В.А. Пучкова и Л.А. Большова – Москва, 2016. – 202 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vorobyev G.T. Radioaktivnoe zagraznenie pochv Brjanskoj oblasti [Radioactive contamination of soils of Bryansk region] / G.T. Vorobyev, D.E. Guchanov, Z.N. Markina and etc. – Bryansk: Grani, 1994. – 177 p. [in Russian]
2. Shubina O.A. Elektronnyj reestr zemel', vyvedennyh iz zemlepol'zovanija posle avarii na ChAES [The electronic registry of agricultural lands temporary excluded from economic use after the Chernobyl accident] / Shubina O.A., Titov I.E., Krechetnikov V.V., Prudnikov P.V. // Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk [Actual problems of the humanities and natural sciences]. – 2015 № – 12 (83). – p. 51-56. [in Russian]
3. Rossijskij nacional'nyj doklad «30 let chernobyl'skoj avarii: Itogi i perspektivy preodolenija ee posledstvij v Rossii 1986 – 2016» [Russian national report “30 years after the Chernobyl accident: Results and perspective of overcoming its consequences in Russia 1986 -2016”] / Eds. by V.A. Puchkov and L.A. Bolshov – Moscow, 2016. – 202 p. [in Russian]