

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЖУРНАЛ**

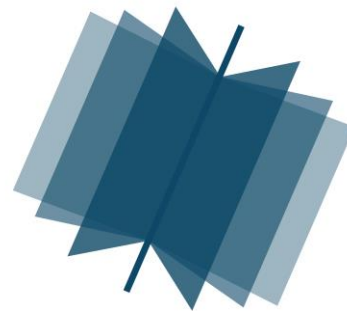
***INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL***

---

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

Екатеринбург  
2016





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

**№4 (46) 2016**

**Часть 6**

**Апрель**

Подписано в печать 18.04.2016.  
Тираж 900 экз.  
Заказ 26135  
Отпечатано с готового оригинал-макета.  
Отпечатано в типографии ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ",  
623701, г. Березовский, ул. Театральная, дом № 1, оф. 88.

Сборник по результатам XLIX 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, Свиистунов Ю.А., д-р физ.-мат. наук, проф.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

# ОГЛАВЛЕНИЕ

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES

ПРИЕМЫ СЕЛЕКЦИИ СИММЕНТАЛЬСКОГО СКОТА ПОВОЛЖЬЯ .....	6
ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ХРЯКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПОРОДЫ ЛАНДРАС РАЗНЫХ ПОКОЛЕНИЙ .....	9
ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛИСТЬЕВ <i>TRITICUM AESTIVUM</i> L. ОТ ИХ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ И ПЛОЩАДИ .....	13
ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП СОЗДАНИЯ КРЕСТЬЯНСКО-ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ИНГУШЕТИЯ .....	17
СТРУКТУРА ПАШНИ И ПОСЕВЫ ГРЕЧИХИ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ .....	21
ТИБЕТСКОЕ НАГОРЬЕ КАК РЕГИОН-ДОНОР РАСТЕНИЙ ИНТРОДУЦЕНТОВ .....	25
МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕМЯН ВЫСОКОГОРНЫХ ТИБЕТСКИХ И РАВНИННЫХ ЛЕСОСТЕПНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ <i>HIPPOPHAE RHAMNOIDES</i> L. ....	28
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВЫХ НАСАЖДЕНИЙ <i>HIPPOPHAE RHAMNOIDES</i> L. В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРИЙ ПРОВИНЦИИ СЫЧУАНЬ (КИТАЙ) .....	31
НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕСТАВРАЦИИ ВЫСОКОГОРНЫХ ПАСТБИЩ ВОСТОЧНОГО ТИБЕТА .....	33
НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ КЛУБНЕЙ ТОПИНАМБУРА .....	35
ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ГЛЕЕВАТОЙ ПОЧВЫ К ПЯТОМУ ГОДУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПоста МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ ДВУСТОРОННЕМ РЕГУЛИРОВАНИИ ВОДНО-ВОЗДУШНОГО РЕЖИМА .....	37
ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕПЛИЧНОГО ХОЗЯЙСТВА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ .....	40
статья изъята: ОБРАБОТКА РИСОВЫХ СЕМЯН ЛАЗЕРНЫМ СВЕТОМ .....	43
РОСТ КУЛЬТУР СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОМКНУТОСТИ ПОЛОГА ДРЕВОСТОЯ .....	46
ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ КОРОВ И СЕЛЕКЦИЯ ПО МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ .....	50
БИОГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЧУЖЕРОДНЫХ ИНВАЗИОННЫХ ФЛОР ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ (ЕВРОПЕЙСКАЯ РОССИЯ) И ПРОВИНЦИИ СЫЧУАНЬ (КИТАЙ) .....	52
УСТОЙЧИВОСТЬ КОРОВ К МАСТИТУ В УСЛОВИЯХ ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ С УЧЁТОМ ЛИНЕЙНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ И ТИПА НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	54
УДОБРЕНИЯ КАК ФАКТОР УПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ КАРТОФЕЛЯ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ .....	57
АНАЛИЗ ДОСТОВЕРНОСТИ ОЦЕНКИ ЖЕРЕБЦОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ РУССКОЙ ВЕРХОВОЙ ПОРОДЫ ПО КАЧЕСТВУ ПОТОМСТВА В ПЕРВОЙ СТАВКЕ .....	58
ВЛИЯНИЕ САПРОПЕЛЕЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И КИСЛОТНОСТЬ ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА .....	61
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКОГО РЕСУРСА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ .....	66
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОРИЧЕСКИХ СКВЕРОВ И ОБЩЕСТВЕННОГО САДА В Г.ЕКАТЕРИНБУРГЕ В XIX–XXI ВВ. ....	70
ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ АГРОМЕЛИОРАТИВНОГО ПРИЕМА НА РАЗВИТИЯ ПОЧВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТАХ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН .....	73

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

РАЗРАБОТКА ЗЕМЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И СОЗДАНИЯ УСТОЙЧИВЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ .....	79
СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ .....	85
ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ СХЕМ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА АДМИНИСТРАТИВНОГО РАЙОНА В УКРАИНЕ .....	93
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВОЛНОВОГО ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ВЗРЫВЕ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ С УЧЕТОМ НАПРАВЛЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВА .....	96



ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАЗВАЛА ГОРНОЙ МАССЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ.....	100
--	-----

КИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН, ВСКРЫВШИХ ТЕРРИГЕННЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ С ПОВЫШЕННОЙ КАРБОНАТНОСТЬЮ .....	104
--	-----

КОМПЛЕКСИРОВАННАЯ ГЕОФИЗИКА МОБИЛИЗАЦИИ НЕФТЕНАСЫЩЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ МОДЕЛИ ОБОБЩЕННОЙ ВЯЗКОУПРУГОСТИ ПОРОВОЙ ДЕФОРМАЦИИ .....	111
--	-----

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОХОЖДЕНИЯ ПОПЕРЕЧНОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ ЧЕРЕЗ ГРУНТОВОЕ СЛОИСТОЕ ОСНОВАНИЕ .....	115
---	-----

#### ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOGRAPHY

ПЕРМСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ СОЛИГАЛИЧСКОГО РАЙОНА КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ КАК ОБЪЕКТ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	124
--	-----

#### ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOLOGY AND MINERALOGY

ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ .....	127
--	-----

#### ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

О РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ИНВАРИАНТНОСТИ УРАВНЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОСТИ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ ФОТОНА.....	134
---	-----

СРЕДНЯЯ ОБЪЕМНАЯ ПЛОТНОСТЬ АЭРОЗОЛЬНОЙ СУБСТАНЦИИ В ЗАДАЧЕ КОНВЕКТИВНОГО ПЕРЕНОСА.....	137
---	-----

#### ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY

УРОВЕНЬ АММОНИЙНЫХ СОЛЕЙ (АММИАКА) В ВОДЕ Г.ВОЛГОГРАДА И ПРИГОРОДА .....	142
--	-----

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ .....	144
---	-----

РЕЦЕПТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЛУЧЕНИЯ НЕФТЕСОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОВАКУУМНОГО СТЕКЛА С95-2 И ЗАКОНОМЕРНОСТИ СОРБЦИИ ИМИ НЕФТИ .....	146
--	-----

ИОННАЯ ФЛОТАЦИЯ $Y^{3+}$ , $Er^{3+}$ , $Yb^{3+}$ .....	149
--	-----

К ПЯТИДЕСЯТИЛЕТИЮ ТЕХНОЛОГИИ АКТИВНОГО ПЕЧНОГО ТЕХУГЛЕРОДА СССР.....	153
--	-----

РАЗРАБОТКА ТЕСТ-СИСТЕМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИОНОВ ЦИНКА В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО СИЛИКАТА.....	156
--	-----

**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES**

**DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.283**

**Анисимова Е.И.<sup>1</sup>, Гостева Е.Р.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Доктор сельскохозяйственных наук, <sup>2</sup>кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока

**ПРИЕМЫ СЕЛЕКЦИИ СИММЕНТАЛЬСКОГО СКОТА ПОВОЛЖЬЯ**

**Аннотация**

*В статье приведена качественная характеристика оценки симментальских линий при формировании племенного ядра. Проведен анализ, выявлено, влияние основных используемых линий на продуктивность молочного стада СПК «Абодимовский». В хозяйстве на протяжении длительного периода используются линии Флориана 374, Фасадника 642 и Мергеля 2122. Исследованиями установлено, что животные изучаемых линий характеризуются высоким коэффициентом устойчивости удоев при небольшой его вариабельности.*

**Ключевые слова:** линия, продуктивность коров, интенсивность роста, первотелки, межотельный период, плодотворное осеменение.

**Anisimova E.I.<sup>1</sup>, Gosteva E.R.<sup>2</sup>**

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

State Scientific Institute «Agricultural Research Institute for South-East Region»

**METHODS OF BREEDING SIMMENTAL CATTLE IN VOLGA REGION**

**Abstract**

*The article describes the qualitative characteristics of assessment Simmental lines in the formation of tribal nucleus. The analysis revealed that the impact of the basic used lines on the productivity of dairy herds SEC "Abodimovsky". It revealed the influence of the main lines on the productivity of the dairy herd at the farm for a long period of use lines: Florian 374, Fasadnik 642 and Mergel 2122. Research has shown that animals studied lines are characterized by high efficiency at a low milk yield stability of its variability.*

**Keywords:** line, productivity of cows, growth rate, heifers, calving, fruitful insemination.

**В** современных условиях ведения молочного скотоводства, разведение по линиям должно принять несколько иную, более конкретную и совершенную форму.

Разведение по линиям – это основной метод селекции в племенных стадах. Это особенно убедительно подтверждено в исследованиях В.И. Сельцова, Н.И. Стрекозова, Е.И. Анисимовой, Е.Р. Гостевой.

Некоторые линии общепородного значения, например, линии Флориана 374, Фасадника 642 и Мергеля 2122, получили широкое распространение в зоне Поволжья. Длительное воздействие экологических и экономических условий Поволжья оказало определенное воздействие не только на формирование зонального типа симментальского скота, но и на качество линий в племенных стадах.

Исходя из вышеперечисленного, нами была поставлена задача – в племенном стаде симментальского скота Саратовской области, племрепродукторе СПК «Абодимовский» усовершенствовать наиболее распространенные линии симментальской породы Флориана 374, Фасадника 642 и Мергеля 2122 в направлении увеличения молочной продуктивности коров, лучшей пригодности к промышленной технологии, повышении наследственной консолидации, заложить таким образом племенное ядро линий.

Цель формирования племенного ядра заводских линий – создание животных интенсивного молочного типа путем внутрипородной селекции. Линии должны различаться по конституциональному типу животных и степени наследственной консолидации основных селекционируемых признаков.

Общим для всех линий предусмотрено иметь следующие показатели полновозрастных коров: удои за 305 дней наивысшей лактации, высокий коэффициент устойчивости удоя по наивысшей лактации, живая масса взрослых коров, начало продуктивного племенного использования в возрасте 27-29 месяцев, межотельный период, продолжительность хозяйственного использования.

Как было указано выше, основным местом проведения исследований был определен племрепродуктор СПК «Абодимовский» Саратовской области, в котором целенаправленная селекционная работа была начата в 1991 году. За это время сформировались ценные в племенном отношении генеалогические линии.

В племенное ядро линии Флориана 374 выделено 79 коров, линии Фасадника 642 – 65 коров, линии Мергеля 2122 – 25 коров.

Поскольку племенное ядро должно отличаться наибольшей наследственной консолидацией, то в него были включены животные, полученные в результате однородного подбора.

Таблица 1 – Продуктивность коров племенного ядра и их женских предков

Линия	Показатели	Продуктивность		
		коров племядра	матерей	матерей отцов
Флориана 374	M± m	4894±92	6464±111	6686±142
	$\sigma$	819	934	986
	Cv	16	17	15
Фасадника 642	M± m	5176±112	5552±139	5617±119
	$\sigma$	903	720	893
	Cv	17	13	16
Мергеля 2122	M± m	5261±156	5174±186	6198±179
	$\sigma$	783	765	896
	Cv	15	15	15

Анализируя данные таблицы 1 следует учесть, что если у родителей (матери, матери отцов) продуктивность записана по полновозрастным лактациям, то в составе племенного ядра имеются молодые коров, продуктивность которых взята за первую и вторую лактации. Так, в линии Флориана 374 коров первого отела 33 %, второго 33 %; в линии Фасадника 642 соответственно 23 % и 15 %, Мергеля 2122 – 24 % и 12 %. Вследствие этого у коров племенного ядра, по сравнению с их родителями, ниже уровень удоя и выше его изменчивость (Cv).

Коэффициент устойчивости удоев – существенный показатель, характеризующий равномерность лактационной кривой. Животные с высоким коэффициентом устойчивости с меньшим напряжением обеспечивают максимальную пожизненную продуктивность.

Таблица 2 – Коэффициент устойчивости удоев

Линия	M± m	$\sigma$	Cv
Флориана 374	83,3±1,0	9,4	11,3
Фасадника 642	84,8±1,3	10,3	12,1
Мергеля 2122	85,8±2,1	10,3	12,0

Из данных таблицы 2 следует, что племенное ядро всех линий характеризуется высоким коэффициентом устойчивости удоев при небольшой его вариабельности.

Животные всех линий имеют высокую интенсивность роста в молодом возрасте, так в линии Флориана 374 первое плодотворное осеменение проведено в возрасте 18 мес. 23 дня при средней живой массе 432 кг, соответственно в линии Фасадника 642 – 19 мес., 434 кг, Мергеля 2122 – 20 мес., 449 кг.

Живая масса телок при первом плодотворном осеменении является важным хозяйственно-биологическим признаком. В стаде племрепродуктора СПК «Абодимовский» в результате обработки данных за ряд лет установлена определенная зависимость удоя первотелок от живой массы их при первом плодотворном осеменении (табл.3).

Таблица 3 – Сопряженность удоя с живой массой при первом осеменении

Градации по удою, кг	Количество, гол.	Удой за 1-ю лактацию, кг	При 1-ом плодотворном осеменении	
			возраст, мес.	живая масса, кг
До 1500	9	1150±27	18,8±0,18	428,4±4,6
1501-2500	70	2090±33	18,4±0,17	427,7±3,5
2501-3500	205	3061±48	18,7±0,19	428,0±3,7
3501-4500	275	3952±91	19,0±0,20	439,2±4,2
4501 и выше	64	5002±212	20,3±0,19	469,9±4,8
По стаду	623	3517±104	19,1±0,18	436,4±4,5

Для трех групп первотелок с градациями по удою до 1500 кг, от 1501 до 2500 и от 2501 до 3500 кг средняя живая масса составляет 428,4 кг. При увеличении живой массы удой значительно повышается. Так по группе, имеющей живую массу 439,2 кг, удой составил 3952, а по группе с живой массой 469,9 кг – 5002 кг.

Продолжительность межтельного периода составила по линии Флориана – 12 мес. 15 дней, Фасадника 12 мес. 12 дней и Мергеля 12 месяцев.

Важное значение имеет выявление и широкое использование линий с лучшей скороспелостью коров по основным хозяйственно-полезным признакам: уточнение селекционного значения показателей вымени животных с целью разработки рекомендаций по отбору коров для машинного доения.

Отбор коров с правильными формами вымени имеет особое значение, племенное ядро линий характеризуется следующими морфологическими и функциональными показателями вымени коров (табл.4,5).

Таблица 4 – Форма и равномерность развития вымени

Линия	Кол-во коров, гол.	Форма вымени				Развитие вымени, %		
		чашеобразное		округлое		равномерное	небольшое дольчатое	дольчатое
		гол.	%	гол.	%			
Флориана 374	71	58	81,7	13	18,3	30,5	23,7	45,8
Фасадника 642	63	50	79,4	13	20,6	16,1	12,5	71,4
Мергеля 2122	18	12	66,7	6	33,7	22,2	22,2	55,6

В племенном ядре преобладают коровы с чашеобразной формой и хорошим объемом вымени, но равномерность развития долей выражена недостаточно. Продолжительность доения и скорость молокоотдачи вполне удовлетворительные.

Таблица 5 – Функциональные показатели вымени

Линия	Продолжительность доения, мин.	Скорость молокоотдачи, кг/мин.
Флориана 374	4,17±0,17	1,522±0,02
Фасадника 642	4,99±0,21	1,502±0,02
Мергеля 2122	4,64±0,19	1,276±0,01

Таким образом, коровы племенного ядра всех линий характеризуются высоким удоем от 4894 до 5261 кг при средней его изменчивости –  $C_v$  от 15 до 17 %, имеют высокий коэффициент устойчивости удоев – 83,3% - 85,8 %, при небольшой его вариабельности  $C_v$  от 11,3 % до 12,1 %.

Вполне удовлетворительная интенсивность типа линий проявилась в большой живой массе коров – 432 кг – 449 кг при первом плодотворном осеменении в возрасте 18 мес. 23 дня и 20 месяцев соответственно, оптимальной продолжительностью межотельного периода 12 мес. и 12 мес.15 дней.

По морфофизиологическим показателям вымени, определяющим пригодность коров к машинному доению, коровы еще не соответствуют стандарту.

Совершенствование симментальского скота с использованием наиболее эффективных линий позволяет повышать продуктивные признаки животных.

Следовательно, линейное разведение делает передачу основных признаков по наследству более верной. Однако, необходимо отметить, что с каждым поколением молочная продуктивность в стаде в последние годы растет незначительно, а ведь главное в селекционной работе с линиями – это работа на превосходство в каждом последующем поколении.

#### Литература

1. Карпова О.С. Адаптивные принципы ведения скотоводства/ О.С. Карпова, Е.И. Анисимова, Е.Р. Батаршина // Молочное и мясное скотоводство. - № 8.- 2004.- С. 7
2. Полухина М.Г. Важно все породе, селекция, технология .../М.Г.Полухина//Животноводство России – 2014.- №6.-С.41-47.
3. Сельцов В.И. Практическое руководство по генеалогической систематике линий и родственных групп при чистопородном разведении симментальской породы/ В.И. Сельцов, Н.И. Стрекозов//ИТС МСХ РФ. СНПлем Р46 2001. Москва. - 2001. - 51 с.

#### References

1. Karpov O.S. Adaptive principles of animal husbandry / O.S.Karpov, E.I.Anisimova, E.R.Batarshina // Dairy and beef cattle. Number 8.- 2004.- P. 7
2. Polukhina M.G. It is important to all species, breeding, technology ... / M.G.Poluhina // Russia Livestock -. 2014.- №6.-P.41-47.
3. Seltsov V.I., Strekozov N.I. A Practical Guide to genealogical systematics lines and related groups at pure breeding of Simmental / V.I. Seltsov, Strekozov N.I. // Ministry of Agriculture, Moscow. - 2001. - 51 pp.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.262

Бирюля И.К.<sup>1</sup>, Панов Б.Л.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID:0000-0002-5250-5268 Аспирант, <sup>2</sup> Кандидат биологических наук,

Новосибирский государственный аграрный университет

**ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ХРЯКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПОРОДЫ ЛАНДРАС РАЗНЫХ ПОКОЛЕНИЙ****Аннотация**

Проведен анализ генетической ценности хряков-производителей породы ландрас ирландской селекции, и ее связь между дочерьми и их отцами. Исследования выполнены по материалам племенного учета свиного комплекса ОАО «Алтаймясопром», Алтайский край. В исследовании учитывались данные племенного учета 281 свиноматки породы ландрас, интродуцированных из Ирландии в Западную Сибирь, и данные об их отцах, дедушках и прадедушках ирландской селекции. Установлена средняя генетическая ценность животных по четырем поколениям. Показано, что в результате отбора и подбора происходит консолидация популяции по племенной ценности. Установлен промежуточный характер наследования данного показателя животных породы ландрас.

**Ключевые слова:** генетическая ценность, порода ландрас, свиньи, селекционный индекс, хряки.

Biryulya I.K.<sup>1</sup>, Panov B.L.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-5250-5268, Postgraduate, <sup>2</sup>PhD in Agriculture,

Novosibirsk state agrarian university

**THE RELATIONS OF GENETIC VALUE OF LANDRACE PIGS OF DIFFERENT GENERATIONS****Abstract**

We have conducted the analysis of the genetic value of landrace sire-boars and its relationship between them and their daughters, and them and their fathers of Irish selection. The research was performed on breeding records data of the industrial pig breeding complex "Altaymyasoprom", Altai Krai. We have observed breeding records of 283 landrace sows introduced from Ireland to Western Siberia, and the data of their fathers, grandfathers and great-grandfather of the Irish selection. The average genetic value of breeding stock in four generations was determined. It is shown, that as a result of selection consolidation of the whole population's genetic value occurs. It is found that this characteristic of landrace pigs has a transitional pattern.

**Keywords:** genetic value, landrace, pigs, breeding index, sire boars.

В настоящее время свиноводство, как отрасль исключительно скороспелого животноводства, становится одной из главных в решении мясной проблемы. В связи с этим увеличивается значение пород, линий, изменяются и развиваются методы селекции и взаимоотношения племенного и товарного свиноводства, углубляется их специализация [2,3]. Особое значение приобретает проблема оценки наследственных качеств хряков и маток, для отбора и использования в дальнейшем разведении [6].

Одним из ключевых методов оценки эффективности животных для воспроизводства является оценка воспроизводительных качеств свиноматок и хряков [7]. Например, всестороннее исследование племенных качеств, включающее откормочные и мясные показатели, скороспелость, плодовитость, устойчивость к болезням, жизнеспособность потомства и др. Так же важно учитывать и данные обо всех особях в популяции в соответствии со степенью родства [2,5].

В настоящий момент почти все передовые племенные компании мира осуществляют селекцию сельскохозяйственных животных по совокупности хозяйственно-полезных признаков, выраженных в индексных показателях (индекс В.И.Изппла, С. Райта, Ф.Ф. Эйснера, В.Михайлова, NTM (Nordic Total Merit), Н.М. Костомахина и др.) [10,12]. Однако, существующие на данный момент в нашей стране методы оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных несколько устарели, что ведет к их неспособности показать комплексное значение генетической ценности того или иного выбранного животного [24]. Кроме того, ныне существующая процедура оценки производителей по продуктивности дочерей предусматривает определение племенной ценности особей избирательно по каждому критерию. В результате, на практике снижается или нивелируется возможность определить рейтинг производителя по совокупной генетической ценности, нельзя улучшить систему подбора в выбранных стадах, так и в массовой репродукции [20].

В современном промышленном свиноводстве в РФ особое значение приобретает скрещивание местных пород свиней с новыми, импортированными из других стран, обладающими значительным генетическим резервом породами [1]. Ежегодно увеличивается объем ввозимого в нашу страну генетического материала из других стран. Это явление затронуло не только свиноводство, но и животноводство как отрасль в целом, а так же агрономию. Что делает особенно востребованным изучение качества ввезенного генетического материала, которое позволяет делать выводы о возможностях той или иной породы и ее адаптивности к условиям Сибири [13,25]. В связи с этим возникает потребность организации системного мониторинга среды для получения экологически безопасной продукции [11,24].

Точность оценки племенной ценности — главный показатель повышения эффективности селекционно-племенной работы [15,21], который с успехом применяется в передовых предприятиях животноводства по всему миру и способствует улучшению пород и линий животных. Генетическая оценка позволяет проводить одновременное сравнение параметров, полученных от различных генотипов в разнообразных условиях среды, от животных разных поколений, регистрацию их родственных связей, производить учет уровня спаривания, что позволяет достигнуть высокой эффективности селекции [14,23]. Данные о генетической ценности позволяют судить о продуктивных характеристиках всех особей конкретной популяции [17,20].

В основе оценки генетической ценности животных в Ирландии лежит оценка по таким общепринятым параметрам, как продуктивность и экстерьер, показатели воспроизводства и устойчивости к заболеваниям [1]. Но

наряду с классическими методами оценки используются и BLUP, Animal Model и др. [19]. С помощью ряда математических расчетов определяется доля каждого из показателей в экономической эффективности производства конечного продукта.

**Цель исследования** - определить генетическую ценность интродуцированной в Сибирь популяции свиней породы ландрас и связь между племенной ценностью животных в течение трех поколений.

**Материал и методы исследования.** Исследования выполнены по материалам племенного учета свиного комплекса «Алтаймясопром», Алтайский край. Были проанализированы данные родословных о генетической ценности 281 свиноматки-дочери породы ландрас, ввезенных из Ирландии в условия Западной Сибири и данные о таком же количестве их отцов, дедов и прадедов ирландской селекции, а так же данные об их матерях.

Материалы исследования были обработаны методом описательной статистики с использованием программы MS Excel 2003 и Gnumeric 1.10.16, вычислены основные статистические параметры, использован корреляционный анализ.

Работа выполнена в рамках научной темы «Изучение генофонда и фенофонда пород сельскохозяйственных животных Сибири» и гранта РНФ №15-16-30003.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Данные о генетической ценности племенных животных представлены в таблице.

Таблица – Связь племенной ценности свиней породы ландрас разных поколений

Показатель	$\bar{X} \pm \bar{S}_x$	$\sigma S \pm \sigma$	$\bar{C}_v \pm \bar{S}_{cv}$	Lim
Дочь	142,6±0,8	13,4±0,6	9,39±0,4	111-179
Отец	154,4±1,4	22,95±0,9	10,04±0,4	108,6-191,9
Дед	127,6±1,8	30,46±1,3	23,84±1,0	82,3-184,3
Прадед	129,2±1,6	27,51±1,1	21,29±0,9	74,9-180,8

Установлены среднепопуляционные значения племенной ценности у свиней породы ландрас ирландской селекции, завезенных в Западную Сибирь. Показано, что племенная ценность у дедов и прадедов была одинакова.

Наблюдалось значительное увеличение (в 1,21 раза) генетической ценности в третьем поколении отцов ( $p < 0.001$ ). Выявлено существенное уменьшение фенотипической изменчивости в третьем поколении у хряков-отцов и их дочерей (в 2,1-2,5 раза,  $p < 0,001$ ). Эти данные свидетельствуют о значительном увеличении однородности племенных животных.

Установлено промежуточное наследование генетической ценности животных. Племенная ценность хряков-производителей равна 154,3. При скрещивании отцов с матерями, чья генетическая ценность составила 134,3, у дочерей этот признак наследовался промежуточно и равнялся 142,6, что не отличается от теоретически ожидаемой (144,4). Увеличение племенной ценности у дочерей произошло за счет использования отцов с высокой генетической ценностью.

Интересно отметить тот факт, что в изученной популяции наблюдается высокая препатентность хряков-производителей по признаку племенной ценности. Так, например, нами показано, что коэффициент корреляции между племенной ценностью матерей и дочерей был равен 0,153, тогда как его величина между отцами и дочерьми равна 0,739. Поэтому важно использование производителей с высокой генетической ценностью, в которую включены и признаки продуктивности, и резистентность к заболеваниям.

Для получения экологически безопасной продукции следует проводить комплексный мониторинг кормовой базы, накопление тяжелых металлов в органах и тканях животных. Существует генетическая обусловленность уровня накопления тяжелых металлов в органах и тканях разных видов животных, поэтому в будущем целесообразно включение этих параметров в индекс племенной ценности [8,9,16].

#### Выводы

1. Установлены среднепопуляционные значения племенной ценности производителей в течение трех поколений. В третьем поколении генетическая ценность хряков-производителей увеличилась в 1,2 раза. Показано, что племенная ценность у свиней породы ландрас наследуется промежуточно.

2. Установлено наличие генетического разнообразия по индексу племенной ценности в популяции свиней ирландской селекции. В результате селекции фенотипическая изменчивость племенной ценности в течение трех поколений уменьшилась в 1,2 раза, что свидетельствует об уменьшении генетического разнообразия и увеличения однородности стада по этому показателю.

#### Литература

- Бирюля И.К. Влияние генотипов хряков на плодовитость и живую массу гнезда при рождении // Сборник науч. тр. по мат. межд. научн.-практ. конференции. Том 3, выпуск 7, 2014. – С.314-316.
- Бирюля И.К. Влияние генофонда семейств на плодовитость свиноматок породы ландрас/ IVМеждунар.конф «Инновационные разработки молодых ученых – развитию агропромышленного комплекса». – Ставрополь: ВНИИОиК, 2015. – С. 735-738.
- Бирюля И.К. Гематологический статус свиней породы ландрас в условиях промышленного свиного комплекса «Алтаймясопром»./ И.К. Бирюля, О.С. Короткевич // Сборник науч. тр. по мат. XI Регион. науч.-практ. конф. мол. уч. Сиб. фед. Округа. – Новосибирск, 2015. – С. 112.
- Ильин В.В. Устойчивость красного степного скота Алтайского края к некоторым заболеваниям / В.В. Ильин, А.И. Желтиков, О.С. Короткевич, Т.В. Коновалова // Достижения науки и техники АПК. 2014. – № 4. – С. 65-68.
- Камалдинов Е.В. Полиморфизм белков сыворотки свиней сибирской северной породы/ Е.В. Камалдинов, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов, А.И. Желтиков, А.А. Фридчер // Доклады РАСХН. – 2010. – №4 – С. 49-51.

6. Камалдинов Е.В. Характеристика семейств сибирской северной породы свиней по частотам эритроцитарных антигенов / Е.В. Камалдинов // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета, 2010. – Т. 2. – № 14. – С. 30-35.
7. Короткевич О.С. Биологический эффект воздействия ультразвука и низкоинтенсивного лазерного излучения на организм свиней: дисс. ... д.б.н. / НГАУ. Новосибирск, 2000.
8. Миллер И.С. Особенности накопления и корреляции тяжелых в чешуе судака Новосибирского водохранилища / И.С. Миллер, Т.В. Коновалова, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов, О.И. Себежко // Фундаментальные исследования. 2014. – № 9-11. – С. 2469-2473.
9. Нарожных К.Н. Закономерности аккумуляции тяжелых металлов в легких бычков герефордской породы в Западной Сибири / К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов, О.И. Себежко // Современные проблемы науки и образования, 2014. – №6. – С. 1447.
10. Петухов В.Л. Генофонд и фенотип сибирской северной породы и черно-пестрой породной группы свиней / В.Л. Петухов, В.Н. Тихонов, О.С. Короткевич, Е.В. Камалдинов, А.А. Фридчер. – Новосибирск: НГАУ, ИГи СО РАН, 2012. – 579 с.
11. Петухов В.Л. Иммуногенетические системы сывороточных белков крови свиней / В.Л. Петухов, А.И. Желтиков, М.Л. Кочнева, О.И.Себежко, В.В. Гарт, О.С. Короткевич, Е.В. Камалдинов // Доклады РАСХН. – 2003. – №15. – С.38-40.
12. Петухов В.Л. Генетика // В.Л. Петухов, О.С. Короткевич, С.Ж. Стамбеков, А.И. Жигачев, А.В. Бакайю Министерство образования и науки Республики Казахстан; Семипалатинский государственный педагогический институт. Новосибирск, 2007 (2-е издание).
13. Петухов В.Л. Генетическая структура кемеровской и крупной белой пород свиней по системам групп крови / В.Л. Петухов, А.И. Желтиков, В.В. Гарт, Е.В. Камалдинов, О.А. Желтикова // Сельскохозяйственная биология. – 2004. – № 2. – С. 43-49.
14. Себежко О.И. Гематологический статус скороспелой мясной и крупной белой пород свиней в начальный и постнатальный период онтогенеза / О.И. Себежко, В.В. Гарт, В.Н. Деметьев // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – №3. – С.53-44.
15. Способ стимуляции репродуктивных качеств свиноматок/ Петухов В.Л., Короткевич О.С., Себежко О.И., Петухова Т.В. Патент на изобретение RU 2377772 02.06.2008.
16. Способ определения содержания кадмия в мышечной ткани крупного рогатого скота / В.Л. Петухов, О.С. Короткевич, А.И. Желтиков, Т.В. Петухова. Патент на изобретение RU 2426119 24.03.2010.
17. Чинаров Ю., Зиновьева Н., Эрнст Л.К. Метод племенной оценки свиней на основе BLUP // Животноводство России. – Февраль 2007. – С.45-46.
18. Эрнст, Л.К. Рациональное использование племенных ресурсов и оптимизация породного районирования / Использование генофонда сельскохозяйственных животных: сб. тр. ВАСХНИЛ; под ред. Л.К. Эрнста. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1984. – С.3-8.
19. Biryulya I.K., Swine crossbreeding as a direct way to healthy nutrition / I.K.Biryulya // Book of Abstracts of Annual Conference Progress Through Innovation of the NSTU. – 2014. – P.105.
20. Kochneva M.L. The level of somatic genome mutations in farm animals / M.L. Kochneva, V.L. Petukhov, S.G. Kulikova et al.// Book of Abstracts of 50th Annual Meeting of the European Association of Animal Production. - 1999. - P.70.
21. Korotkevich O.S. Content of 137Cs and 90Sr in the forages of various ecological zones of Western Siberia. / O.S. Korotkevich, V.L. Petukhov, T.V. Konovalova, O.I. Sebezko, Ye Ya Barinov // Russian Agricultural Sciences. 2014. - V.40. - P.195-197.
22. Marmuleva N.I. Radionuclides accumulation in milk and its products / N.I.Marmuleva, E. Ya. Barinov, V.L. Petukhov // Journal De Physique IV: JP XII International Conference on Heavy Metals in the Environment. 2003. - P. 827-829.
23. Petukhov V.L. Cs-137 and Sr-90 level in dairy products / V.L. Petukhov, T.S. Gorb, I.V. Petukhov, Yu.A. Dukhanin, I.Z. Sevryuk, S.A. Patrashkov// Journal De Physique IV: JP XII International Conference on Heavy Metals in the Environment. 2003. - P. 1065- 1066.
24. Petukhov V.L. Cadmium content variability in organs of siberian hereford bull-calves / V.L. Petukhov, K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, O.I. Sebezko, G.N. Korotkova// 17<sup>th</sup> International Conference of Heavy Metals in the Environment Proceeding Abstract. 2014. - P. 74.
25. Stalder K. A new look at sow longevity // The Whiteshire Genetic Edge. – 2008 – Vol. 3. – № 1. – P. 20-22.

#### References

1. Birjula I.K. Vliyanie genotipov hrjakov na plodovitost' i zhivuju massu gnezda pri rozhdenii// Sbornik nauch. tr. po mat. mezhd. nauchn.-prakt. konferencii. Tom 3, vypusk 7, 2014. – S.314-316.
2. Birjula I.K. Vliyanie genofonda semejstv na plodovitost' svinomatok porody landras/ IVMezhdunar.konf «Innovacionnye razrabotki molodyh uchenyh – razvitiyu agropromyshlennogo kompleksa». – Stavropol': VNIIOiK, 2015. – S. 735-738.
3. Birjula I.K. Gematologicheskij status svinej porody landras v usloviyah promyshlennogo svinokompleksa «Altajmjasoprom»./ I.K. Birjula, O.S. Korotkevich // Sbornik nauch. tr. po mat. XI Region. nauch.-prakt. konf. mol. uch. Sib. fed. Okruga. – Novosibirsk, 2015. – S. 112.
4. Il'in V.V. Ustojchivost' krasnogo stepnogo skota Altajskogo kraja k nekotorym zabolevanijam / V.V. Il'in, A.I. Zheltikov, O.S. Korotkevich, T.V. Konovalova // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2014. – № 4. – S. 65-68.
5. Kamaldinov E.V. Polimorfizm belkov syvorotki svinej sibirskoj severnoj porody/ E.V. Kamaldinov, O.S. Korotkevich, V.L. Petuhov, A.I. Zheltikov, A.A. Fridcher // Doklady RASHN. – 2010. – №4 – S. 49-51.
6. Kamaldinov E.V. Harakteristika semejstv sibirskoj severnoj porody svinej po chastotam jehritrocitarnyh antigenov / E.V. Kamaldinov // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2010. – Т. 2. – № 14. – С. 30-35.

7. Korotkevich O.S. Biologicheskij jeffekt vozdejstvija ul'trazvuka i nizkointensivnogo lazernogo izluchenija na organizm svinej: diss. ... d.b.n. / NGAU. Novosibirsk, 2000.
8. Miller I.S. Osobennosti nakoplenija i korrelyacii tjazhelyh v cheshue sudaka Novosibirskogo vodohranilishha / I.S. Miller, T.V. Konovalova, O.S. Korotkevich, V.L. Petuhov, O.I. Sebezhko // Fundamentalnye issledovaniya. 2014. – № 9-11. – S. 2469-2473.
9. Narozhnyh K.N. Zakonomernosti akumuljarii tjazhelyh metallov v legkih bychkov gerefordskoj porody v Zapadnoj Sibiri / K.N. Narozhnyh, T.V. Konovalova, O.S. Korotkevich, V.L. Petuhov, O.I. Sebezhko // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija, 2014. – №6. – S. 1447.
10. Petuhov V.L. Genofond i fenofond sibirskoj severnoj porody i cherno-pestroj porodnoj grupy svinej / V.L. Petuhov, V.N. Tihonov, O.S. Korotkevich, E.V. Kamaldinov, A.A. Fridcher. – Novosibirsk: NGAU, ICI SO RAN, 2012. – 579 c.
11. Petuhov V.L. Immunogeneticheskie sistemy syvorotochnyh belkov krovi svinej / V.L. Petuhov, A.I. Zheltikov, M.L. Kochneva, O.I. Sebezhko, V.V. Gart, O.S. Korotkevich, E.V. Kamaldinov // Doklady RASHN. – 2003. – №15. – S.38-40.
12. Petuhov V.L. Genetika // V.L. Petuhov, O.S. Korotkevich, S.Zh. Stambekov, A.I. Zhigachev, A.V. Bakajju Ministerstvo obrazovanija i nauki Respubliki Kazahstan; Semipalatinskij gosudarstvennyj pedagogicheskij institut. Novosibirsk, 2007 (2-e izdanie).
13. Petuhov V.L. Geneticheskaja struktura kemerovskoj i krupnoj beloj porod svinej po sistemam grupp krovi / V.L. Petuhov, A.I. Zheltikov, V.V. Gart, E.V. Kamaldinov, O.A. Zheltikova // Sel'skohozjajstvennaja biologija. – 2004. – № 2. – S. 43-49.
14. Sebezhko O.I. Gematologicheskij status skorospelj mjasnoj i krupnoj beloj porod svinej v nachal'noj i postnatal'noj period ontogeneza / O.I. Sebezhko, V.V. Gart, V.N. Dement'ev // Dostizhenija nauki i tehniki APK. – 2012. – №3. – S.53-44.
15. Sposob stimuljarii reproduktivnyh kachestv svinomatok/ Petuhov V.L., Korotkevich O.S., Sebezhko O.I., Petuhova T.V. Patent na izobretenie RUS 2377772 02.06.2008.
16. Sposob opredelenija soderzhaniya kadmija v myshechnoj tkani krupnogo rogatogo skota / V.L. Petuhov, O.S. Korotkevich, A.I. Zheltikov, T.V. Petuhova. Patent na izobretenie RUS 2426119 24.03.2010.
17. Chinarov, Ju., Zinov'eva N., Jernst L.K. Metod plemennoj ocenki svinej na osnove BLUP // Zhivotnovodstvo Rossii. – Fevral' 2007. – С.45-46.
18. Jernst, L.K. Racional'noe ispol'zovanie plemennyh resursov i optimizacija porodnogo rajonirovanija / Ispol'zovanie genofonda sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh: sb. tr. VASHNIL; pod red. L.K. Jernsta. – L.: Kolos. Leningr. otd-nie, 1984. – S.3-8.
19. Biryulya I.K., Swine crossbreeding as a direct way to healthy nutrition / I.K. Biryulya // Book of Abstracts of Annual Conference Progress Through Innovation of the NSTU. – 2014. – R.105.
20. Kochneva M.L. The level of somatic genome mutations in farm animals / M.L. Kochneva, V.L. Petukhov, S.G. Kulikova et al. // Book of Abstracts of 50th Annual Meeting of the European Association of Animal Production. – 1999. – P.70.
21. Korotkevich O.S. Content of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr in the forages of various ecological zones of Western Siberia. / O.S. Korotkevich, V.L. Petukhov, T.V. Konovalova, O.I. Sebezhko, Ye Ya Barinov // Russian Agricultural Sciences. 2014. – V.40. – P.195-197.
22. Marmuleva N.I. Radionuklides accumulation in milk and its products / N.I. Marmuleva, E. Ya. Barinov, V.L. Petukhov // Journal De Physique IV: JP XII International Conference on Heavy Metals in the Environment. 2003. – P. 827-829.
23. Petukhov V.L. Cs-137 and Sr-90 level in dairy products / V.L. Petukhov, T.S. Gorb, I.V. Petukhov, Yu.A. Dukhanin, I.Z. Sevryuk, S.A. Patrashkov // Journal De Physique IV: JP XII International Conference on Heavy Metals in the Environment. 2003. – P. 1065- 1066.
24. Petukhov V.L. Cadmium content variability in organs of siberian hereford bull-calves / V.L. Petukhov, K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, O.I. Sebezhko, G.N. Korotkova // 17th International Conference of Heavy Metals in the Environment Proceeding Abstract. 2014. – P. 74.
25. Stalder K. A new look at sow longevity // The Whiteshire Genetic Edge. – 2008 – Vol. 3. – № 1. – P. 20-22.

# DOAJ

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

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

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



DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.003

Боме Н.А.<sup>1</sup>, Ушакова Т.Ф.<sup>2</sup>, Моденова Е.А.<sup>3</sup>, Боме А.Я.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-5467-6538, Профессор, доктор сельскохозяйственных наук, Тюменский государственный университет, <sup>2</sup> ORCID: 0000-0003-3263-6655, Магистрант, Тюменский государственный университет, <sup>3</sup> ORCID: 0000-0002-4630-4144, Бакалавр, Тюменский государственный университет, <sup>4</sup> ORCID: 0000-0001-6999-8997, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Россия

# ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛИСТЬЕВ *TRITICUM AESTIVUM* L. ОТ ИХ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ И ПЛОЩАДИ

Аннотация

В статье представлены результаты изучения 16 сортов яровой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения из мировой коллекции ВИР по водоудерживающей способности листьев в условиях вегетационных периодов 2013-2015 гг. На основании выявленных различий, по данному показателю, изученные сорта разделены на 3 группы с высокой, средней и низкой устойчивостью к недостатку влаги. Стабильным проявлением признака за весь период исследований характеризовались сорта: Челябинка 2 (Россия), Тюменская 25 (Россия), Витка (Украина), Герольд (Германия). Установлена сильная корреляция водоудерживающей способности с длиной листовой пластинки ( $r = -0,9 - 1,0$ ).

**Ключевые слова:** сорт, устойчивость, корреляция, условия выращивания.

Bome N.A.<sup>1</sup>, Ushakova T.F.<sup>2</sup>, Modenova E.A.<sup>3</sup>, Bome A.Y.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-5467-6538, Professor, PhD in Agriculture, Tyumen State University, <sup>2</sup> ORCID: 0000-0003-3263-6655, Undergraduate, Tyumen State University, <sup>3</sup> ORCID: 0000-0002-4630-4144, candidate for a bachelor degree, Tyumen State University, <sup>4</sup> ORCID: 0000-0001-6999-8997, PhD in Agriculture, N.I.Vavilov Institute of Plant Genetic Resources (VIR)

# RESEARCH OF DEPENDENCE WATER-RETENTIVE CAPABILITY FOR LEAVES OF *TRITICUM AESTIVUM* L. FROM THEIR LINEAR DIMENSIONS AND THE AREA

Abstract

The article presented results of the research of 16 varieties of spring wheat from different ecological and geographical place of origin of the world collection of VIR for water-retentive capability of leaves in growing seasons 2013-2015. Based on the identified differences in this indicator, varieties are divided into 3 groups with high, medium and low resistance to moisture deficiency. A stable demonstration of the characteristic for the entire research period characterized by varieties: Chelyabinka 2 (Russia), Tyumenskaya 25 (Russia), Vitka (Ukraine), and Herold (Germany). Determined a strong correlation of the leaf water-holding capacity with laminae length ( $r = -0,9 - 1,0$ ).

**Keywords:** variety, tolerance, correlation, growing conditions.

## Актуальность

Территория России значительно различается по количеству выпадающих осадков: регионы неустойчивого увлажнения – 250-500 мм и засушливые – менее 350 мм в год при испаряемости более 1000 мм. Наибольший вред засуха причиняет в весеннее и летнее время, когда идёт процесс образования генеративных органов, так как для формирования урожая необходимо относительно равномерное распределение осадков, особенно в период активного роста растений [1].

В естественных условиях сочетание почвенно-климатических, агрометеорологических и других факторов редко бывает наиболее благоприятным во все периоды онтогенеза растительного организма. Поэтому проблема засухоустойчивости сельскохозяйственных растений актуальна для многих регионов нашей страны [2].

Устойчивость растений к засухе во многом определяется водным режимом, присущим данному сорту. Как известно, чем больше относительное содержание оставшейся воды в листьях, тем выше водоудерживающая способность растительной ткани и тем лучше растение противостоит обезвоживанию [3].

Цель исследования – оценка сортов яровой мягкой пшеницы по водоудерживающей способности листьев в различных условиях выращивания, выявление связи между водоудерживающей способностью и морфометрическими параметрами листовой пластинки.

## Материалы и методы исследования

В качестве исходного материала были взяты 16 сортов яровой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения из мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР). Предварительную оценку по комплексу селекционно-ценных признаков сорта прошли в Тюменском опорном пункте ВИР.

По происхождению 8 сортов были из регионов Российской Федерации (Тюменская, Ульяновская, Самарская, Новосибирская, Челябинская области), 8 сортов – из других стран мира (Казахстан, Украина, Беларусь, Мексика, Китай, Аргентина, Германия).

Сорта различаются по морфологическим признакам (окраска колоса и зерновок, наличие или отсутствие остей, опушенность и др.) и относятся к пяти разновидностям: *lutescens* (СКЭНТ 1, Лютесценс 70, Тюменская 25, Новосибирская 15, Симбирцит, Витка), *graecum* (Варяг, Васагора 88), *eritrospermum* (Челябка 2, к-38111, Long 98-5501, Prointa Calidat, Cooperacion Nanihue), *pirothrix* (Икар) и *multurum* (Иргина). Из них 4 сорта районированы по сельскохозяйственной зоне Тюменской области в 2015 году (Лютесценс 70, Икар, Тюменская 25, Новосибирская 15) [4].

Комплексная оценка сортов яровой пшеницы осуществлялась в полевом опыте на экспериментальном участке биостанции «Озеро Кучак» Тюменского государственного университета, расположенном в Нижнетавдинском районе

Тюменской области. Почва дерново-подзолистая, окультуренная, супесчаная по гранулометрическому составу, содержание гумуса - 3,67%, pH – 6,6.

Фенологические наблюдения и морфологическое описание признаков проводили согласно Методическим указаниям по изучению мировой коллекции пшеницы [5], Международному классификатору СЭВ рода *Triticum* L. [6], Методическим указаниям (Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале, 1999) [7].

Для определения водоудерживающей способности в фазе колошения с растений яровой пшеницы был проведён отбор вторых листьев в период с 9 до 10 часов. Отбирали по 3 вторых листа на стебле разных растений каждого сорта в 4-х кратной повторности. Срезанные листья были помещены в полиэтиленовые пакеты, а затем перенесены в лабораторию. После взвешивания на весах (Shimadzu UX220H) листья оставляли на стеллажах на 3 часа для завядания. По истечении этого времени исследуемый материал повторно взвешивали и высушивали в течение 4-х суток для определения сухой массы навески. Водоудерживающую способность листьев рассчитывается по формуле [8]:

$$a = \frac{B-b}{A} \times 100\%, \quad (1)$$

где А - абсолютное содержание воды, В - сырая масса до завядания, б – сырая масса после завядания.

Абсолютное содержание воды (А) определялось как разность между сырой (В) и сухой (В) массой листьев.

Математическая обработка экспериментальных данных выполнена по стандартным методикам [9] с использованием программы для статистической обработки данных Microsoft Excel.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Анализ данных по водоудерживающей способности листьев 16 сортов яровой пшеницы, оцениваемых в полевых условиях вегетационных периодов 2013-2015 гг., показал, что этот показатель изменялся в широких пределах.

В 2013 году недостаточная влагообеспеченность отмечена в июне и августе, когда количество выпавших осадков по отношению к норме составило 62,0% и 62,7% соответственно. Развитие всходов, кушение растений, формирование генеративных органов яровой пшеницы сопровождалось недостатком влаги в почве. Число дней с осадками за месяц не превышало 7, из них во второй и третьей декадах - 1 и 2 дня соответственно. На фоне дефицита осадков отмечались жаркие периоды, в которые среднесуточная температура воздуха достигала 32,0°C в первой декаде и 31,7°C – во второй декаде.

Минимальной водоудерживающей способностью (61,0%) в сложившихся условиях характеризовался сорт Herold из Германии, а максимальной - 93,4% сорт Челябин 2 из России (Челябинская область), при среднем значении по всем сортам - 78,3%.

В 2014 году период посев – колошение растений яровой пшеницы можно характеризовать как засушливый (гидротермический коэффициент составил 0,75). Резкий недостаток влаги по отношению к среднесуточным значениям, отмечен в июне (46,40%) и первой декаде июля – 4,10 мм. Среднесуточная температура воздуха только в мае была выше нормы на 1,6°C. Самая высокая дневная температура в данный месяц составила 31,9°C, в то время как минимальная температура ночью опускалась до -0,2°C. В другие месяцы (июнь, июль, сентябрь) рост и развитие растений протекали при недостатке тепла, так как отклонения среднесуточной температуры воздуха от нормы составили 0,5°C (июнь) – 4,1°C (июль).

Водоудерживающая способность листьев изменялась от 40,9% (Васанора 88, Мексика) до 81,9% (СКЭНТ 1, Россия, Тюменская область), при среднем значении признака 68,2%.

Вегетационный период 2015 года был теплее по сравнению со средними многолетними значениями в мае и июне (на 2,1°C и 2,9°C соответственно) и прохладнее в июле и августе (на 2,4°C и 2,7°C соответственно). Условия для прорастания семян и формирования всходов складывались благоприятно по температурному режиму, но при недостаточной влагообеспеченности (во второй декаде осадки наблюдались только в течение 2-х суток в количестве 5,3 мм). В третьей декаде отмечалось колебание среднесуточной температуры воздуха от 7,8°C (22 мая) до 24,4°C (31 мая). В течение 7 суток температура воздуха была выше нормы на 1,2-9,8°C. Дожди зарегистрированы только 29 и 30 мая – 2,3 мм. Рост и развитие растений в июне проходили в условиях повышенного температурного режима на фоне дефицита влаги во второй и третьей декадах. Последующие месяцы вегетационного периода характеризовались достаточной влагообеспеченностью на фоне пониженной среднесуточной температуры воздуха.

В 2015 году было отмечено максимальное среднее значение водоудерживающей способности листьев - 83,6%, при варьировании по сортам от 61,8% (Икар, Россия, Тюменская область.) до 97,7% (Новосибирская 15, Россия, Новосибирская область).

На основании средних значений водоудерживающей способности листьев сорта яровой пшеницы дифференцированы на три группы: с высокой, средней и низкой засухоустойчивостью (табл. 1).

Таблица 1 – Водоудерживающая способность листьев сортов яровой мягкой пшеницы в различных условиях выращивания, %, фаза колошения растений

Устойчивость	Сорт	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Среднее, 2013-2015 гг.
Высокая	Челяба 2	93,4	80,9	95,7	90,0
	Новосибирская 15	87,9	69,2	97,7	84,9
	Варяг	93,1	60,7	97,1	83,6
	Long 98-5501	71,6	79,1	90,7	80,5
	Prointa Calidat	83,2	74,7	87,2	81,7
Среднее		85,8±4,02	72,9±3,66	93,7±2,03	84,1±6,75
Средняя	Cooperacion Nanihue	76,6	71,7	91,3	79,9
	Тюменская 25	73,0	77,3	85,3	78,5
	СКЭНТ 1	77,0	81,9	74,3	77,7
	Иргина	71,6	79,3	74,9	75,3
	Икар	84,3	63,8	61,8	70,0
	Симбирцит	72,7	77,8	77,6	76,0
Среднее		75,9±1,91	75,3±2,68	77,5±4,14	76,2±4,12
Низкая	Лютесценс 70	78,5	62,9	64,0	68,5
	-	66,8	58,7	94,9	73,5
	Васанора 88	83,9	40,9	84,2	69,7
	Вітка	77,6	52,9	78,6	69,7
	Herold	61,0	59,1	82,1	67,4
Среднее		73,6±4,19	54,9±3,85	80,8±5,00	69,8±9,23
<b>Среднее по сортам</b>		<b>78,3±4,15</b>	<b>68,2±2,94</b>	<b>83,6±2,79</b>	<b>76,7±4,52</b>

Для понимания взаимосвязи признаков определяют как они изменяются - самостоятельно, независимо друг от друга, или вариация одного в какой-то степени связана с вариацией другого [11].

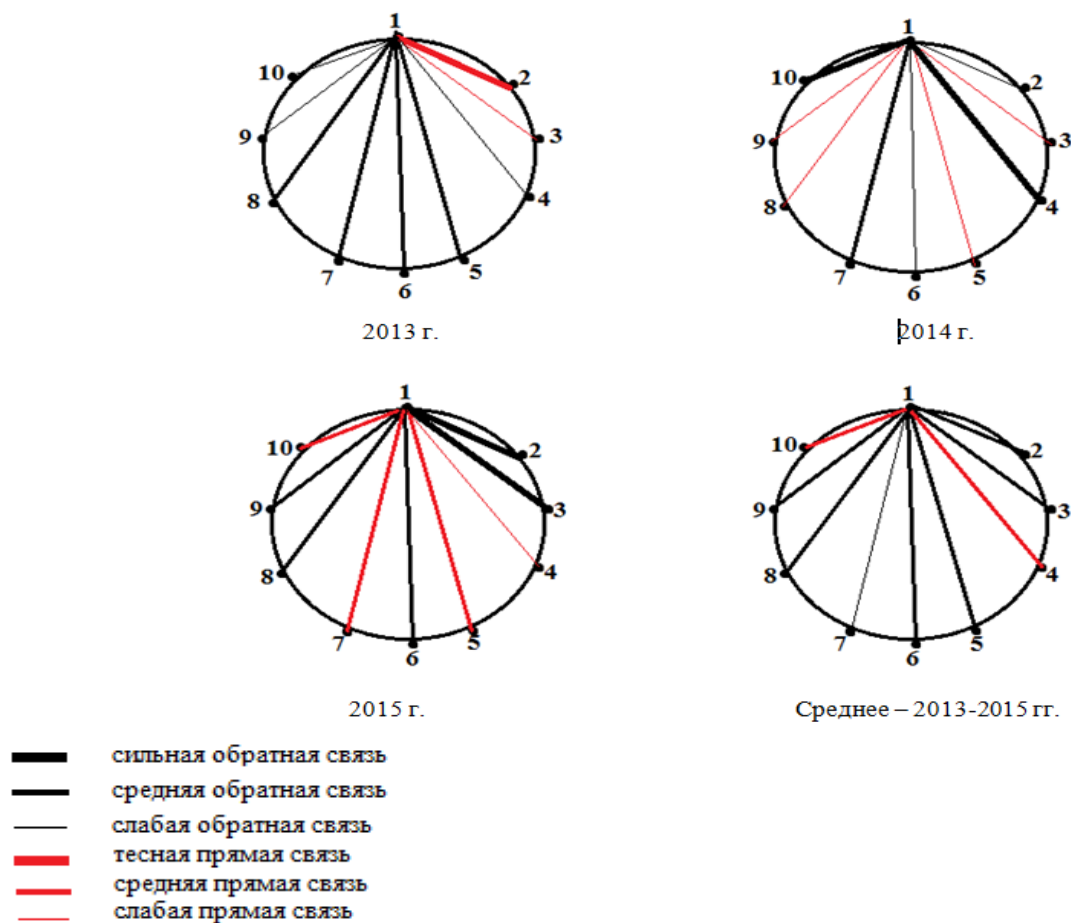


Рис. 1 – Графическое изображение корреляционных связей между водоудерживающей способностью листьев, их линейными размерами и площадью

Примечание:  $r < 0,3$  – слабая корреляция;  $r = 0,3-0,7$  – средняя корреляция;  $r > 0,7$  – сильная корреляция [10].

1 - водоудерживающая способность листьев; 2 - длина листа (высокоустойчивая группа); 3 - длина листа (среднеустойчивая группа); 4 - длина листа (низкоустойчивая группа); 5 - ширина листа (высокоустойчивая группа); 6 - ширина листа (среднеустойчивая группа); 7 - ширина листа (низкоустойчивая группа); 8 - площадь листа (высокоустойчивая группа); 9 - площадь листа (среднеустойчивая группа); 10 - площадь листа (низкоустойчивая группа).

В ходе исследования нами была изучена зависимость водоудерживающей способности листьев от их линейных размеров и площади. В 2013 году у засухоустойчивых сортов водоудерживающая способность листьев находилась в прямой зависимости от длины листовой пластинки ( $r = 1,0$ ). Во всех трех группах сортов преимущество имели растения с узкими листьями, о чем свидетельствует обратная корреляция между данным признаком и водоудерживающей способностью ( $r = -0,6$ ;  $-0,3$ ;  $-0,4$  соответственно).

В 2014 года ярко выраженная обратная связь водоудерживающей способности с длиной, шириной и площадью листовой пластинки отмечена в группе сортов с низкой засухоустойчивостью ( $r = -0,8$ ,  $r = -0,7$ ,  $r = -0,8$ , соответственно). В группах с высокой и низкой устойчивостью растений к недостатку влаги подобной зависимости не установлено.

В условиях вегетационного периода 2015 года отмечено существенное влияние на показатель водоудерживающей способности длины листьев в высоко- и среднеустойчивых группах сортов (связь обратная,  $r = -0,9$ ,  $r = -0,8$ ). Средняя корреляция наблюдалась с шириной листьев у сортов, характеризовавшихся высокой и низкой засухоустойчивостью (прямая связь  $r = 0,4$ ,  $r = 0,4$ ), у среднеустойчивых сортов связь также была средней, но обратной ( $r = -0,4$ ).

В среднем за 3 года исследований (2013-2015) сильной корреляции между изучаемыми признаками не установлено. Средняя обратная связь водоудерживающей способности была в группах с высокой и средней устойчивостью с длиной, шириной и площадью листовой пластинки, в низкоустойчивой группе отмечена средняя прямая связь с длиной и площадью листьев.

#### Заключение

Сорта яровой мягкой пшеницы, созданные для разных эколого-географических зон, отличались по водоудерживающей способности листьев. Этот показатель находился в зависимости от сортовых особенностей яровой пшеницы и метеорологических факторов вегетационных периодов 2013-2015 гг. Относительно высокую и стабильную по годам водоудерживающую способность сохраняли сорта из регионов России: Челябинская 2, Тюменская 25, СКЭНТ 1, Иргина. В среднем за годы исследования отмечалась средней силы связь водоудерживающей способности с длиной, шириной и площадью листьев.

#### Литература

1. Третьяков, Н.Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н.Н. Третьяков [и др.]. – М.: Колос, 2000. – 640 с.
2. Жолкевич, В.Н. Водный обмен растений / В.Н. Жолкевич [и др.]. – М.: Наука, 1989. – 256 с.
3. Полевой, В.В. Практикум по росту и устойчивости растений / В.В. Полевой [и др.]. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. Ун-та, 2001. – 212 с.
4. Сортовое районирование сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания по Тюменской области за 2015 год. Тюмень: ОАО Тюменский издательский дом, 2015. – 91 с.
5. Градчанинова, О.Д. Изучение мировой коллекции пшеницы / О.Д. Градчанинова, А.А. Филатенко, М.И. Руденко. – Методические указания. – Л., 1984. – 26 с.
6. Международный классификатор СЭВ рода *Triticum* L. Ленинград, 1984. – 84 с.
7. Мережко, А.Ф. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале / А.Ф. Мережко [и др.]. – Методические указания. – Санкт-Петербург: ВИР, 1999. – 82 с.
8. Христофорова, Г.А. Определение засухоустойчивости зерновых культур по изменению параметров водного режима / Г.А. Христофорова // Методические указания. – Ленинград: ВИР, 1982. – 74 с.
9. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропроиздат, 1985. – 351 с.
11. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. – М.: Высшая школа, 1964. – 328 с.

#### References

1. Tret'jakov, N.N. Fiziologija i biohimija sel'skohozjajstvennyh rastenij / N.N. Tret'jakov [i dr.]. – M.: Kolos, 2000. – 640 s.
2. Zholkevich, V.N. Vodnyj obmen rastenij / V.N. Zholkevich [i dr.]. – M.: Nauka, 1989. – 256 s.
3. Polevoj, V.V. Praktikum po rostu i ustojchivosti rastenij / V.V. Polevoj [i dr.]. – Spb.: Izd-vo S.-Peterb. Un-ta, 2001. – 212 s.
4. Sortovoe rajonirovanie sel'skohozjajstvennyh kul'tur i rezul'taty sortoispytaniya po Tjumenskoj oblasti za 2015 god. Tjumen': OAO Tjumenskij izdatel'skij dom, 2015. – 91 s.
5. Gradchaninova, O.D. Izuchenie mirovoj kollekcii pshenicy / O.D. Gradchaninova, A.A. Filatenko, M.I. Rudenko. – Metodicheskie ukazaniya. – L., 1984. – 26 s.
6. Mezhdunarodnyj klassifikator SJeV roda *Triticum* L. Leningrad, 1984. – 84 s.
7. Merezko, A.F. Popolnenie, sohranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoj kollekcii pshenicy, jegilopsa i tritikale / A.F. Merezko [i dr.]. – Metodicheskie ukazaniya. – Sankt-Peterburg: VIR, 1999. – 82 s.
8. Lakin, G.F. Biometrija / G.F. Lakin. – M.: Vyssh. shk., 1990. – 352 s.
9. Hristoforova, G.A. Opredelenie zasuhoustojchivosti zernovyh kul'tur po izmeneniju parametrov vodnogo rezhima / G.A. Hristoforova // Metodicheskie ukazaniya. – Leningrad: VIR, 1982. – 74 s.
10. Dospehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) / B.A. Dospehov. – M.: Agroprouzdat, 1985. – 351 s.
11. Rokickij, P.F. Biologicheskaja statistika / P.F. Rokickij. – M.: Vysshaja shkola, 1964. – 328 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.166

Булгучев М.Х.

Доктор экономических наук, профессор, декан экономического факультета

ФГБОУ ВО "Ингушский государственный университет"

**ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП СОЗДАНИЯ КРЕСТЬЯНСКО-ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ИНГУШЕТИЯ***Аннотация*

*В статье обосновывается этап подготовки и определения практических шагов в создании крестьянско-фермерского хозяйства (КФХ) в соответствии с мотивацией аборигенов и природно-климатических условий каждого муниципалитета исследуемого региона. Сравниваются две логико-графические модели функционирования субъектов хозяйствования при различных организационно-политических условиях в стране.*

*После выбора специализации на основе профессионального опроса потенциальных товаропроизводителей предложена эффективная деловая структура, которая зависит от особенностей руководителя, а также от этапов жизненного цикла семейной фермы и варианты смены её владельца.*

**Ключевые слова:** сельское хозяйство России, Республика Ингушетия, крестьянское (фермерское) хозяйство, размеры хозяйств, специализация.

Bulguchev M. H.

PhD in Economics, Professor, Dean of the economic faculty FGBOU VO "Ingush state University"

**THE PREPARATORY STAGE OF CREATING A PEASANT-FARMS IN CONDITIONS  
OF THE REPUBLIC OF INGUSHETIA***Abstract*

*The article explains the preparation stage and determines practical steps in the creation of peasant farms in accordance with the motivation of aboriginal and climatic conditions of each municipality of the investigated region. Compares two logic-graphic model of functioning of business entities at different organizational-political conditions in the country.*

*After you select specialization on the basis of a professional survey of potential producers proposed an efficient business structure, which depends on the characteristics of the head, as well as on stages of the life cycle of the family farm and options for change.*

**Keywords:** Russian agriculture, Republic of Ingushetia, the peasant (farmer) economy, size of farms, specialization.

Республика Ингушетия (РИ) один из субъектов Российской Федерации (РФ), образованный в нынешнем статусе Постановлением Верховного Совета страны от 4 июня 1992 года. Ранее с 1934 года её территория находилась в составе Чечено-Ингушской Автономной Советской Социалистической Республики (ЧИ АССР). Несмотря на столь быстро происходящие перемены сейчас, связанные с принятием Федеральной целевой программы "Социально-экономическое развитие Республики Ингушетия на 2010-2016 годы", по доходу на душу населения она значительно отстаёт от предпоследнего по списку субъекта России. И это несмотря на то, что имеет богатые природные ресурсы, высокий предпринимчивый темперамент аборигенов, избыток незанятой активной части населения – безработица составляет 57,7 % [5, с. 40] и зависит от сельскохозяйственного года.

Основными отрасли РИ являются – нефтедобыча и агропромышленный комплекс (АПК). На её угодьях в течение 100 лет (с 1915 г.) добываются углеводороды высшего качества. Но за это время она, будучи и в составе ЧИ АССР, постоянно считалась дотационной где-то на уровне 80 %, несмотря на то, что в некоторые годы добыча нефти достигала 1 млн. 350 тыс. тонн с примерно около 200 тысячным населением. "За истекшее столетие из недр Ингушетии выкачено 400 миллионов тонн высокооктановой нефти стоимостью 170 миллиардов долларов, десятки тысяч куб. м. буковой древесины для нужд оборонной промышленности, сотни тысяч тонн продукции сельского хозяйства и т. д." [4]. Простой подсчёт показывает, что от стоимости отпущенной нефти на социально-экономическое развитие этой территории оставили менее 1,0 процента.

Потенциальные сырьевые возможности горной части Ингушетии более два века назад исследовал российский учёный-химик и предприниматель Д.И. Менделеев. Сырьевые источники нашли, но перерабатывающая инфраструктура не создана до сих пор.

На наш взгляд здесь должна быть жёстко установлены и строго соблюдаться договорные отношения между Центром и регионами, в которых добываются углеводороды, другие полезные ископаемые.

Проблема Республики Ингушетия, как вновь созданного национально-территориального образования, усугубляется ещё и тем, что среди субъектов РФ, за исключением мегаполисов Москвы и Санкт-Петербурга, она по плотности населения занимает первое место – 123,1 чел. на 1 кв. км [5 с. 12]. Поэтому вынуждена постоянно увеличивать закупки мяса, молока, муки, масла, сахара и иных продуктов в соседних регионах, вывозя огромную наличность. Удовлетворять другие потребности у населения остро не хватает денег.

Ускоренное развитие малых форм хозяйствования с упразднением института Государственных унитарных предприятий (ГУП) – в данном конспекте бывшие колхозы и совхозы, перерегистрированные под разными другими вывесками – преобразуя их в крестьянские (фермерские) хозяйства стимулируя частное предпринимательство, способствовало бы на наш взгляд решению целого ряда задач. В научной литературе они классифицируются на экономические, социальные, экологические, инновационные, информационные и институциональные. Методология исследования взаимосвязи и взаимовлияния их послужила бы графическая модель перевёрнутого треугольника (рис. 1).

При таком раскладе общественных институтов эти функции смешиваются воедино, где нет научно-обоснованных стратегий по тому или иному субъекту: всё превращается в идеологию обслуживания надстройки.

То есть, социально-экономические отношения участников рыночного хозяйства ведут к необоснованной централизации общества, культивируя тем самым неэтичные проявления в обществе ("стукачество", "несунство" и пр.).

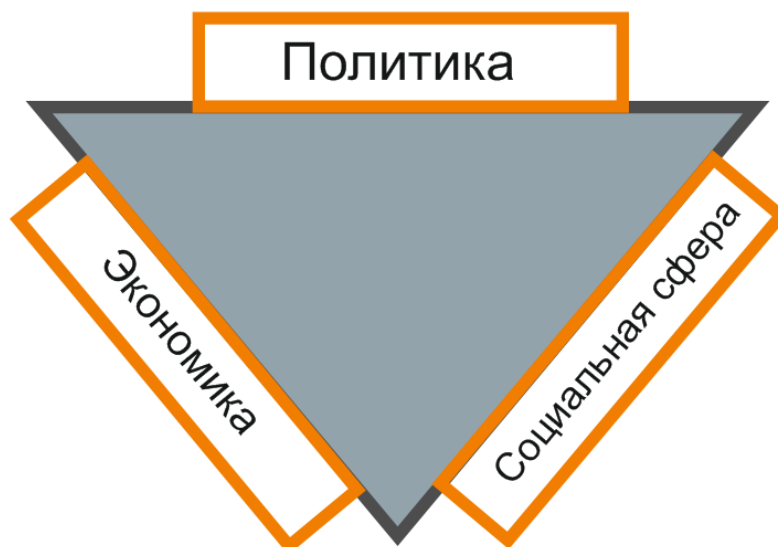


Рис. 1 – Логико-графическая модель функционирования субъекта при доминировании политики над социальной сферой и экономикой.

Абсолютно иным нам видится общественное развитие, когда по ниже представленному правильному треугольнику (рис. 2) на основе единой политики в стране, каждый субъект сам разрабатывает прогнозы и строит экономическое и социальное благополучие, уверенный в завтрашнем дне.

С такой формой расположения производительных сил и производственных отношений появляются возможности не только для создания современного механизма свободного производства материальных благ (оказание услуг), но и систему разумного и справедливого распределения и перераспределения ресурсов. "В некоторых северокавказских республиках 80 % и более объемов производства продукции приходится на личные подсобные хозяйства (ЛПХ) граждан" [1, с. 12]. Хотя по Закону РФ "О крестьянском (фермерском) хозяйстве" [3] эти типы хозяйств не являются товарными.

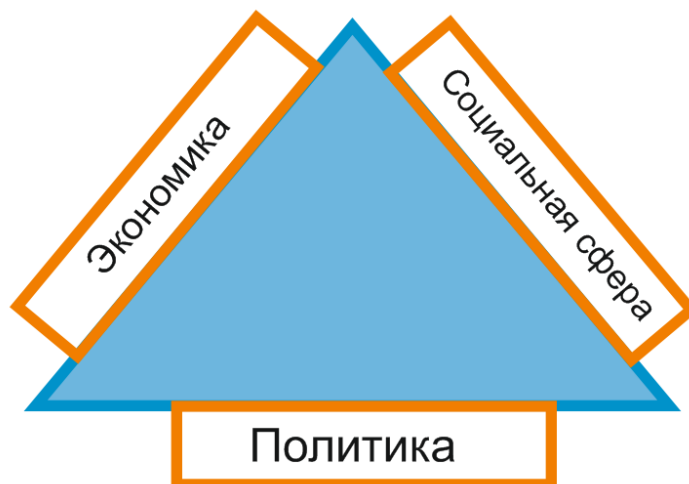


Рис. 2 – Логико-графическая модель функционирования субъекта при развитии социальной сферы и экономики на основе единой политики государства.

Как принято в мировой практике каждая страна обеспечивает субъектам: *во-первых*, территориальную целостность; *во-вторых*, военную безопасность; *в-третьих*, поддержку социальной сферы. А насколько благополучно будет развиваться тот или иной субъект в экономическом плане зависит от него самого. Но при обязательном соблюдении объективных, основанных на экономических законах, взаимоотношениях Центра и региона.

Несправедливо на наш взгляд считать субъект, имеющий на территории богатые запасы природных ресурсов, второсортным, точнее дотационным с постоянно запущенной производственной и социальной инфраструктурой, не оставляя ему и полпроцента на капитализацию экономики. Поэтому из-за экстенсивно выкаченной в больших объемах нефти в последние два десятилетия в Малгобекском районе и г. Крабулаке Сунженского района, где в основном и добывалась нефть, стремительно растёт количество оползневых зон, которые создают опасность для проживания десяткам тысяч людей. Власти тратят возможные материально-финансовые ресурсы на переселение их в менее безопасные места: построили сельские поселения Берд-Юрт, Зязиков-Юрт, Новый и др.



Три района ЧИ АССР (Малгобекский, Назрановский и Сунженский) с общим размером земельной площади 3,6 тыс. кв. км [5, с. 12] составили РИ как субъект РФ. После от Сунженского района отпочковался Джейрахский район с чуть более трёх тысячным населением. Но относительно богатым оказался Назрановский район, на территории которого углеводороды не добывались вообще, а население занималось сельскохозяйственным производством.

Таким образом, складывающиеся внутри и вокруг РИ условия должны быть использованы на развитие малого предпринимательства в АПК с учётом национальных комплексов аборигенов. Методология организации такого направления нами выбрана после опроса местного населения с уточнением специализации и концентрации семейных ферм.

Выбор и методологической основой построения системы управления организацией является формирование миссии, что в переводе с английского языка означает *видение* – будущее предприятия. Поэтому при разработке специализации фирмы с анализом и синтезом проблемы, учитывая перспективу, предпринимателю необходимо перед тем, как проводить консультации со специалистами различных профилей (организационных, отраслевых, социальных, технических) ответить себе на основной вопрос – зачем он это делает?

По данным монографических исследований отечественных учёных под специализацией понимается сосредоточение деятельности предприятия на производстве определённого вида продукции или оказания услуг. Но в последнее время предприниматели всё больше задумываются не только над экономической или управленческой деятельностью, но и заинтересованы проблемами социального содержания. Это стало возможным благодаря современным средствам коммуникации, чтобы показать в обществе (предприятие, муниципалитет, регион и т. д.) персонифицированный имидж работающих рядом людей. Получая положительную оценку, начиная с окружающего контингента, предприниматель обеспечивает снижение зависти к своей коммерческой деятельности, открытость для посещения представительных, административных, банковских, страховых и других организаций, формируя основу для возможного участия в выборных компаниях.

В ныне действующих сельскохозяйственных предприятиях специализация определяется методикой расширения одной или нескольких отраслей, сокращая параллельно другие. На наш взгляд в практической деятельности немаловажную роль в формировании специализации и размеров фермерских хозяйств играют деловые качества и возраст руководителя и его семьи. Необходимо учесть и момент, когда придётся сменить владельца предприятия, а также выявить, насколько реально он отражает ожидания семьи. В законодательстве РФ подчёркивается, что эти типы хозяйств создаются на основе семейно-родственных связей.

Наше интервьюирование владельцев фермерских хозяйств РИ и их будущих потенциальных коллег показало, что многие из них на практике готовы заняться в собственном хозяйстве несколькими видами деятельности: от двух до семи направлений, даже и не смежными. Видимо, это связано с тем, что в РИ не хватает продуктов – они завозные, имеют большой спрос и соответственно на них высокие цены. Далее мы узнаём, чем больший практический опыт имеет фермер, тем он более скромнее в своих высказываниях – заниматься одновременно несколькими видами деятельности или ограничиться одной-двумя. Чтобы окончательно стал вопрос в рыночные рамки, необходимо время, когда в полной мере заработает механизм здоровой конкуренции. Среди опрошенных нами 84 фермеров в разных районах и различных специализаций (7,3 %), а также 54 человек будущих их коллег, всего 6 фермеров и 3 кандидата в фермеры хотели заниматься одним направлением: 8 – производством зерна и 1 – садоводством. От числа интервьюированных респондентов это составляет 7,1 % и 5,6 % соответственно.

Около 75 % опрошенных фермеров желали заниматься животноводством мясного и (или) молочного направления.

После выбора специализации наиболее эффективная деловая структура зависит от особенностей руководителя, а также от этапов жизненного цикла семейной фермы. В начальный период предлагается нижеследующая структура этапов принятия управленческих решений (рис. 5).

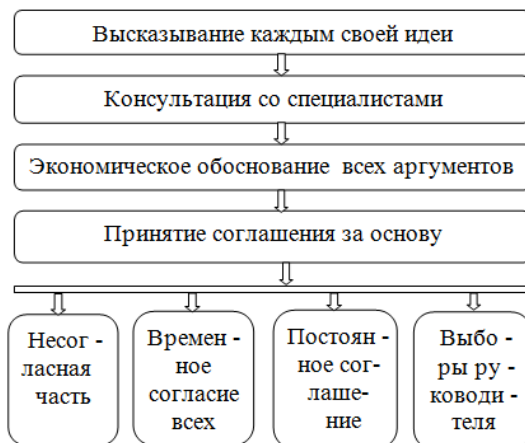


Рис. 5 – Формирование структуры управления будущей семейной фермы

Подобная схема удобна и тем, что многие преуспевающие фермеры задумываются о том времени, когда им придётся отойти от дел на заслуженный отдых и передать хозяйство потомкам. Это сложный вопрос, так как далеко не все молодые люди стремятся быть фермерами. Поэтому можно подумать о том, с кем бы до наступления того периода объединить активы своего хозяйства.

Рассмотрим более подробно роль отдельных факторов, влияющих на выбор специализации и управленческую структуру.

По метеорологическим условиям территория РИ разделена на четыре сельскохозяйственных района и находится в зоне рискованного земледелия. Температура воздуха часто варьирует от средних установившихся многолетних норм со значительными отклонениями, особенно в летний период. Учитывая также низкую урожайность зерновых культур и мотивацию местного населения, на данный момент эффективней развивать животноводство молочного и мясомолочного направлений. Климатические условия, особенно Малгобекского и Сунженского районов, являются благоприятными для производства кормов сеянных, естественных трав и фуражного зерна. Выращивать товарное зерно, картофель и овощи открытого грунта рациональней в хозяйствах Назрановского района. В Джейрахском районе нет пашни и фермерских хозяйств, поэтому при последующих расчётах размеры индивидуальных хозяйств не рассматриваются.

Из обследованных нами на 15 мая 2014 г. 1154 фермерских хозяйств Республики Ингушетия 861 (74,6 %) имели животноводческое направление: молочное и мясомолочное – 616 (53,4 % от числа общих и 71,5 % от числа животноводческих хозяйств), и мясное – 245 хозяйств (21,2 % и 28,5 % соответственно). Площади угодий в среднем составляют в молочных 24, молочно-мясного 28 га и мясного 32 га.

Как показывает статистика, численность сельского населения (59,6 %) республики больше городского (40,6 %) [5, с. 22]. Но в расчётах по определению потребностей фермерских хозяйств в необходимых работниках следует учитывать и часть городского населения, так как потенциально и горожанин может стать фермером. Здесь нужно установить дефлятор, по которому можно определять примерное соотношение потенциальных сельских и городских фермеров.

Мониторинг миграции населения последних лет благоприятствует активному развитию всего экономического потенциала Республики Ингушетия, в том числе её традиционную отрасль – сельское хозяйство. Относительные колебания выбытия населения значительно меньше, чем приток. Большая доля в этом падает на показатели миграции в пределах России, то есть на межрегиональную миграцию. А среди стран Содружества независимых государств – на Казахстан, где проживает большое количество ингушей со времени депортации.

Численность одной семьи в Ингушетии составляет 5,4 человека. В структуре всего населения по возрастным группам на начало 2014 года самый большой процент (по 9,5) занимали 20-24 и 25-29 летние [5, с. 22]. Среди сельского населения выше и рождаемость.

Прежде чем рассчитать размеры фермерских хозяйств, организуемых в трёх районах (кроме Джейрахского) и двух городах (Назрани и Карабулаке) необходимо, на наш взгляд, привести ещё ряд дополнительных показателей, определяющих уровень развития производительных сил. Это нормативная или сложившаяся хронометражная нагрузка на одного работающего в разных типах хозяйств, включая личные подсобные хозяйства граждан. А также возможная норма рентабельности.

После того, как в указанных населённых пунктах основной специализацией фермерских хозяйств определено животноводство молочного, мясомолочного и отчасти мясного направления, наш опрос показал, что фермеры в Республике Ингушетия хотели бы содержать один из следующих трёх типов хозяйств: 27 голов молочного (25 %), 41 голов молочно-мясного (22 %) и 54 голов мясного направления (18 %).

Таким образом, можно заключить – основной продукцией фермерских хозяйств на ближайшую перспективу в Ингушетии будет молоко и мясо, а примерные их размеры следующие:

- ферма на 27 коров со шлейфом (всего 42 голов);
- ферма на 41 коров со шлейфом (всего 64 голов);
- ферма на 54 коров со шлейфом (всего 86 голов) [2, с. 18].

#### Литература

1. Булгучев М.Х. Сравнительный анализ социально-экономического потенциала Республики Ингушетия для развития фермерского производства // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2011. Т. 6. № 1 (19). С. 12-16.
2. Булгучев М.Х. Механизм создания и функционирования крестьянско-фермерских хозяйств. Международный научно-исследовательский журнал № 3 (45) – 2016. Часть 1 – Март. С. 18-23.
3. Закон РФ "О крестьянском (фермерском) хозяйстве" № 74-ФЗ от 11 июня 2003 г. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_42662/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_42662/) (дата обращения: 21.02.2016). – Загл. с экрана.
4. Письмо депутата Верховного Совета РФ Б. Богатырёва на имя президента Б.Н. Ельцина. Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://mehkkel.org/pismo-prezidentu-rossijskoj-federa>.
5. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Ингушетия. Статистический ежегодник "Ингушетия в цифрах". – Магас, 2014. – 212 с.

#### References

1. Bulguchev M. H. Comparative analysis of the socio-economic potential of the Republic of Ingushetia for the development of farm production // Bulletin of Kazan state agrarian University. 2011. Vol. 6. No. 1 (19). P. 12-16.
2. Bulguchev M. H. The Mechanism of creation and functioning of farms. International research journal No. 3 (45) – 2016. Part 1 – March. P. 18-23.
3. The RF law "On peasant (farmer) economy" No. 74-FZ of June 11, 2003, Electron. text Dan. – Access mode: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_42662/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_42662/) (accessed: 21.02.2016). – The ingestion. screen.
4. The letter of the Deputy of the Supreme Soviet of the Russian Federation B. Bogatyrev addressed to President B. N. Yeltsin. Electron. text Dan. – Access mode: <http://mehkkel.org/pismo-prezidentu-rossijskoj-federa>.
5. Territorial body of Federal state statistics service of the Republic of Ingushetia. Statistical Yearbook "Ingushetia in figures". – Magas, 2014. – 212 p.



DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.239

Важов В.М.<sup>1</sup>, Важов С.В.<sup>2</sup>, Оди́нцев А.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-5486-0637; Доктор сельскохозяйственных наук, профессор; <sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-7447-3404; Кандидат биологических наук, доцент; <sup>3</sup>ORCID: 0000-0002-3247-8186; кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет имени В.М. Шукшина»

**СТРУКТУРА ПАШНИ И ПОСЕВЫ ГРЕЧИХИ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ****Аннотация**

Исследовательская работа предусматривала изучение структуры пашни в Алтайском крае. В 2015 г. доля гречихи в посевной площади региона составила 7,5%, чистые пары текущего года – 12,8%, зерновые и зернобобовые, включая кукурузу – 67,3%, другие культуры – 12,4%. Урожайность гречихи в крае за последние 8 лет (2007-2014 гг.) недостаточно высокая – 0,74 т/га, и, к тому же, неустойчивая во времени и разнообразная по природным зонам. Это сдерживает рост производства зерна в регионе, поэтому товаропроизводители часто завышают посевы гречихи, что не соответствует системе земледелия и не способствует росту урожайности других культур севооборота. Для наращивания производства и увеличения объемов продажи гречихи необходимо учитывать пространственное размещение посевов, соблюдать зональные технологические требования к возделыванию культуры, использовать локальное орошение территории. Соблюдение зональных агрокомплексов по выращиванию гречихи в масштабах региона позволит повысить её урожайность в 1,5-2,0 раза и увеличить производство зерна.

**Ключевые слова:** Алтайский край, гречиха, структура пашни, посевные площади, урожайность.

Vazhov V.M.<sup>1</sup>, Vazhov S.V.<sup>2</sup>, Odintsev A.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-5486-0637; PhD in Agriculture, Professor; <sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-7447-3404; PhD in Biology, Associate professor; <sup>3</sup>ORCID: 0000-0002-3247-8186; PhD in Agriculture, Associate professor, The Shukshin Altai State Humanities Pedagogical University

**THE STRUCTURE OF ARABLE LAND AND CROPS OF BUCKWHEAT IN THE ALTAI REGION****Abstract**

Research work involved the study of the structure of arable land in the Altai region. In 2015 the share of buckwheat in the cultivated area of the region amounted to 7.5%, net pairs of the current year is 12.8%, grains and legumes, including corn – 67.3 per cent, other crops and 12.4%. Buckwheat yield in the region for the last 8 years (2007-2014) not enough high – 0.74 t/ha, moreover, unstable in time and diverse in natural areas. It inhibits the growth of grain production in the region, so the manufacturers often overstate the crops of buckwheat, which was not the system of agriculture, is not conducive to the growth of productivity of other crops. To increase production and increase sales of buckwheat, it is necessary to consider the spatial distribution of crops, zoned to comply with the technological requirements for the cultivation of culture, are linked to her biology, to use a local irrigation site. Respect of zonal agriculture, the cultivation of buckwheat in the region will increase its yield by 1.5-2.0 times and to increase grain production.

**Keywords:** Altai, buckwheat, structure of arable land, sown area, crop capacity.

Алтайский край занимает ведущее положение в земледелии Сибирского федерального округа – потому что именно здесь сосредоточена основная часть зернового производства. Зерновой клин в современных условиях является главной составляющей структуры посевных площадей, оптимизация которых во всех природных районах региона представляет первостепенную задачу.

Особое место в зернопаровых севооборотах с преобладанием зерновых культур сплошного посева отводится гречихе посевой (*Fagopyrum esculentum* Moench.) как наиболее распространенной и востребованной на рынке крупяной культуры. В среднем за последние 8 лет (2007-2014 гг.) в Алтайском крае гречихой засевалось 403 тыс. га, что составляло примерно 40% от российских площадей [1]. Однако урожайность зерна данной культуры в регионе недостаточно высокая – 0,74 т/га, к тому же, неустойчивая во времени и разнообразная по природным зонам. Так, наилучшая урожайность получена здесь в 2009 г. (0,97 т/га), наихудшая – в 2012 г. (0,59 т/га), причем предгорья Алтая показали самые высокие результаты – 1,22 т/га (2009 г.), а сухостепная Кулунда самые худшие (низкие) – 0,25 т/га (2012 г.). Для наращивания производства гречихи и увеличения объемов её продажи товаропроизводители часто идут по пути завышения площади посевов, что не соответствует системе земледелия и не способствует росту урожайности других культур севооборота. В связи с этим, анализ территориальных особенностей размещения посевов гречихи в пределах природных зон региона позволит наметить пути увеличения производства зерна.

Изучение размеров посевных площадей под урожай 2015 года показало, что в хозяйствах всех категорий в разрезе муниципальных районов и городских округов Алтайского края они достаточно разные (таб. 1). Это предопределяет специфику земледелия, связанную с динамикой сельскохозяйственных угодий, обусловленной особенностями рельефа и многообразием агрометеорологических показателей [2].

Представляет интерес структура посевных площадей под урожай 2015 г. [3]. Из имеющейся посевной площади в количестве 5392,9 тыс. га на чистые пары текущего года приходилось 689,1 тыс. га, на зерновые и зернобобовые, включая кукурузу – 3632,1 тыс. га, на гречиху – 403,0 тыс. га.

Таблица 1 – Размеры посевных площадей под урожай 2015 года в Алтайском крае, тыс. га (по данным Алтайкрайстата)

Природный район	Посевная площадь	Из них				Доля гречихи в посевной площади, %
		чистые пары текущего года	зерновые и зернобобовые, включая кукурузу	в том числе зернобобовые культуры	гречиха (средн. 2007-2014 гг.)	
Кулундинская степь	1379,1	158,5	889,9	10,7	18,0	1,30
Алейская степь	1190,5	117,3	778,7	36,4	56,3	4,73
Приобская лесостепь	1470,9	243,6	1049,3	23,6	76,2	5,18
Лесостепь предгорий Салаира	883,8	120,1	620,0	32,6	170,8	19,32
Предгорья Алтая	468,6	49,6	294,2	11,1	81,7	17,43
В целом по краю	5392,9	689,1	3632,1	114,4	403,0	7,47

Наиболее существенные изменения в структуре сельхозугодий по площадям характерны для пашни - она уменьшилась с 7096,5 тыс. га (1992 г.) до 6505,0 тыс. га (2012 г.), то есть на 591,5 тыс. га [4, 5]. Это способствовало снижению валового производства зерна. Следует отметить, что общая земельная площадь в крае с 1992 г. также значительно снизилась (на 5253,3 тыс. га) и в 2012 г. составила 11546,3 тыс. га, соответственно, уменьшились и сельскохозяйственные угодья - на 454,5 тыс. га. Однако доля пашни за 20 лет в сельхозугодьях изменилась незначительно - 36% (1992 г.) и 39% (2012 г.).

В дореформенный период общая площадь всех земельных угодий края составляла 26089,9 тыс. га, из которых 12763,6 тыс. га (48,9%) занимали сельскохозяйственные угодья. На долю пашни приходилось 7227,0 тыс. га, что составляло 27,7% от общей площади, или 56,6% всех сельскохозяйственных угодий. Сенокосы занимали 1548,8 тыс. га, или 12,1%, пастбища 3998,8 тыс. га, или 31,3% используемых земель (табл. 2) [5].

Динамика пашни в Алтайском крае, как главной составляющей сельхозугодий, в разрезе лет (2007-2012 гг.) и доля посевов гречихи в ней не имели четкого соответствия между собой [2]. В разные годы гречихой в регионе засевалось от 4 до 8% пашни, причем минимальные значения (4%) характерны для 2009 г. (285 тыс. га), максимальные (8%) – для 2012 г. (494 тыс. га). В то же время, наименьшая площадь пашни отмечена в 2007 г. (6302,9 тыс. га), а наибольшая – в 2010 г. (6518,7 тыс. га). Таким образом, отклонения посевных площадей гречихи между собой составляли 42%, а пашни – только 3%.

Данные рисунка 1 свидетельствуют о том, что доля гречихи в посевной площади Алтайского края в 2015 г. составила 7,5%, чистые пары текущего года – 12,8%, зерновые и зернобобовые, включая кукурузу – 67,3%, другие культуры – 12,4%. По различным источникам, насыщенность посевов гречихой, в зависимости от почвенно-климатических условий и системы земледелия, может достигать 20%.

На рисунке 2 в виде схемы показано расположение природных районов Алтайского края, все они характеризуются достаточно контрастными посевными площадями гречихи. Из схемы следует, что минимальные посевы данной культуры в среднем за 8 лет имелись в Кулундинской степи (18,0 тыс. га), максимальные – в лесостепи предгорий Салаира (170,8 тыс. га). В процентном соотношении это составляет 4,5 и 42,4 % от краевых показателей.

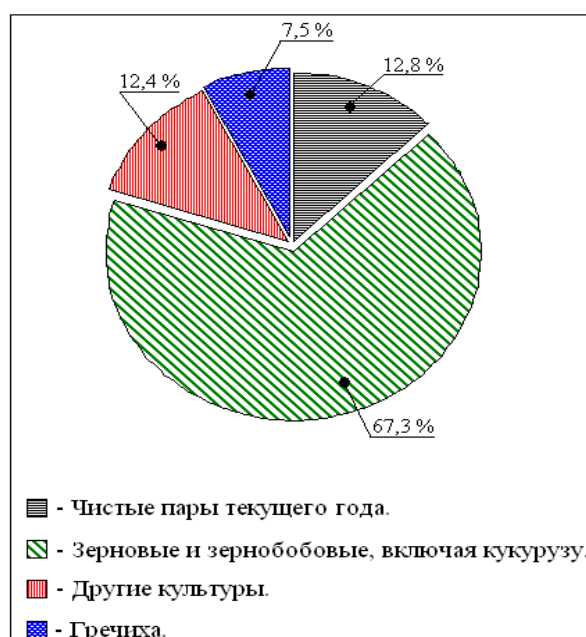


Рис. 1– Посевные площади под урожай 2015 года в природных районах Алтайского края, %

Приобская лесостепь и Предгорья Алтая занимают промежуточное значение, соответственно, 76,2 и 81,7 тыс. га (примерно по 20%). Динамика посевных площадей гречихи в регионе в определённой степени связана с её урожайностью: хозяйства наращивают посевы в тех зонах, где культура урожайнее. По нашему мнению, проблема биологии гречихи – растянутость периода цветения и плодообразования [6, 7] – менее остра в предгорьях и лесостепи региона, где агрометеорологические показатели чаще соответствуют необходимым требованиям процесса опыления цветков и плодообразованию. Огромная избыточность цветения гречихи и низкая эффективность семяобразования могут быть приведены в соответствие путем целенаправленного изменения архитектуры растений гречихи селекционным путем [8].

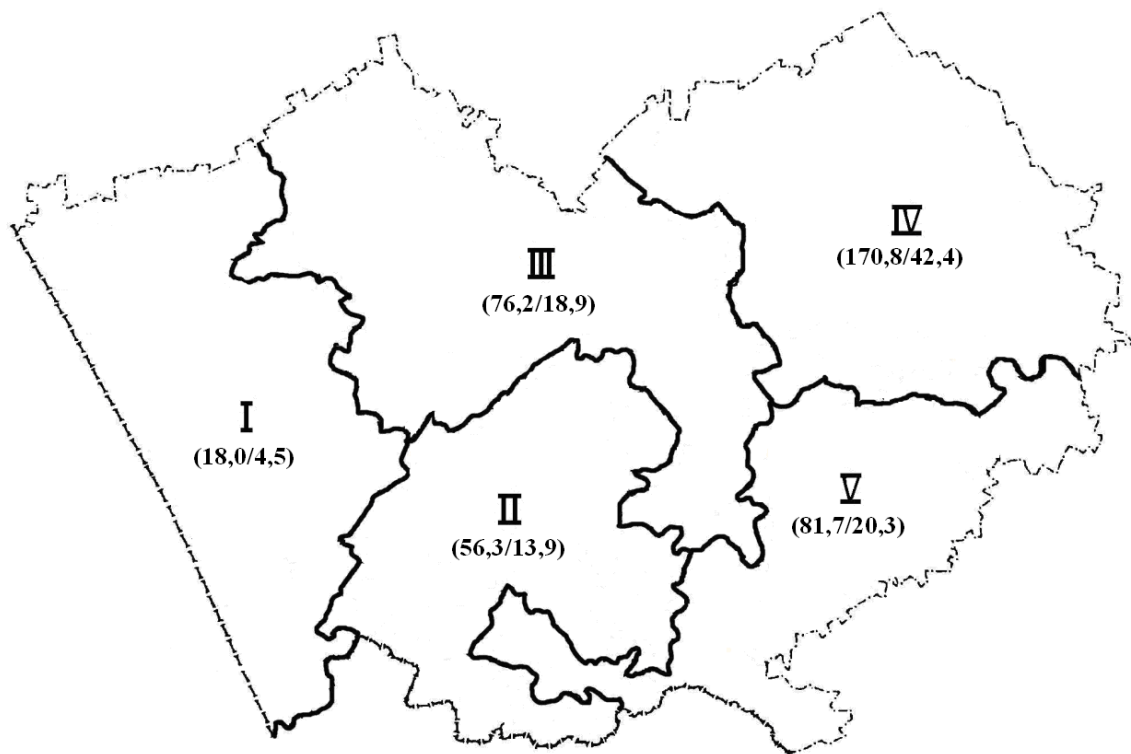


Рис. 2. Посевные площади гречихи по природным районам Алтайского края (2007-2014 гг.)

Условные обозначения:

Природные районы: I – Кулундинский; II – Алейский; III – Приобский;

IV – Предгорий Салаира; V – Предгорий Алтая.

В числителе – площадь, тыс. га; в знаменателе – %

Расширение посевного клина гречихи в отдельных природно-экономических зонах края объяснимо низким биоклиматическим потенциалом территории и периодическими засухами, создающими дефицит продуктивной влаги в почве. В таких условиях существенный рост урожайности гречихи за счет других факторов проблематичен. Одним из резервов увеличения объемов наращивания зерна гречихи может стать реализация технологий орошения данной культуры в Кулундинской и Алейской степных зонах. В дореформенный период Алтайский край занимал ведущие позиции в орошаемом земледелии России. Имеется научное обоснование режимов орошения многих сельскохозяйственных культур, поэтому вопрос выращивания гречихи в условиях орошения на Алтае требует детального рассмотрения. Однако восстановление площадей прежних орошаемых массивов, проведение научно-исследовательских работ в аспекте эффективности и экологизации агроуправляющих приемов требуют больших финансовых вложений и времени. В этом отношении активно работают волгоградские ученые [9, 10], отдельные результаты исследований которых могут быть адаптированы к условиям Алтайского края, особенно разработки в области борьбы с засолением и улучшением плодородия орошаемых земель.

Другим важным резервом увеличения производства гречихи в регионе может стать техническая модернизация технологий выращивания, уборки, послеуборочной обработки, хранения и переработки зерна. На фоне повышения культуры земледелия это улучшит качество производимой продукции, прежде всего, основного продукта переработки зерна гречихи – крупы гречневой ядрицы, за счет приведения её к имеющимся нормативам. [11].

Исходя из вышесказанного, для наращивания производства гречихи в регионе, в соответствии с современной концепцией системы земледелия, необходимо учитывать пространственное размещение посевов, соблюдать зональные технологические требования к возделыванию культуры, использовать локальное орошение территории. Принимая во внимание, что у гречихи не все типы опыления имеют равнозначную биологическую ценность и поэтому неодинаково влияют на урожай зерна, существенное значение приобретают приёмы опыления, увязанные с биологией культуры. Соблюдение зональных агрокомплексов по выращиванию гречихи в масштабах региона позволит повысить её урожайность в 1,5-2,0 раза и увеличить валовое производство зерна.

## Литература

1. Информация Алтайкрайстата от 04.03.2014. – 2 с.
2. Важов В. М., Важов С. В., Важова Т. И. Резервы производства гречихи в Алтайском крае // Международный научно-исследовательский журнал = International Research Journal. – 2016. – № 2. – Часть 3. – С. 91–94.
3. Информация Алтайкрайстата. – № ВТ–22–22/172–ДР от 04.02.2016. – 4 с.
4. Система земледелия в Алтайском крае / гл. ред. Н. В. Яшутин. – Новосибирск: РПО СО ВАСХНИЛ, 1981. – 327 с.
5. Часовских В. П., Цветков М. Л. Совершенствование структуры посевных площадей при освоении проекта «Комплексное развитие Алтайского Приобья» // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1. – С. 14–18.
6. Фесенко А. Н., Бирюкова О. В. Динамика цветения растений мутантной формы determinate floret cluster // Зернобобовые и крупяные культуры, 2013. №3. – С. 28–32.
7. Бирюкова О. В. Изучение урожайности мутантной формы determinate floret cluster // Повышение эффективности сельскохозяйственной науки в современных условиях: материалы международной научно-практич. конф. молодых ученых и специалистов. – Орел, 2015. – С. 18–20.
8. Бирюкова О. В. Влияние мутации determinate floret cluster на динамику цветения растений гречихи // Повышение эффективности сельскохозяйственной науки в современных условиях: материалы международной научно-практич. конф. молодых ученых и специалистов. – Орел, 2015. – С. 21–25.
9. Кружилин И. П., Кузнецова Н. В., Козинская О. В. Сочетание орошения дождеванием с агрономическими приемами обеспечивает сохранение и повышение плодородия почвы // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 57–1. – С. 84–89.
10. Козинская О. В., Пантюшина Т. В. Эффективность агрономических приемов при поливе дождеванием // Актуальные проблемы, современное состояние, инновации в области природообустройства и строительства: материалы всероссийской заочной научно-практич. конф., посвященной памяти д-ра техн. наук, профессора, заслуженного мелиоратора РФ И. С. Алексеева. – Благовещенск, 2015. – С. 100–104.
11. Марьин В. А., Верещагин А. Л. Изменение свойств гречневой крупы ядрица, выработанной из сорного зерна при длительном хранении // Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 6 (128), 2015. – С. 124–130.

## References

1. Informaciya Altajkrajstata ot 04.03.2014. – 2 s.
2. Vazhov V. M., Vazhov S. V., Vazhova T. I. Rezervy proizvodstva grechihi v Altajskom krae // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal = International Research Journal. – 2016. – № 2. – CHast' 3. – S. 91–94.
3. Informaciya Altajkrajstata. – № VT–22–22/172–DR ot 04.02.2016. – 4 s.
4. Sistema zemledeliya v Altajskom krae / gl. red. N. V. Yashutin. – Novosibirsk: RPO SO VASKHNIL, 1981. – 327 s.
5. Chasovskih V. P., Cvetkov M. L. Sovershenstvovanie struktury posevnyh ploshchadej pri osvoenii proekta «Kompleksnoe razvitie Altajskogo Priob'ya» // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agramogo universiteta. – 2014. – № 1. – S. 14–18.
6. Fesenko A. N., Biryukova O. V. Dinamika cveteniya rastenij mutantnoj formy determinate floret cluster // Zernobobovye i krupyanye kul'tury, 2013. №3. – S. 28–32.
7. Biryukova O. V. Izuchenie urozhajnosti mutantnoj formy determinate floret cluster // Povyschenie ehffektivnosti sel'skohozyajstvennoj nauki v sovremennyh usloviyah: materialy mezhdunarodnoj nauchno-praktich. konf. molodyh uchenyh i specialistov. – Orel, 2015. – S. 18–20.
8. Biryukova O. V. Vliyanie mutacii determinate floret cluster na dinamiku cveteniya rastenij grechihi // Povyschenie ehffektivnosti sel'skohozyajstvennoj nauki v sovremennyh usloviyah: materialy mezhdunarodnoj nauchno-praktich. konf. molodyh uchenyh i specialistov. – Orel, 2015. – S. 21–25.
9. Kruzhilin I. P., Kuznecova N. V., Kozinskaya O. V. Sochetanie orosheniya dozhdevaniem s agromeliorativnymi priemami obespechivaet sohranenie i povyschenie plodorodiya pochvy // Puti povysheniya ehffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. – 2015. – № 57–1. – S. 84–89.
10. Kozinskaya O. V., Pantyushina T. V. Effektivnost' agromeliorativnyh priemov pri polive dozhdevaniem // Aktual'nye problemy, sovremennoe sostoyanie, innovacii v oblasti prirodoobustrojstva i stroitel'stva: materialy vserossijskoj zaочноj nauchno-praktich. konf., posvyashchennoj pamyati d-ra tekhn. nauk, professora, zaslužennogo melioratora RF I. S. Aleksejko. – Blagoveshchensk, 2015. – S. 100–104.
11. Mar'in V. A., Vereshchagin A. L. Izmenenie svojstv grechnevoj krupy yadrica, vyrabotannoj iz somogo zerna pri dlitel'nom hranenii // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agramogo universiteta № 6 (128), 2015. – S. 124–130.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.258

Воронин А.А.<sup>1</sup>, Лепешкина Л.А.<sup>2</sup>, Клевцова М.А.<sup>3</sup>,  
Вейгуо Ту<sup>4</sup>, Гоу Хюлин<sup>5</sup>, Фан Хуа<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Воронежский государственный университет, <sup>2</sup>кандидат географических наук, научный сотрудник, Воронежский государственный университет, <sup>3</sup>кандидат географических наук, доцент, Воронежский государственный университет, <sup>4</sup>кандидат биологических наук, заместитель директора, Сычуаньский провинциальный институт природных ресурсов, <sup>5</sup>аспирант, Сычуаньский провинциальный институт, <sup>6</sup>научный сотрудник, Сычуаньский провинциальный институт природных ресурсов

**ТИБЕТСКОЕ НАГОРЬЕ КАК РЕГИОН-ДОНОР РАСТЕНИЙ ИНТРОДУЦЕНТОВ***Аннотация*

Цель работы – раскрыть научно-теоретические основы оптимального выбора региона-донора растений интродуцентов для лесостепной зоны Черноземья. В качестве региона-донора анализируется Восточный Тибет. В ходе исследования решены следующие задачи: проведен сравнительный анализ ландшафтно-экологических условий двух регионов, обоснован высокий потенциал дикорастущей тибетской флоры для проведения первичных интродукционных испытаний на базе ботанического сада Воронежского государственного университета. Более 250 видов сосудистых растений тибетской флоры рекомендованы для интродукции и акклиматизации в условиях Среднерусской лесостепи.

**Ключевые слова:** Восточный Тибет, регион-донор, Среднерусская лесостепь, регион-реципиент, флора, интродукция.

Voronin A.A.<sup>1</sup>, Lepeshkina L.A.<sup>2</sup>, Klevцова M.A.<sup>3</sup>,  
Weiguo Tu<sup>4</sup>, Gou Xiaolin<sup>5</sup>, Fan Hua<sup>6</sup>

<sup>1</sup>PhD in Agriculture, Associate professor, Voronezh State University, <sup>2</sup>PhD in Geography, research associate, Voronezh State University, <sup>3</sup>PhD in Geography, Associate professor, Voronezh State University, <sup>4</sup>PhD in Biology, Sichuan Provincial Institute of Natural Resources Sciences, <sup>5</sup>Research trainee, Sichuan Provincial Institute of Natural Resources Sciences, <sup>6</sup>Research assistant, Sichuan Provincial Institute of Natural Resources Sciences

**THE TIBETAN PLATEAU AS A REGION-DONOR PLANTS OF EXOTIC SPECIES***Abstract*

Objective – to reveal the theoretical bases of the optimal choice of the region-donor plants of exotic species for forest-steppe zone of Chernozem region. As region-the donor is analyzed Eastern Tibet. During the research the following tasks were solved: comparative analysis of landscape ecological conditions of the two regions is justified by the high potential Tibetan wild flora for the initial introduction of tests on the basis of the Botanical garden of Voronezh state University. More than 250 species of vascular plants of the Tibetan flora is recommended for introduction and acclimatization in the conditions of Central Russian forest-steppe.

**Keywords:** Eastern Tibet, the donor region, Central Russian forest-steppe region-the recipient, flora, introduction.

Привлечение новых растений в культуру всегда начинается с интродукционного поиска. Для его проведения необходимо выделить регионы-доноры растений интродуцентов. Обычно намечается группа видов в пределах заранее установленных регионов-доноров. Обязательно проводится сопоставление биоэкологических особенностей видов растений региона-донора со специфическими особенностями региона-реципиента (региона-интродукции). Таким образом, с одной стороны интродуктор должен иметь основательные знания о морфологии, биологии и экологии растений, особенностях их культивирования, а с другой – точную информацию о ландшафтно-экологических особенностях региона-донора и региона-реципиента. В России интродукционный поиск раскрывается во многих «теориях интродукции»: способ фитолиматических аналогов, способ флорогенетического анализа, способ эколого-исторического анализа, способ родовых комплексов [2-6]. В результате интродукционного поиска формируется список таксонов, перспективных для первичного интродукционного испытания.

Несмотря на многочисленные публикации, недостаточно изучены биогеографические аспекты при выборе регионов-доноров и регионов-реципиентов. Особый интерес для интродукторов лесостепного региона европейской России представляют луговые и лесостепные ландшафты Тибетского нагорья, которые богаты лекарственными, декоративными, техническими и лесомелиоративными видами растений. Совместные экспедиции воронежских и китайских ученых в 2014-2015 гг. позволили обосновать высокий потенциал дикорастущей флоры Восточного Тибета для проведения первичных интродукционных испытаний на базе ботанического сада Воронежского государственного университета.

**Сравнительный анализ ландшафтно-экологических условий северо-запада провинции Сычуань (округ Хунюань) и Среднерусской лесостепи.** Восточный Тибет – это регион кустарников и холодных лугов, который относится к Тибетской флористической провинции. В плейстоцене Тибет подвергался оледенению, о чем свидетельствуют глубокие речные долины и моренные отложения [7]. Восточный Тибет – сильно расчлененная горная система с комплексом высоких хребтов и глубоких ущелий. Высотная поясность определяет высокое разнообразие ландшафтно-экологических условий. Особо выделяются следующие характеристики климата: разреженность воздуха, пониженное атмосферное давление, пониженное содержание в атмосфере кислорода, низкая запыленность и влажность воздуха, высокая интенсивность солнечной радиации (более 3000 часов солнечной инсоляции в год). В целом климат можно отнести к полуаридно-гумидному типу [9].

Рассматриваемый округ Хунюань (Hengduan) расположен на востоке Тибетского нагорья, на северо-западе провинции Сычуань. Его протяженность с юга на север – 154 км, с востока на запад – 55 км. Площадь – 8439,94 км<sup>2</sup>. Территория округа является водоразделом бассейнов рек Янцзы и Хуанхэ. Климат континентально-муссонный холодно-умеренной зоны плато. Времена года четко не разделяются. Весна и осень очень короткие, зима затяжная.

Среднегодовая температура воздуха 1,4°C, максимальная отрицательная – -36°C, максимальная положительная – +26,0°C, суточная амплитуда температуры воздуха в среднем 16,3°C. Среднегодовое число солнечных часов – 2158,7. Среднегодовое количество осадков 749 мм. Основная их часть (80%) выпадает с мая по август. Среднегодовое число дней снегопада – 76.

Для западной части провинции Сычуань характерны умеренные горные луга и кустарниковые заросли. По окраинам нагорья близ речных долин встречаются лесные массивы. Причем на сухих склонах доминирует *Picea*, а на влажных *Abies*. Встречаются леса из *Rhododendron* spp. и *Juniperus* spp., холодные луга из *Cobresia* spp., ковыльные и полынные степи. В западной части провинции Сычуань под степями находится 14 млн. га земель [9].

В качестве региона-реципиента (региона интродукции) выступает Среднерусская лесостепь (рассматривается в границах Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой и Тамбовской областей). Среднегодовая температура воздуха в регионе – +5,5°C. Среднегодовая температура воздуха июля – +19,5+20,0 °C; максимальная положительная – +36°C. Средняя температура января – -9,5-10,0°C; максимально низкая – -32°C. Среднегодовое количество осадков 450-550 мм в год. Число солнечных дней в году – 259. Число дней с устойчивым снежным покровом – 90-120.

Основными лесобразующими породами являются: *Quercus robur* L., *Pinus sylvestris* L., *Acer platanoides* L., *Tilia cordata* L., *Betula pendula* Roht., *Populus tremula* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. В поймах рек представлены злаковые и осоковые луга. В южных районах Среднерусской лесостепи сохраняются степные урочища с доминированием *Stipa* spp.

В дикорастущей флоре Среднерусской лесостепи насчитывается порядка 2175 видов сосудистых растений из 129 семейств и 587 родов. Шесть ведущих семейств включают 767 видов (табл. 3). Из родов доминируют: *Carex* – 64 вида, *Hieracium* – 31, *Veronica* – 26, *Potentilla* – 24, *Polygonum*, *Artemisia* – 28, *Agropyron* – 20, *Ranunculus*, *Viola*, *Astragalus* – 20. В дикорастущей флоре востока Тибетского нагорья – около 2000 видов сосудистых растений. По числу видов доминируют семейства: *Asteraceae* – 330 видов, *Poaceae* – 277, *Fabaceae* – 123, *Rosaceae* – 102, *Cyperaceae* – 102, *Polygonaceae* – 63 (табл. 1).

Таблица 1 – Видовая насыщенность ведущих семейств во флоре Тибетского нагорья [8] и флоре Среднерусской лесостепи

Название семейств	Флора Тибетского нагорья (северо-запад провинции Сычуань)	Название семейств	Флора Среднерусской лесостепи
	Число видов		Число видов
<i>Asteraceae</i>	330	<i>Asteraceae</i>	235
<i>Poaceae</i>	277	<i>Poaceae</i>	159
<i>Fabaceae</i>	123	<i>Brassicaceae</i>	99
<i>Rosaceae</i>	102	<i>Cyperaceae</i>	93
<i>Cyperaceae</i>	102	<i>Rosaceae</i>	92
<i>Polygonaceae</i>	63	<i>Fabaceae</i>	89
Итого:	997	Итого:	767

В составе культивируемой флоры лесостепи имеются выходцы из различных районов Тибетского нагорья. Например, в коллекциях открытого грунта ботанического сада Воронежского госуниверситета произрастают: *Pentaphylloides fruticosus* (L.) O. Schwarz (введен в культуру в 1973 г.), *Betula albosinensis* Burkil. (1949 г.), *Corylus mandshurica* Maxim. (1968 г.), *Quercus serrata* Thunb. (1979 г.), *Sibiraea laevigata* (L.) Maxim. (1975 г.), *Cotoneaster acutifolius* Turcz. (1970 г.), *C. horizontalis* Decne (1978 г.), *Spiraea mongolica* Maxim. (1972 г.), *Caragana sinica* Rehd. (1976 г.), *Hydrangea bretschneideri* Dipp. (1960 г.). Интродукционная устойчивость вышеперечисленных древесно-кустарниковых растений подтверждает высокий потенциал флоры Тибетского нагорья для дальнейшей интродукционной работы. В составе культивируемых таксонов не выявлено инвазионно активных растений. Этот факт свидетельствует об оптимальном выборе региона-донора, который имеет низкие риски стать источником новых инвазионных чужеродных видов для экосистем Среднерусской лесостепи.

Флора округа Хунюань отличается высоким разнообразием, особенно родов: *Rhododendron* (226 видов), *Pedicularis* (217), *Saussurea* (более 100), *Ligularia* (70), *Cremanthodium* (38), *Anaphalis* (33), *Leontopodium* (25), *Artemisia* (55), *Gentiana* (117), *Primula* (113), *Saxifraga* (136), *Salix* (103) и *Corydalis* (89). Тибетское нагорье является центром видообразования некоторых горных родов – *Pedicularis*, *Mecanopsis*, *Primula* [10].

Рассмотрим более детально представителей флоры Тибетского нагорья перспективных для первичного интродукционного испытания в условиях ботанического сада Воронежского госуниверситета. Видовое и типологическое богатство флоры Тибета дает благодатную почву для интродукционных исследований и создания уникальных коллекций и экспозиций растений. Разрабатывается проект экспозиции «Сычуаньские Альпы» для моделирования высокогорных ландшафтов нагорья с флористическим комплексом подушковидных, карликовых, розеточных многолетних трав и кустарничков: *Ajanía tibetica* (Hook.f. & Thomson) Tzvelev, *Androsace tapete* Maxim., *Leontopodium pussillum* (Beauverd) Hand.-Mazz., *Cassiope pectinata* Stapf, *Mecanopsis bella* Prain, *Iris potaninii* Maxim., *Ceratostigma minus* Stapf ex Prain, *Oxytropis mollis* Royle ex Benth., *Astragalus acaulis* Baker, *Iris bungei* Maxim., *Draba oreades* Schrenk, *Arenaria bryophylla* Fernald и др.

Уникальным объектом сада лекарственных трав может стать коллекция лекарственных растений флоры Тибетского нагорья. Среди перспективных таксонов отметим: *Rhodiola tibetica* (Hook.f. & Thomson) Fu, *Ephedra equisetina* Bunge, *E. dahurica* Turcz., *Lycium sinense* Gren., *L. ruthenicum* Murray, *Thermopsis lanceolata* R.Br., *Rheum tanguticum* Maxim. ex Batalin, *Fritillaria cirrhosa* D.Don, *F. przewalskii* Maxim. Интерес для исследователей



представляют малоизученные перспективные лекарственные растения – *Artemisia santolinifolia* Turcz. ex Besser, *Artemisia frigida* Willd., *Ephedra* spp. [1]. Для интродукции и селекции новых кормовых трав обозначены следующие виды: *Roegneria nutans* (Keng) Keng, *R. thoroldiana* (Oliv.) Keng, *Poa alpina* L. и др.

В некоторых районах Среднерусской лесостепи возможна успешная акклиматизация вечнозеленых кустарников рода *Rhododendron* spp., которые перспективны для зеленого строительства, создания ландшафтных композиций и коллекций в ботанических садах. Среди них *Rhododendron anthopogon* D. Don, *Rh. setosum* D. Don, *Rh. nivale* Hook., *Rh. faberi* Hemsl., *Rh. phaeochrysum* Balf. f. & W.W. Sm., *Rh. fastigiatum* Franch. Богатым разнообразием древесных биоморф представлен пояс низкорослых кустарников: *Salix biondiana* Seemen ex Diels, *S. variegata* Franchet, *Caragana tibetica* (Maxim. Ex C.K. Schneid.) Kom., *C. jubata* (Pall.) Poir, *Spiraea* spp., *Juniperus squamata* Buch.-Ham. ex D. Don, *J. tibetica* Komarov, *J. semiglobosa* Regel, *J. przewalskii* Komarov, *J. convallium* Rehder & E.H. Wilson., *Lonicera tibetica* Bur. et Franch., *Hippophae* spp. Именно эти таксоны могут быть использованы для фитомелиорации антропогенно нарушенных земель. В восточной части южного Тибета имеются группировки ксерофильных кустарников: *Sophora viciifolia* Hance, *Berberis* spp. *Lonicera spinosa* (Decaisne) Jacquemont ex Walpers, *Buddleia tibetica* W.W. Sm. Эти виды рекомендованы для интродукционных испытаний в условиях южной лесостепи.

В рамках создания специализированных коллекций с редкими растениями мировой флоры в условиях ботанических садов лесостепного региона, особый интерес представляют эндемичные виды Тибетского нагорья. Например, *Orinus thoroldii* (Stapf. ex Hemsl.) Bor, *Trikeria hookeri* (Stapf) Bor, *Stipa purpurea* Griseb., *Aristida trisetata* Keng, *Sophora moorcroftiana* Benth., *Caragana versicolor* Benth., *Ceratostigma griffithii* C.B. Clarke, *Artemisia wellbyi* Hemsl. & H. Pearson, *Astragalus malcolmii* Hemsl. & H. Pearson.

По результатам полевых исследований и биогеографического анализа двух регионов выделено более 250 видов тибетской флоры, перспективных для интродукции и акклиматизации в условиях Среднерусской лесостепи. Среди них уникальные эндемичные растения, типичные горные луговые, степные и полупустынные виды нагорья, обладающие хозяйственно ценными признаками. Определенное сходство равнинной европейской и горной азиатской флор на уровне различных таксонов позволяет говорить о флорогенетических связях регионов, поэтому так важно продолжить совместные исследования биоразнообразия экосистем Евразии.

#### Литература

1. Ареалы лекарственных и родственных им растений СССР. Атлас. 2-е издание. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1990. – 186 с.
2. Кормилицин А.М. Флорогенетические и экологические принципы подбора древесных интродуцентов // Тр. Никит. бот. сада. 1979. Вып. 77. С. 25-33.
3. Культиасов М.В. Эколого-исторический метод в интродукции растений // Бюл. ГБС АН СССР. 1953. – Вып. 15. – С. 24-40.
4. Малеев В.П. Теоретические основы акклиматизации растений. – Л., 1933. – 160 с.
5. Разумовский С.М. Ботанико-географическое районирование Земли как предпосылка успешной интродукции растений // Интродукция тропических и субтропических растений. – М., 1980. – С. 10-27.
6. Русанов Ф.Н. Метод родовых комплексов в интродукции растений // Бюл. ГБС АН СССР. 1977. – Вып. 81. – С. 1520.
7. Chang D.H.S. The Vegetation Zonation of the Tibetan Plateau // Mountain Research and Development, 1981. 1(1). – pp. 29–48.
8. Gu A. Biodiversity of Tibet's rangeland resources and their protection. in: Z. Lu and J. Springer (eds). Tibet's Biodiversity: Conservation and Management. Beijing, China: China Forestry Publishing House. 2000. pp. 94-99.
9. Miller D.J. The Tibetan steppe // Grasslands of the World (ed. J.M. Suttie, S.G. Reynolds, C. Batello). – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Plant Production and Protection Series. No. 34. 2005.
10. Wu Z. Y. Hengduan Mountain flora and her significance. Journal Japanese Botany 63. 1988. pp. 297–311.

#### References

1. *Arealy lekarstvennyh i rodstvennyh im rastenij SSSR. Atlas.* [Areas of medicinal and related it plants of the USSR. Atlas.]. Leningrad: Izd-vo Leningradskogo universiteta, 1990. 186 p.
2. Kormilicyn A.M. *Florogeneticheskie i ekologicheskie principy podbora drevesnyh introducentov* [Floristicheskie and environmental principles of the selection of woody plants]. Tr. Nikit. bot. sada. [Proc. Nikita. bot. garden]. 1979. Vol. 77. pp. 25-33.
3. Kul'tiasov M.V. *Jekologo-istoricheskij metod v introdukcii rastenij* [Ecological and historical method in the introduction of plants]. Bjul. GBS AN SSSR [Bul. GBS ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR]. 1953. Vol. 15. pp. 24-40.
4. Maleev V.P. *Teoreticheskie osnovy akklimatizacii rastenij*. [Theoretical bases of acclimatization of plants]. Leningrad, 1933. 160 p.
5. Razumovskij S.M. *Botaniko-geograficheskoe rajonirovanie Zemli kak predposylka uspešnoy introdukcii rastenij* [Botanical-geographical zoning of the Land as a prerequisite for the success of plant introduction]. Introdukcija tropicheskikh i subtropicheskikh rastenij [Introduction tropical and subtropical plants]. Moscow, 1980. pp. 10-27.
6. Rusanov F.N. *Metod rodovyh kompleksov v introdukcii rastenij* [The method of generic complexes in the plants]. Bjul. GBS AN SSSR [Bul. GBS ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR]. 1977. Vol. 81. pp. 1520.
7. Chang D.H.S. The Vegetation Zonation of the Tibetan Plateau // Mountain Research and Development, 1981. 1(1). – pp. 29–48.
8. Gu A. Biodiversity of Tibet's rangeland resources and their protection. in: Z. Lu and J. Springer (eds). Tibet's Biodiversity: Conservation and Management. Beijing, China: China Forestry Publishing House. 2000. pp. 94-99.
9. Miller D.J. The Tibetan steppe // Grasslands of the World (ed. J.M. Suttie, S.G. Reynolds, C. Batello). – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Plant Production and Protection Series. No. 34. 2005.
10. Wu Z.Y. Hengduan Mountain flora and her significance. Journal Japanese Botany 63. 1988. pp. 297–311.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.257

Воронин А.А.<sup>1</sup>, Лепешкина Л.А.<sup>2</sup>, Клевцова М.А.<sup>3</sup>,  
Вейгуо Ту<sup>4</sup>, Гоу Хиолин<sup>5</sup><sup>1</sup>Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Воронежский государственный университет, <sup>2</sup>кандидат географических наук, научный сотрудник, Воронежский государственный университет, <sup>3</sup>кандидат географических наук, доцент, Воронежский государственный университет,<sup>4</sup>кандидат биологических наук, заместитель директора, Сычуаньский провинциальный институт природных ресурсов, <sup>5</sup>аспирант, Сычуаньский провинциальный институт природных ресурсов**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕМЯН ВЫСОКОГОРНЫХ ТИБЕТСКИХ И РАВНИННЫХ ЛЕСОСТЕПНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ *HIPPOPHAE RHAMNOIDES* L.****Аннотация**

Цель работы – изучить морфологические особенности семян высокогорных тибетских (сычуаньских) и равнинных лесостепных (европейских) популяций *Hippophae rhamnoides*. В ходе исследования решены следующие задачи: установлены форма, окраска плодов и семян, морфометрические параметры плодов и семян, их вариабельность. В сычуаньских ценопопуляциях *Hippophae rhamnoides* с увеличением высоты над уровнем моря размер семян заметно уменьшается. Выявлено необходимое генетическое разнообразие европейских и азиатских популяций *Hippophae rhamnoides* для проведения работ по гибридизации, селекции и интродукции.

**Ключевые слова:** морфология семян и плодов, *Hippophae rhamnoides* L., Тибетское нагорье, Среднерусская лесостепь.

Voronin A.A.<sup>1</sup>, Lepeshkina L.A.<sup>2</sup>, Klevtsova M.A.<sup>3</sup>, Weiguo Tu<sup>4</sup>, GouXiaolin<sup>5</sup><sup>1</sup>PhD in Agriculture, Associate professor, Voronezh State University, <sup>2</sup>PhD in Geography, research associate, Voronezh State University, <sup>3</sup>PhD in Geography, Associate professor, Voronezh State University, <sup>4</sup>PhD in Biology, Sichuan Provincial Institute of Natural Resources Sciences, <sup>5</sup>Research trainee, Sichuan Provincial Institute of Natural Resources Sciences**MORPHOLOGICAL FEATURES****THE SEEDS OF ALPINE STEPPE OF THE TIBETAN AND LOWLAND POPULATIONS OF HIPPOPHAE RHAMNOIDES L.****Abstract**

The objective was to study the morphological characteristics of seeds of high-mountain Tibetan (Sichuan) and lowland forest-steppe (European) populations of *Hippophae rhamnoides*. The study solved the following tasks: set shape, color of fruits and seeds, morphometric parameters of fruits and seeds, their variability. In the Sichuan populations of *Hippophae rhamnoides* with increasing height above sea level the size of the seeds is markedly reduced. Identified the necessary genetic diversity of European and Asiatic populations of *Hippophae rhamnoides* for the hybridization, breeding and introduction.

**Keywords:** morphology of seeds and fruits, *Hippophae rhamnoides* L., the Tibetan plateau, Central Russian forest-steppe.

Проблема рекультивации малопригодных для хозяйственного использования территорий (высокогорья, Аридные зоны, овраги, отвалы карьеров, терриконы, эродированные земли и т.п.) является актуальной для многих регионов мира. Одним из наиболее перспективных видов древесных растений для биологической рекультивации является облепиха крушиновидная (*Hippophae rhamnoides* L.) [4]. Поверхностное распространение корней облепихи, а также обильное образование корневых отпрысков способствуют быстрому закреплению поверхности склонов на отвалах, терриконах, тем самым не допускается развитие водной эрозии. Однако следует учитывать, что облепиха предпочитает рыхлый субстрат, высота растений на переуплотненных почвах может снижаться на 90% [4].

*Hippophae rhamnoides* отличается высокой полиморфностью [1], особенно плодов. Плод – сочная костянка. Форма плода разнообразная: округлая, овальная, яйцевидная, продолговатая, цилиндрическая и др. разнообразна и окраска плодов: от золотисто-желтой через желтовато-оранжевую, оранжевую с разными оттенками до красной. Размеры и вес плодов и семян облепихи крушиновидной сильно колеблется в разных частях ареала [6]. Семена сохраняют высокую (85-100%) всхожесть в течение 3 лет, затем она резко снижается.

В настоящее время исследования в области морфологии семян и семеноведения древесных пород получили широкое развитие. Это объясняется большим теоретическим и практическим значением этой области ботаники. Мощным стимулом для развития карпологии и семеноведения служит все возрастающее значение их для решения проблем систематики растений (в первую очередь эволюционной), экологии и палеоботаники, а также растениеводства и других отраслей биологии. Большой опыт в изучении морфологии семян имеют центры интродукции растений, среди них большая научно-исследовательская работа проводится в ботанических садах.

В течение 2014-2015 гг. нами были проведены исследования морфологических особенностей семян *Hippophae rhamnoides*. Сбор плодов проводили в 6 географических пунктах. Из них два расположены в провинции Сычуань (КНР): Восточный Тибет – 2500 м, 3400 м (часть исходного ареала); четыре – на территории Воронежской области (Россия): Среднерусская лесостепь, 154 м (часть вторичного и культигенного ареалов).

Облепиха крушиновидная культивируется в Ботаническом саду Воронежского госуниверситета с 1949 г. Это зимостойкая, засухоустойчивая и продуктивная древесно-кустарниковая порода [2].

Описание морфологических признаков проводилось по методике В.Т. Кондратова [3]. Форма плодов устанавливалась на основании индекса, вычисляемого по формуле:

$$k=h/d,$$

где k - индекс формы; h - длина плода, мм; d - ширина плода, мм.

По значению k плоды разделялись на округлые (1,00 ... 1,19) и овальные (1,20 ... 1,39).



Также изучались характеристики: длина и ширина плода (мм), длина (мм) и вес семян (г). Размеры плодов и семян определялись с помощью штангенциркуля с точностью 0,1 мм. Обработка полевых материалов выполнена с использованием пакета прикладных статистических программ.

По размерам плоды облепихи разделили на 3 группы: мелкие – длиной менее 7 мм, средние – от 7 до 9 мм и крупные – более 9 мм. По цвету плодов выделены 5 групп: желтые, желтовато-оранжевые, оранжевые, красновато-оранжевые и красные.

Рассмотрим вариабельность плодов. В таблице 1 приведены средние значения длины и ширины плодов. Выборка составляла 100 экземпляров для каждого пункта.

Таблица 1 – Средние морфометрические параметры плодов

№ пункта	Местоположение	Длина, мм	Ширина, мм	Индекс формы, k
1 (а, б)	провинция Сычуань, КНР: 1а - 2500 м; 1б – 3400 м	5,1	4,8	1,06
2	Ботанический сад Воронежского государственного университета	9,0	7,0	1,28
3	с. Хохол, Хохольский район, Воронежская обл.	10,0	7,0	1,43
4	с. Дубовка, городской округ г. Воронеж,	10,0	9,0	1,11
5	с. Перлевка, Семилукский район, Воронежская область	11,0	9,3	1,18

Как видно из таблицы наименьшие размеры имеют плоды облепихи высокогорных популяций провинции Сычуань, наибольшие – плоды облепихи равнинных интродукционных популяций Воронежской области. По форме, исследуемые плоды относятся к овальным и к округлым (рис.1). Плоды облепихи сычуаньских популяций практически круглой формы.

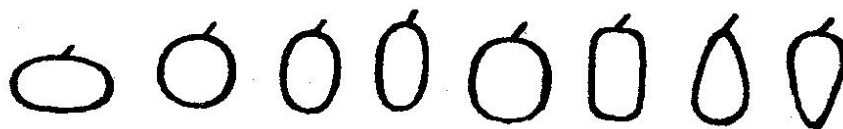


Рис.1. – Разнообразие формы плодов облепихи [5].

Н.А. Черноштанов (2008) отмечает, что из всех органов облепихи семена являются наименее вариабельными по размерам. Длина и вес в исследованной совокупности представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Вариабельность длины семян

№ пункта	$M \pm m$	$\pm \sigma$	V, %	$X_{\min}$	$X_{\max}$
1 (а, б)	$3,89 \pm 0,05$	0,31	5,4	3,3	4,3
2	$4,81 \pm 0,09$	0,35	7,3	4,3	5,4
3	$5,93 \pm 0,10$	0,40	6,7	5,0	6,6
4	$5,25 \pm 0,07$	0,29	5,5	4,8	5,6
5	$5,36 \pm 0,08$	0,31	5,9	5,0	6,2

Условные обозначения:  $M \pm m$  – среднееарифметическое значение с ошибкой;  $X_{\min}$  и  $X_{\max}$  – минимальное и максимальное значение показателя;  $\pm \sigma$  – среднеквадратическое отклонение, V – коэффициент вариации.

Варьирование длины семени менее 10% во всех образцах, что подтверждает малую степень варьирования данного параметра.

Таблица 3 – Вариабельность веса семян

№ пункта	$M \pm m$	$\pm \sigma$	V, %	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$M_{1000}^*$
1 (а, б)	$0,0155 \pm 0,0005$	0,002	9,6	0,0104	0,0199	14,94
2	$0,0110 \pm 0,0007$	0,003	25,1	0,0072	0,0156	10,39
3	$0,0140 \pm 0,0006$	0,002	15,9	0,0106	0,0173	14,23
4	$0,0121 \pm 0,0004$	0,002	12,7	0,0099	0,0151	12,05
5	$0,0149 \pm 0,0005$	0,002	12,4	0,0102	0,0170	14,83

\* вес 1000 шт.

Степень вариации веса семян облепихи средняя (в интервале 10-30%). По весу 1000 шт. семян можно расположить, исследуемые образцы в следующий ряд по мере возрастания: №2 (10,39 г) – №4 (12,05 г) – №6 (12,98 г) – №3 (14,23 г) – №5 (14,83 г) – №1 (16,9 г). Следовательно, семена сычуаньских популяций самые тяжелые, а семена интродукционных популяций – самые легкие. Рассмотрим изменчивость формы и окраски семян (рис. 2).



Рис. 2 – Семена *Hippophaë rhamnoides* L. из разных географических районов: 1 – округло-яйцевидные, плоские (провинция Сычуань, КНР, высота 2500 м); 2 – продолговато-яйцевидные, сплюснутые, морщинистые (репродукции ботанического сада ВГУ), 3 – вытянуто-овальные (Хохольский район Воронежской области); 4 – продолговато-яйцевидные, в сечении почти округлые (городской округ г. Воронеж, с. Дубовка); 5 – слегка вытянутые, плоские (Семилукский район Воронежской области).

На рисунке 2 видно, что семена репродукции равнинных популяций отличаются по форме от семян высокогорных популяций: семена пунктов №№2-5 удлиненные, а № 1 имеют яйцевидную форму. В сычуаньских популяциях семена яйцевидно-заостренное с продольной круговой бороздкой, которая сбоку переходит в острие. Поверхность коричневая или темно-коричневая, почти гладкая, блестящая. В сычуаньских ценопопуляциях *Hippophaë rhamnoides* с увеличением высоты над уровнем моря размер семян заметно уменьшается (рис. 3), что закономерно для растений.

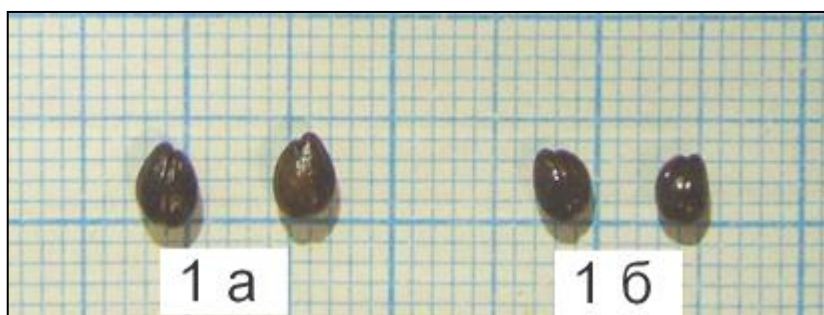


Рис.3. – Вариабельность семян *Hippophaë rhamnoides* на разной высоте над уровнем моря: 1а – 2500 м, 1б – 3400 м.

Таким образом, равнинные популяции *Hippophaë rhamnoides* европейской России и высокогорные сычуаньские – обладают генетическим разнообразием, необходимым для проведения исследований в области гибридизации, селекции и интродукции. Полученные данные по морфологии плодов и семян *Hippophaë rhamnoides* могут быть использованы для таксономической и филогенетической ревизии таксона в исходном, вторичном и культигенном ареалах.

#### Литература

1. Гаранович И.М. Декоративное садоводство. – Минск: Тэхналогія, 2005. – 348 с.
2. Каталог растений Ботанического сада им. проф. Б.М. Козо-Полянского Воронежского госуниверситета /Л.М. Карташева [и др.] // – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского госуниверситета, 2008. –183 с.
3. Кондратов В.Т. К методике описания дикорастущих форм облепихи / В.Т. Кондратов // Растительные ресурсы. – 1977. – Т. 13. – № 1. – С. 140-144.
4. Оптимизация ландшафтов зональных и нарушенных земель: Мат-лы Всерос. науч.-прак. конф. Воронеж / Под ред. Я.В. Панкова. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2005. – 320 с.
5. Плеханова М.Н. Облепиха. – Л. : Малое предприятие "Издатель", 1991. — 81 с.
6. Трофимов Т.Т. Облепиха. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1988. – 159 с.

#### References

1. Garanovich I.M. *Dekorativnoe sadovodstvo* [Ornamental horticulture]. Minsk: Tjehnologija, 2005. 348 p.
2. *Katalog rastenij Botanicheskogo sada im. prof. B.M. Kozo-Poljanskogo Voronezhskogo gosuniversiteta* [Catalogue of the plants of the Botanical garden. Professor B. M. Kozo-Polyansky, Voronezh state University]. L.M. Kartasheva [i dr.] Voronezh: Izdatel'sko-poligraficheskij centr Voronezhskogo gosuniversiteta [Publishing-polygraphic centre of Voronezh state University], 2008. 83 p.
3. Kondratov V.T. *K metodike opisaniya dikorastushhih form oblepihi* / V.T. Kondratov [To the method of description of wild species of sea buckthorn]. Rastitel'nye resursy [Plant resources]. 1977. Vol. 13. No 1. pp. 140-144.
4. *Optimizacija landshaftov zonal'nyh i narushennyh zemel': Mat-ly Vseros. nauch.-prak. konf. Voronezh* [Optimization of zonal landscapes and disturbed lands: Mat-ly vseros. scientific-practice. Conf. Voronezh]. Pod red. Ja.V. Pankova. Voronezh: Izd-vo Voronezh. gos. un-ta [Publishing house Voronezh. state University], 2005. 320 p.
5. Plehanova M.N. *Oblepiha* [Sea Buckthorn]. Leningrad : Maloe predpriyatje "Izdatel'" [Small business Publisher], 1991. 81 p.
6. Trofimov T.T. *Oblepiha*. [Buckthorn]. Moscow: Izd-vo Moskovskogo un-ta [Publishing house of Moscow University], 1988. 159 p.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.256

Воронин А.А.<sup>1</sup>, Лепешкина Л.А.<sup>2</sup>, Клевцова М.А.<sup>3</sup>,  
Вейгуо Ту<sup>4</sup>, Гоу Хяолин<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Воронежский государственный университет, <sup>2</sup>кандидат географических наук, научный сотрудник, Воронежский государственный университет, <sup>3</sup>кандидат географических наук, доцент, Воронежский государственный университет, <sup>4</sup>кандидат биологических наук, заместитель директора, Сычуаньский провинциальный институт природных ресурсов, <sup>5</sup>аспирант, Сычуаньский провинциальный институт природных ресурсов

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВЫХ НАСАЖДЕНИЙ  
HIPPOPHAE RHAMNOIDES L. В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРИЙ ПРОВИНЦИИ СЫЧУАНЬ (КИТАЙ)**

Аннотация

Цель работы – раскрыть научно-теоретические основы формирования устойчивых насаждений *Hippophae rhamnoides* в условиях высокогорий северо-запада провинции Сычуань. В ходе исследования решены следующие задачи: проведена оценка времени и мест сбора семенного материала *Hippophae rhamnoides*, обоснован выбор оптимальных сроков, способов посева семян, сроков их стратификации, предложены правила и сроки посадки саженцев *Hippophae rhamnoides*.

**Ключевые слова:** *Hippophae rhamnoides* L., устойчивые древесные насаждения, семена, саженцы, биологическая рекультивация, провинция Сычуань.

Voronin A.A.<sup>1</sup>, Lepeshkina L.A.<sup>2</sup>, Klevцова M.A.<sup>3</sup>,  
Weiguo Tu<sup>4</sup>, Gou Xiaolin<sup>5</sup>

<sup>1</sup> PhD in Agriculture, Associate professor, Voronezh State University, <sup>2</sup> PhD in Geography, research associate, Voronezh State University, <sup>3</sup> PhD in Geography, Associate professor, Voronezh State University, <sup>4</sup> PhD in Biology, Sichuan Provincial Institute of Natural Resources Sciences, <sup>5</sup> Research trainee, Sichuan Provincial Institute of Natural Resources Sciences

**SCIENTIFIC AND PRACTICAL BASES OF FORMATION OF SUSTAINABLE PLANTATIONS  
OF HIPPOPHAE RHAMNOIDES L. IN THE CONDITIONS OF HIGH MOUNTAINS  
OF SICHUAN PROVINCE (CHINA)**

Abstract

Objective – to reveal the theoretical bases for the formation of stable plantations of *Hippophae rhamnoides* in the conditions of high mountains in Northwest Sichuan province. The study solved the following tasks: the evaluation time and places of collection of seed material *Hippophae rhamnoides*, the choice of the optimal timing, methods of sowing, timing of stratification, the proposed rules and timing of planting *Hippophae rhamnoides*.

**Keywords:** *Hippophae rhamnoides* L., sustainable tree plantings, seeds, seedlings, biological recultivation, Sichuan province.

Совместная научно-исследовательская работа ботанического сада Воронежского государственного университета (Россия) и Сычуаньского провинциального института природных ресурсов (Китай) охватывает широкий спектр вопросов по проблемам опустынивания, деградации почв и природных ландшафтов. Одним из способов восстановления и повышения плодородия почвенного покрова является биологическая рекультивация древесными породами, среди которых особо место принадлежит облепихе крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.). Данная порода обладает следующими биоэкологическими качествами: неприхотливость к почвенным условиям, относительная засухоустойчивость, морозостойкость, быстрота роста, высокая солеустойчивость, мелиоративные свойства, потребительская полезность. Длительный опыт изучения экологии и биологии вида в природе и культуре, первичного, вторичного и культигенного ареалов позволил обобщить информацию и применить ее для развития научно-практических основ формирования устойчивых насаждений *Hippophae rhamnoides* в экстремальных условиях Тибетского нагорья (северо-запад провинции Сычуань). Именно семенное размножение *Hippophae rhamnoides* [2] перспективно для лесоводства, рекультивации земель и закладки противоэрозионных насаждений [1, 3].

Научно-практическая программа по формированию устойчивых насаждений *Hippophae rhamnoides*, включает следующие блоки:

1. Оценка времени и мест сбора семенного материала *Hippophae rhamnoides*.
2. Выбор оптимальных сроков, способов посева семян и сроков их стратификации.
3. Разработка правил посадки саженцев облепихи, с учетом их густоты, размещения посадочных и посевных мест.

Для совершенствования каждого блока исследования рекомендовано заложить ряд экспериментов в различных ландшафтно-экологических условиях региона.

**Сбор и посев семян *Hippophae rhamnoides*** желательно проводить с тех маточных растений, которые географически располагаются наиболее близко к месту предполагаемого посева и имеют высокие параметры жизнестойкости и продуктивности. В отдельных случаях можно использовать генетический материал равнинных (европейская Россия) и горных (Кавказ) экотипов удаленных регионов-доноров.

Посев семян *Hippophae rhamnoides* проводят сразу после их сбора (в осенний период), что исключает необходимость искусственной стратификации. Семена заделывают на глубину около 5-10 см. После заделки семян песчаную поверхность необходимо уплотнить катком. Для посева ранней весной используют семена, прошедшие искусственную стратификацию в морозильных установках. Осенние посевы обычно дают более дружные всходы, которые отличаются хорошим ростом и большей устойчивостью к грибковым заболеваниям. Осенью семена нужно высевать поздно, накануне наступления устойчивых морозов, чтобы они не тронулись в рост и зимой не вымерзли. Весной необходим ранний посев – для более полного использования имеющегося запаса влаги в почве и укрепления сеянцев до наступления жаркой погоды. Для получения дружных всходов при весеннем посеве семена облепихи

нужно стратифицировать во влажном песке в течение месяца в условиях пониженной, но положительной температуры (от 0 до +5°C). Рекомендуются переменные температуры. Хороший результат дает также предпосевное намачивание семян в воде в течение 10 дней. Воду необходимо ежедневно менять. Этот способ рекомендуется для небольших партий семян

В отличие от семян многих древесных пород семена облепихи не имеют периода покоя и хорошо всходят как при посеве вскоре после созревания, так и при сухом хранении в комнате без длительной предпосевной подготовки. При семенном размножении наиболее важные хозяйственные признаки родительских форм утрачиваются, что объясняет их гетерозиготность. Примерно 50% сеянцев получаются мужскими. Для выращивания посадочного материала для закрепления откосов и склонов оврагов, защитных полос и т.п. рекомендуется именно семенной способ.

**Рекомендуемые виды посева семян *Hippophae rhamnoides*:** рядовые и групповые (гнездами, лунками, лентами, площадками) посевы. Виды посева: рядовой посев (непрерывной строчкой); строчно-луночный посев (в лунки через 0,5-1 м одна от другой); ленточный посев; биогруппами (на 1 м<sup>2</sup> по 2-3 лунки). Рядовой посев может проводиться в борозды или в обработанные полосы. Ширина борозд может быть от 0,5-0,7 м до 1,4-3,0 м. Расстояния между серединами борозд составляют 1,25-2,0 м, а между серединами полос 4 м. Направление борозд (полос) зависит от того, с какой стороны необходима защита сеянцев – с юга от солнца или с востока от сухих ветров. На склонах направление борозд по возможности должно совпадать с горизонталями.

Строчно-гнездовой посев. Отличается от рядового посева тем, что семена высеваются не непрерывной струей, а распределяются вдоль ряда гнездами, по несколько семян (15-20) в каждом, с расстоянием между гнездами 0,4-0,6 м.

Строчно-луночным посевом называется посев семян в сравнительно небольшие лунки, приготовленные мотыгой. Лунки располагаются в ряд на расстоянии 0,5-0,6 м одна от другой, если лунки размещают звеньями по 3 вместе (трёхлуночный посев), в таких случаях между группами имеется промежуток в 1,2-1,5 м.

**Время посадки сеянцев.** В качестве посадочного материала лучше использовать сеянцы 1-2, реже 3 лет, выращенные в питомнике из семян, без пересадки. При ручной посадке сеянцев *Hippophae rhamnoides* необходимо строго соблюдать глубину их посадки. Сажают так, чтобы корневая шейка была на 4-8 см ниже уровня почвы. Также рекомендовано заложить эксперименты с более глубокими вариантами посадки.

Ранней весной посадку проводят в максимально сжатые сроки до пересыхания верхних слоев почвы и разворачивания почек. Осенняя посадка проводится после закладки верхушечных почек у сеянцев. Кроме того, осенью значительно повышается активность клубеньковых бактерий рода *Frankia*, что также способствует лучшей приживаемости сеянцев. Для посадки выбирают стандартные сеянцы. Выкапывают весь необходимый объем материала для посадки и прикапывают почвой. Не рекомендуется погружать их в воду, так как это нарушает процессы дыхания у корней. При транспортировке корни сеянцев хорошо упаковываются. Посадку сеянцев *Hippophae rhamnoides* рекомендуется сочетать с посевом многолетних трав. Это позволит обеспечить лучшую защиту молодых растений от перегрева почвы и сухих ветров.

Рекомендуется проведение ряда экспериментов по закаливанию сеянцев отрицательными температурами [4]. Это может способствовать поднятию уровня зимостойкости растений в условиях высокогорных ландшафтов.

Развитие экспериментально-опытной базы культивирования *Hippophae rhamnoides* в условиях высокогорных районов Тибетского нагорья позволит создать устойчивые насаждения и заложить маточные питомники для дальнейшей фитомелиорации.

Следующим этапом российско-китайского научно-практического сотрудничества станет изучение ресурсного потенциала *Hippophae rhamnoides* высокогорных популяций провинции Сычуань и равнинных популяций Воронежской области. Этап включает теоретическую и экспериментальную части. Экспериментальные исследования будут охватывать вопросы биологии и экологии *Hippophae rhamnoides*, а также филогенетические связи рода *Hippophae* в исходном ареале (Китай), вторичном ареале (европейская Россия) и культуре (ботанический сад Воронежского государственного университета).

#### Литература

1. Оптимизация ландшафтов зональных и нарушенных земель: Мат-лы Всерос. науч.-прак. конф. Воронеж / Под ред. Я.В. Панкова. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2005. – 320 с.
2. Сафонова О.Н. Экскурсия по семенной лаборатории ботанического сада Воронежского госуниверситета / О.Н. Сафонова, А.А. Воронин // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – Воронеж, 2014. – № 3. – С. 112-115.
3. Терехова Э.Б. Направления и способы биологической рекультивации на горнорудных предприятиях Северного Казахстана // Растения и промышленная среда: сб. науч. трудов. – Свердловск: УрГУ, 1990. – С. 100-120.
4. Фефелов В.А. Некоторые особенности формирования зимостойкости у облепихи / В.А. Фефелов, В.В. Селехов, М.П. Смертин // Перспективы северного садоводства на современном этапе: Матер. научно-практ. конф. Екатеринбург, 2005. – С. 183-187.

#### References

1. *Optimizacija landshaftov zonal'nyh i narushennyh zemel'* [Optimization of zonal landscapes and disturbed lands]: Mat-ly Vseros. nauch.-prak. konf. Voronezh [Mat-ly vseros. scientific-practice. Conf. Voronezh] / Pod red. Ja.V. Pankova. Voronezh: Izd-vo Voronezh. gos. un-ta, 2005. 320 p.
2. Safonova O.N., Voronin A.A. *Jekskursija po semennoj laboratorii botanicheskogo sada Voronezhskogo gosuniversiteta*. [Tour of the seed laboratory of the Botanical garden of the Voronezh state University]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geografija. Geojekologija. [Herald of the Voronezh state University. Ser. Geography. Geoecology.] Voronezh, 2014. № 3. pp. 112-115.
3. Terehova Je.B. *Napravlenija i sposoby biologicheskij rekul'tivacii na gornorudnyh predprijatijah Severnogo Kazahstana* [Direction and methods of biological recultivation in mining companies of Northern Kazakhstan]. Rastenija i

promyshlennaja sreda: sb. nauch. trudov. [Plants and industrial environment: collected papers. works]. Sverdlovsk: UrGU, 1990. pp. 100-120.

4. Fefelov V.A., Selehov V.V., Smertin M.P. Nekotorye osobennosti formirovaniya zimostojkosti u oblepihi [Some peculiarities of formation of winter hardiness of sea buckthorn]. Perspektivy severnogo sadovodstva na sovremennom etape: Mater, nauchno-praktich. konf. [Prospects of Northern horticulture at the present stage: materials of scientific-practical. conf.]. Ekaterinburg, 2005. pp. 183-187.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.254

Воронин А.А.<sup>1</sup>, Лепешкина Л.А.<sup>2</sup>, Клевцова М.А.<sup>3</sup>,  
Вейгуо Ту<sup>4</sup>, Гоу Хяолин<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Воронежский государственный университет, <sup>2</sup>кандидат географических наук, научный сотрудник, Воронежский государственный университет, <sup>3</sup>кандидат географических наук, доцент, Воронежский государственный университет,

<sup>4</sup>кандидат биологических наук, заместитель директора, Сычуаньский провинциальный институт природных ресурсов, <sup>5</sup>аспирант, Сычуаньский провинциальный институт природных ресурсов

# НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕСТАВРАЦИИ ВЫСОКОГОРНЫХ ПАСТБИЩ ВОСТОЧНОГО ТИБЕТА

**Аннотация**

Цель работы – раскрыть научно-теоретические основы экологической реставрации высокогорных пастбищ Восточного Тибета. В ходе исследования решены следующие задачи: обоснован выбор фрагментов естественных сообществ для заготовки травосмеси, предложена оптимальная технология заготовки травосмеси и ее флористический состав, рассмотрены основные этапы посева семян, даны рекомендации по мониторингу экспериментальных биотопов. Для проведения экологической реставрации необходимо использовать два направления: естественную реставрацию и естественно-культурную реставрацию.

**Ключевые слова:** экологическая реставрация, высокогорные пастбища, Восточный Тибет, растительное сообщество.

Voronin A.A.<sup>1</sup>, Lepeshkina L.A.<sup>2</sup>, Klevtsova M.A.<sup>3</sup>, Weiguo Tu<sup>4</sup>, Gou Xiaolin<sup>5</sup>

<sup>1</sup>PhD in Agriculture, Associate professor, Voronezh State University, <sup>2</sup>PhD in Geography, research associate, Voronezh State University, <sup>3</sup>PhD in Geography, Associate professor, Voronezh State University, <sup>4</sup>PhD in Biology, Sichuan Provincial Institute of Natural Resources Sciences, <sup>5</sup>Research trainee, Sichuan Provincial Institute of Natural Resources Sciences

# SCIENTIFIC-THEORETICAL BASIS OF ECOLOGICAL RESTORATION OF MOUNTAIN PASTURES EASTERN TIBET

**Abstract**

The purpose of work - to reveal the scientific and theoretical basis of ecological restoration alpine pastures of Eastern Tibet. The study addressed the following tasks: The choice of fragments of natural communities for harvesting grass mixtures, offered the optimum harvesting technology mixtures and its floristic composition, the basic steps of seeding, recommendations for monitoring of experimental habitats. To carry out ecological restoration is recommended to use two areas: restoration of natural and natural-cultural restoration.

**Keywords:** ecological restoration, high pastures, Eastern Tibet, plant community.

В последние несколько лет контакты между вузами России и Китая вышли на новый уровень, а сотрудничество в области научно-исследовательской деятельности представлено конкретными проектами.

С 2014 г. ботанический сад Воронежского государственного университета (Россия) и Сычуаньский провинциальный институт природных ресурсов (Китай) взаимодействуют в рамках международной программы реставрации пастбищных экосистем Восточного Тибета, подверженных пастбищной дигрессии. Китайские ученые ведут мониторинг экологических параметров высокогорных экосистем северо-запада провинции Сычуань, где развиваются процессы опустынивания и деградации почвенного покрова [4, 5]. Перед исследователями стоит задача разработки оптимальной программы восстановления травянистых экосистем в различных условиях нагорья. Сотрудники ботанического сада Воронежского госуниверситета имеют длительный опыт моделирования лугово-степных и калцефитных сообществ в условиях культуры [2, 3].

Объектом экологической реставрации растительности выступает пояс высокогорных холодных луговых, ксерофильных степей и полупустынь Восточного Тибета. Три совместные российско-китайские экспедиции в 2014-2015 гг. позволили подготовить рекомендательную программу по созданию устойчивых и высокопродуктивных фитоценозов в условиях высокогорий провинции Сычуань. Для экологической реставрации рекомендованы следующие два направления: естественная реставрация и естественно-культурная реставрация.

В естественной реставрации участвует генофонд аборигенной тибетской флоры, представленный в составе коренных ассоциаций с типичными доминантами на песчаных и лессовидных почвах. Для искусственной реставрации (фитомелиорации) привлекаются культивируемые формы растений и интродуценты.

Выбор фрагментов естественных сообществ для заготовки травосмеси проводится по результатам сравнительной оценки разнообразия ассоциаций, видового разнообразия сообществ, флористических групп и жизненных циклов растений, что отражает степень первичности или вторичности экосистемы, ее устойчивость. Оценивается доля семейств *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Fabaceae* и разнотравья, а также видовое богатство на единицу площади (100 м<sup>2</sup>). Исходная модель фрагмента поясной экосистемы должна отвечать всем требованиям коренной растительной ассоциации, а ее биоразнообразие – соответствовать поясным параметрам данного региона.

Рекомендуется привлекать фрагменты экосистем из различных районов нагорья, чтобы обеспечить генетическое разнообразие растительного компонента для небольших по площади экспериментальных участков. Например, в качестве исходной модели может выступать высокогорная степь Восточного Тибета с проективным покрытием 5-50%. Количество видов в сообществах 13-40. Доля *Poaceae* и *Cyperaceae* – 11%, доля подушковидных растений – 8%. Во флоре исходного ценоза не должно содержаться более 5% сорняков (*Lilium pusillum*, *Ajania tenuifolia*, *Dracocephalum heterophyllum* и др.). Перевыпас домашних животных – причина появления сообществ с доминированием *Artemisia tridactyla* и однолетних розеточных трав, их не рекомендуется использовать для заготовки травосмесей.

**График заготовки травосмеси** составляется согласно прогнозу фенологии видов в текущем году. Смесь заготавливают механизировано и дробно в течение сезона с интервалом 20-25 дней, каждый последующий раз на новом участке. При механизированной заготовке в травосмесь практически не попадают семена розеточных и подушковидных карликовых трав – важные закрепители песков и азотфиксаторы (виды семейства *Cyperaceae* и *Fabaceae*). Их сбор осуществляют вручную или используют семенной материал питомников. После завершения сбора все высушенные партии объединяют в общую смесь. Важным в технологии является формирование максимально богатых видами травосмесей. На песчаной почве после посева необходимо провести прикатывание и (или) мульчирование поверхности. Рекомендовано заложить нескольких участков (не менее 100 м<sup>2</sup> каждый) для отработки методики создания самоподдерживающихся фитоценозов на песчаных и лессовидных почвах, склонах с различными уклонами и экспозиций.

**Состав естественных травосмесей** на 60% и более формируют доминанты луговых степей и ксерофильных степей Восточного Тибета: *Stipa purpurea*, *S. roborovskyi*, *S. capillacea*, *S. bungeana*, *S. breviflora*, *S. krylovii*, *Festuca ovina*, *Poa annua*, *Poa albertii*, *Kobresia parva*, *K. tibetica*, *Carex scabriolia*, *C. atrofusca* и др.

**Состав искусственных травосмесей** представлен двумя компонентами. Первый слагают виды, дико произрастающие в лугово-степных районах европейской России (потенциальные интродуценты). Они рекомендованы для первичных испытаний в условия Тибетского нагорья. Второй компонент – культигенные формы многолетних и двулетних трав, используемые в сельском хозяйстве многих стран для закрепления почв, обогащения почвы азотом и микроэлементами.

**Лесостепные и степные виды растений флоры европейской России, перспективные для задернения песков:** *Carex humilis*, *Carex praecox*, *Festuca rubra*, *F. polesica*, *F. vallesiaca* Gaudin, *Poa bulbosa*, *Agropyron sibiricum*, *Leymus racemosus*, *Stipa capillata*, *Prunus spinosa*, *Rubus caesius* и др. (более 100 видов). Указанные виды «песколюбов» используют в сочетании с механическими методами и мульчирующими материалами, которые обеспечивают возможность закрепления семян и получения всходов. **Культигенные формы многолетних и двулетних трав для повышения продуктивности сообществ:** *Medicago x sativa*, *Lathyrus sativus*, *Sinapis alba*, *Raphanus sativus* var. *olifera*, *Avena strigosa*, *Onobrychis arenaria*, *Melilotus officinalis*, *Sorghum* spp., *Agropyron* spp.

**Смешанные травосмеси** рекомендованы для формирования долголетних кормовых агрофитоценозов и повышения плодородия супесчаных почв. В качестве основы – доминанты и содоминанты естественных сообществ, разнотравье – различные соотношения трав интродуцентов и их культигенных форм.

В составе травосмеси должны быть дерновинные, рыхлокустовые, корневищные и стержнекорневые многолетние и двулетние травы. Оптимальный состав и соотношение различных флористических групп, роль отдельных видов выявляется на протяжении ряд экспериментов.

#### **Основные этапы посева:**

**Первый этап:** стабилизация поверхности открытых песков посевом многолетних злаковых трав для обеспечения защиты от засыпаний песком, приживаемости кормовых трав (*Fabaceae*, *Brassicaceae* и др.) и кустарников (например, *Hippophae* spp., *Salix* spp.).

**Второй этап:** ликвидация очагов дефляции. После завершения первого этапа развиваются кулисы из многолетних злаков. На втором этапе проводят посадку, посев кустарников и многолетних трав в аккумулятивные и деструктивные области песчаного склона.

**Третий этап:** происходит снижение отрицательного воздействия абиотических факторов (ветра, солнечной инсоляции, перепада температур). После завершения второго этапа значительно улучшаются микро- и мезоклиматические условия для развития высокопродуктивных растительных сообществ.

**Результат:** формируются сложные по структуре и устойчивые кормовые агрофитоценозы.

**Мониторинг экологических параметров экспериментальных биотопов.** Рекомендовано ежегодно оценивать экологические параметры экспериментальных биотопов по экологическим шкалам. В Российской Федерации эти исследования проводят по шкалам, разработанным Д.Н. Цыгановым, автоматизированным в программе *Cyganov\_scale\_new alg* [1]. Для экосистем Восточного Тибета необходимо использовать экошкалы, учитывающие условия высокогорий и воздействие выпаса домашних животных. Оцениваются параметры: терморегим (TM) и континентальность климата (KN), аридность/гумидность (OM), криоклиматический (CR), влажность (HD) и трофность (TR) почв, богатство почв азотом (NT), кислотность почв (RC), освещенность/затенение (LC), переменность увлажнения (FH). Изменение этих величин во времени определяет сукцессии и генезис ценозов. Если экологический режим экспериментального участка будет иметь большое сходство с природной экосистемой, то экологическая реставрация биотопа идет согласно поясным характеристикам местности. Поддержание флористического разнообразия восстановленных фитоценозов – задача эффективного землепользования.

#### **Литература**

1. Бузук, Г.Н. Регрессионный анализ в фитоиндикации (на примере экологических шкал Д.Н. Цыганова) / Г.Н. Бузук, О.В. Созинов // Ботаника. – Вып. 37. – Минск: Право и экономика, 2009. – С. 356-362.
2. Лепешкина, Л.А. К стратегии создания искусственных степных сообществ в условиях лесостепи на базе Ботанического сада Воронежского госуниверситета / Л.А. Лепешкина, О.В. Прохорова, А.В. Дендебер // Степи Северной Евразии: Материалы международного симпозиума. – Оренбург, 2009. – С. 434-437.

3. Сохранение степных сообществ *ex situ* в ботаническом саду Воронежского госуниверситета / Л.А. Лепешкина [и др.] // Особо охраняемые природные территории. Интродукция растений – 2014: материалы заочной международной научно-практической конференции (25 июня 2014 г.). – Воронеж: Роза ветров, 2014. – С. 23-26.
4. Research on soil characteristics of alpine desertification grassland and treatment model in Hongyuan county, northwest Sichuan / X.F. Tang [et al.] // Sichuan environment. – 32: – 2013. – pp. 11-15.
5. Study on vegetation and soil characteristics of desertification grassland in the north-west Sichuan province / T. Wan [et al.] // Acta agrestia sinica. – 21. – 2013. – pp. 650-657.

#### References

1. Buzuk, G.N., Sozinov, O.V. *Regressionnyj analiz v fitoindikacii (na primere jekologicheskikh shkal D.N. Cyganova)*. [Regression analysis phytoindication (for example, ecological scales D.N. Tsyganov)]. Botanika [The Botany], Minsk, Pravo i jekonomika, 2009, vol. 37, pp. 356-362.
2. Lepeshkina, L.A. Prohorova, O.V., Dendeber A.V. *K strategii sozdanija iskusstvennyh stepnyh soobshhestv v uslovijah lesostepi na baze Botanicheskogo sada Voronezhskogo gosuniversiteta*. [By the strategy of creating artificial steppe communities in a forest on the basis of the Botanical Garden of the Voronezh State University]. Stepi Severnoj Evrazii: Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma [Steppes of Northern Eurasia: Proceedings of the International Symposium.]. Orenburg, 2009, pp. 434-437.
3. Lepeshkina, L.A., Prohorova, O.V., Tokareva, O.V., Grigor'eva, O.V. *Sohranenie stepnyh soobshhestv ex situ v botanicheskom sadu Voronezhskogo gosuniversiteta* [Ex situ conservation of steppe communities in the botanical garden of the Voronezh State University]. Osobo ohranjaemye prirodnye territorii. Introdukciya rastenij: materialy zaochnoj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (25 ijunja 2014 g.). [Protected areas. Plant Introduction: Proceedings of the International correspondence scientific-practical conference (25 June 2014)]. Voronezh, 2014, pp. 23-26.
4. Tang XF, Liu DM, Wan T et al. Research on soil characteristics of alpine desertification grassland and treatment model in Hongyuan county, northwest Sichuan. Sichuan environment, 2013, no. 32, pp. 11-15.
5. Wan T, Tu WG, Xi H et al. Study on vegetation and soil characteristics of desertification grassland in the north-west Sichuan province. Acta agrestia sinica, no. 2013, 21: pp. 650-657.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.215

Данилов К.П.

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия»

#### НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ КЛУБНЕЙ ТОПИНАМБУРА

#### Аннотация

Показано, что клубни топинамбура в зимний период хорошо хранятся при укрытии слоем снега в 0,5 метра, а затем сверху теплоизолирующим материалом с целью поддержания температурного режима в хранящейся продукции в пределах от -2 до -6<sup>0</sup>С. Снег в хранилище не уплотняется, так как в рыхлом виде он имеет меньшую теплопроводность и лучше защищает клубни от подмерзания продукции при сильных морозах. Низкие температуры в среде положительно сказываются на вкусовых качествах клубней и накоплении простых сахаров.

**Ключевые слова:** топинамбур, клубни, уборка, хранение.

Danilov K.P.

PhD in Agriculture, associate professor, Chuvash state agricultural academy  
NEW TECHNOLOGY OF STORAGE OF TOPINAMBUR TUBERS

#### Abstract

It is shown, that in the winter the tubers of topinambur store well in the shelter of the snow layer in 0,5 meter, and then top with insulating materials used in construction, to maintain the temperature of the stored product in the range from -2 to -6<sup>0</sup>C. The snow in the store is not compacted, as in loose form, it has a lower thermal conductivity and better protects the tubers from freezing in the cold. Low temperatures in the environment have a positive impact on the quality of tubers and the accumulation of simple sugars.

**Keywords:** topinambur, tubers, harvesting, storage.

**В** настоящее время топинамбур в нашей стране возделывается всего лишь на площади около 3 тысяч га. Одной из причин небольшого распространения в производстве такой перспективной культуры, как земляная груша, является низкая лежкость клубней. Тонкая кожа слабо защищает клубни топинамбура как от механических повреждений при уборке и транспортировке, так и от испарения влаги. За несколько недель хранения при комнатной температуре может теряться до 10-15% и более наличной влаги, содержащейся в клубнях. Соответственно они быстро увядают, а потеря тургора влечет за собой скорое загнивание клубней.

Кардинальным решением проблемы сохранности клубней топинамбура во время их хранения в помещениях было бы выведение сортов с толстым – как у картофеля - пробковым слоем, устойчивым к механическим повреждениям, проникновению болезнетворных микроорганизмов и препятствующему быстрому испарению влаги. Выполнение такой работы, по всей видимости, достойно всемерной похвалы не только научной общественности, но и практиков-полеводов. В значительной степени именно нерешенность проблемы сохранения клубней в стационарных хранилищах обычного типа сдерживает рост площадей под посадками топинамбура. По закону гомологичных рядов Н. И. Вавилова непременно должны найтись дикие формы земляной груши с выраженным пробковым слоем – их следует искать в природных местах ее происхождения, т.е. в Северной Америке. Оказывается, около Великих озер до сих пор еще сохранились неокультурные формы топинамбура. Для нашей страны, впрочем, как и других



государств, располагающихся в умеренной зоне с продолжительным зимним периодом, принципиально важно получить сорта топинамбура, которые способны хорошо храниться в типовых хранилищах. Во Франции и других государствах с мягким климатом клубни можно хранить невыкопанными в земле и при необходимости в любой период времени вырыть непосредственно перед использованием.

Известен способ [2] хранения клубней до следующей весны прямо в поле в невыкопанном состоянии. К недостаткам описанного способа хранения клубней относится то, что он не гарантирует хорошую сохранность продукции - оставленные в почве клубни сильно повреждают мыши-полевки, могут быть существенные потери от гнилостных микроорганизмов, склеротинии и пр. Большим неудобством является то, что находящиеся в верхнем слое земли клубни зимой в большинстве областей нашей страны невозможно выкопать и использовать на переработку, в пищу или на корм животным.

Клубни можно хранить в буртах и траншеях [2]. Их укладывают с переслойкой песком или землей. Данный способ, особенно при переслаивании с песком, в ряде случаев обеспечивает удовлетворительную сохранность клубней топинамбура. Однако его недостатком является высокая трудоемкость и если используется песок, то потребность в больших количествах чистого речного песка – на каждую тонну клубней требуется по 0,5 тонны песка и более. Из таких буртов в зимнее время трудно, а иногда и невозможно извлекать клубни для переработки или иных целей. Дачники приспособились клубни хранить в полиэтиленовых мешках. Предварительно их смешивают с сырой землей и в мешках закладывают в погреба. В этом случае клубни не высыхают и их можно всю зиму по мере необходимости вытаскивать из хранилища и использовать в питании. Однако в таком субстрате могут оказаться источники гнилостных инфекций с последующим поражением клубней.

Израильские ученые полагают, что для хранения клубнеплодов на срок от 6 до 12 месяцев оптимальным является интервал температуры от 0 до +2°C и относительная влажность воздуха 90-95%. Хотя снижение температуры до минус 10°C вызывает незначительные повреждения клубней, всё же при дальнейшем понижении повреждаются мембраны клеток [4].

Трудно обеспечить длительную сохранность клубней топинамбура, выкопанных в летние сроки, когда температура в хранилищах доходит до +15°C и выше. Поэтому в ООО «Агрофирма «Шумерлинская» Шумерлинского района Чувашии клубни топинамбура, выращиваемого на площади в 108 га, были выкопаны во второй половине октября и заложены на хранение в крытое стационарное хранилище пустующего здания завода в городе Шумерля. Чтобы минимизировать потери от деятельности нежелательной микрофлоры, клубни были сразу же высушены за счет активной вентиляции с низкой удельной подачей воздуха 30-50 м<sup>3</sup>/ч на тонну. Однако следует иметь в виду, что излишняя вентиляция приводит к увяданию клубней. Подавлению деятельности нежелательной микрофлоры способствует и последующее опыливание клубней порошком трепела по 5-10 кг на 1 тонну продукции, а также их хранение при пониженной температуре.

После первых метелей партия клубней, размещаемая в деревянных контейнерах, была укрыта сверху и с боков слоем снега толщиной в 0,5 метра и затем поверх снега теплоизолирующим материалом, применяемым при строительных работах. Повышенная по сравнению с картофелем устойчивость клубней топинамбура к низким температурам позволяет практиковать их хранение в снегу. За счет толстого слоя снега в купе с теплоизолирующим материалом и регулирования температуры воздуха внутри стационарного хранилища зимой добивались того, чтобы температура клубней в снегу не понижалась ниже минус 5-6°C. Также не допускали таяния снега в массе клубней. Заложённая на хранение партия клубней полностью сохранилась до весны и могла использоваться на переработку, на корм или пищевые цели в любое время с октября до мая. Снег в сочетании с теплоизолирующими материалами демпфирует колебания температуры в хранилище, что позитивно влияет на сохранность продукции. Также снег не дает увядать клубням. Низкие температуры в среде положительно сказываются на вкусовых качествах клубней и накоплении простых сахаров.

Снег в хранилище не уплотнялся, так как в рыхлом виде он имеет меньшую теплопроводность и лучше защищает клубни от подмерзания при сильных морозах. Однако при наличии доступа в хранилище мышей целесообразно всё-таки его уплотнять, особенно с боковых сторон от размещаемых контейнеров, и обкладывать лапником хвойных пород деревьев.

В отдельные годы снег выпадает очень поздно – во второй или в третьей декаде декабря. В таких случаях для образования снежной массы можно использовать генераторы искусственного снега, обычно применяемые для создания лыжных трасс. В гористых районах снег можно привозить с вершин гор.

Хранение клубней в снегу с обкладкой из теплоизолирующих материалов возможно и под простыми навесами – это существенно удешевляет хранение, однако необходимо предусмотреть защиту от грызунов и от попадания прямых солнечных лучей.

В соответствии с Программой Союзного государства «Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура» [1], представленной Министерством сельского хозяйства Российской Федерации и Национальной академией наук Беларуси, будут разработаны и внедрены 19 новых технологий. Полагаем, что применяемая в ООО «Агрофирма «Шумерлинская» технология хранения клубней топинамбура может с успехом использоваться в других рядовых хозяйствах страны, так как малозатратная, эффективная, не требует строительства специальных хранилищ и ее инновационность доказывается получением патента РФ на изобретение [3].

#### Литература

1. Постановление Совета Министров Союзного государства №6 от 29 октября 2013 г. «О Программе Союзного государства «Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура» - Электрон. дан. – Режим доступа <http://www.postkomsg.com/documentation/164/198525/-> Загл. с экрана. - (Дата обращения 10.12.2015).

2. Скоблина В.И. Топинамбур. М.: Армада-пресс, 2001. 32 с.

3. Способ хранения клубней топинамбура: патент № 2506738 Российская Федерация: МПК A01/F 25/00 /К.П. Данилов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Чувашская ГСХА. Оpubл. 20.02.2014. Бюл. № 5. 3 с.



4.Afek L., Keys S. Postharvest physiology and storage of widely used root and tuber crops. Hortic. Revs. Hoboken. 2004.Vol.30.P.253-316.

#### References

- 1.Postanovlenie Soveta Ministrov Sojuznogo gosudarstva №6 ot 29 oktjabrja 2013 g. "O programme Sojuznogo gosudarstva "Innovacionnoe razvitie proizvodstva kartofelja i topinambura" - Jelektron. dan. - Rezhim dostupa <http://www.postkomsg.com/documentation/164/198525/-> Zagl. sjekrana.- (Data obrashhenija 8.03.2016.
- 2.Skoblina V.I. Topinambur. - M.:Armada-press, 2001, 32 s.
- 3.Sposob hranenija klubnej topinambura: patent №2506738 Rossijskaja Federacija; МПКА01/F 25/00 /К.Р.Данилов; заявитель i patentoobladatel' FGBOU VPO Chuvashskaja GSHA. Opubl. 20.02.2014. Bjul. № 5, 3 s.
- 4.Afek L., Keys S. Postharvest physiology and storage of widely used root and tuber crops. Hortic.Revs. Hoboken. 2004.Vol.30. P.253-316.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.224

Зинковская Т.С.<sup>1</sup>, Зинковский В.Н.<sup>2</sup>, Сорокина В.А.<sup>3</sup>, Шахпаронян Л.А.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Кандидат сельскохозяйственных наук, <sup>2</sup>Кандидат сельскохозяйственных наук, <sup>3</sup>Младший научный сотрудник, <sup>4</sup>Младший научный сотрудник

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель»  
(ФГБНУ ВНИИМЗ), Россия, г. Тверь

### ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ГЛЕЕВАТОЙ ПОЧВЫ К ПЯТОМУ ГОДУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПоста МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ ДВУСТОРОННЕМ РЕГУЛИРОВАНИИ ВОДНО-ВОЗДУШНОГО РЕЖИМА

*Аннотация*

*В статье рассмотрены вопросы влияния органического удобрения нового поколения – компоста многоцелевого назначения (КМН) на агрохимические показатели дерново-подзолистого почвы к пятому году его использования. Наблюдения проводились с учётом действия и последствий КМН при двустороннем регулировании водного режима. Исследования показали, что внесённый в первый год компост многоцелевого назначения в дозе 15 т/га к пятому году наблюдений проявил затухающий эффект, что отразилось на выравнивании агрохимических показателей. Удобрения вносились с учётом выноса элементов питания на планируемый урожай при сохранении исходного плодородия почвы. На всех вариантах, кроме контрольного, отмечен бездефицитный баланс гумуса.*

**Ключевые слова:** компост многоцелевого назначения, агрохимические показатели, фосфор, азот, калий.

Zinkovska T.S.<sup>1</sup>, Zenkovsky V.N.<sup>2</sup>, Sorokin V.A.<sup>3</sup>, Shahparonyan L.A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> PhD in Agriculture, <sup>2</sup> PhD in Agriculture, <sup>3</sup>Junior Researcher, <sup>4</sup>Junior Researcher  
FGBNU "All-Russian Research Institute of reclaimed land" Russia, Tver

### CHANGING THE AGROCHEMICAL INDEXES OF SOD-PODZOLIC GLEY SOIL IN THE FIFTH YEAR USE OF MULTI-PURPOSE COMPOST WITH BILATERAL REGULATION OF WATER-AIR REGIME

*Abstract*

*The article discusses the influence of organic fertilizer of new generation - multi-purpose compost (KMN) on agrochemical parameters of sod-podzolic soil in the fifth year of its use. The observations were made taking into account the actions and aftereffects KMN in bilateral regulation of the water regime. Studies have shown that the incorporation into the soil in the first year of a multi-purpose compost at 15 t / ha in the fifth year of observations showed a damped effect that led to the alignment of agrochemical parameters. The fertilizers were applied, taking into account the removal of nutrients for the planned harvest, while maintaining the original soil fertility. In all cases, except for the control, marked by non-deficit balance of humus.*

**Keywords:** multi-purpose compost, agrochemical indices, phosphorus, nitrogen, potassium.

Основу биологической интенсификации современных адаптивно-ландшафтных систем земледелия составляет научно обоснованное экономически и экологически оправданное использование оптимального количества биологических приемов воздействия на плодородие, продуктивность мелиорируемых почв с получением высококачественной растениеводческой продукции. При биологической интенсификации земледелия первоочередное внимание должно уделяться агротехническим и биомелиоративным приемам, регулирующим содержание органического вещества почвы и положительно влияющим на её плодородие и биологическую активность. При этом в разумных пределах применяются минеральные удобрения и пестициды.

**Цель исследований** – определить влияние биомелиоранта нового поколения (высокоэффективное экологически чистое органическое удобрение, получаемое методом твёрдофазной ферментации – компост многоцелевого назначения – КМН) к концу его пролонгации на агрохимические свойства дерново-подзолистого почвы [1, 2]. Наблюдения проводились в течение пяти лет с учётом действия и последствий КМН при двустороннем регулировании водного режима.

**Результаты и обсуждение.** В течение трёх лет на опыте возделывался картофель. Результаты эксперимента при регулировании влажности дерново- подзолистого глееватой почвы показали, что на неудобренном фоне урожай картофеля на 12 % превысил урожай, полученный при одностороннем регулировании влажности осушением. На фоне внесения органического удобрения (КМН в дозе 15 т/га в первый год с учётом дальнейшей пролонгации) это превышение составило около 24 %, на органо-минеральном фоне – 25 %. К пятому году наблюдений ставилась задача выявить остаточное влияние удобрений на агрохимические и физические показатели почвы. Была посеяна вико-овсяная смесь. Данные учёта урожая приведены в таблице 1.

Из таблицы видно, что на вариантах в основном произошло выравнивание урожайности вико-овсяной смеси. Средний урожай зеленой массы при орошении колебался от 39,2 до 42,2 т/га, при его полном выравнивании на варианте с КМН по отношению к неудобренному контролю. На неполивных вариантах средний урожай вико-овсяной смеси колебался незначительно - от 31,3 до 32,8 т/га.

На вариантах с последствием КМН 15 т/га + NPK был получен несколько повышенный (на 4,8-6,5% к контролю) урожай, а это значит, что повышенный вынос элементов питания урожаем на этом варианте способствовал выравниванию плодородия почвы по отношению к контролю.

Таблица 1 – Урожай зеленой массы вико-овсяной смеси при различном водном режиме осушаемой почвы

При орошении				Без орошения			
варианты последствия	повтор- ность	урожай		варианты последствия	повтор- ность	урожай	
		кг/сосуд	т/га			кг/сосуд	т/га
КМН 15 т/га + NPK	1	2,09	41,8	КМН 15 т/га + NPK	1	1,65	33,0
	2	2,16	43,2		2	1,67	33,4
	3	2,07	41,4		3	1,68	33,6
	4	2,22	44,4		4	1,64	32,8
	5	2,00	40,0		5	1,56	31,2
	<b>среднее</b>	<b>2,11</b>	<b>42,2</b>		<b>среднее</b>	<b>1,64</b>	<b>32,8</b>
КМН 15 т/га	1	2,02	40,4	КМН 15 т/га	1	1,59	31,8
	2	1,99	39,8		2	1,64	32,8
	3	1,97	39,4		3	1,61	32,2
	4	2,02	40,4		4	1,53	30,6
	5	1,81	36,2		5	1,69	33,8
	<b>среднее</b>	<b>1,96</b>	<b>39,2</b>		<b>среднее</b>	<b>1,61</b>	<b>32,2</b>
Контроль без удобрений	1	2,20	44,0	Контроль без удобрений	1	1,56	31,2
	2	2,05	41,0		2	1,56	31,2
	3	1,80	36,0		3	1,62	32,4
	4	1,94	38,8		4	1,53	30,6
	5	1,90	38,0		5	1,56	31,2
	<b>среднее</b>	<b>1,98</b>	<b>39,6</b>		<b>среднее</b>	<b>1,57</b>	<b>31,3</b>
НСР <sub>05</sub> -1,59 (т/га)				НСР <sub>05</sub> - 1,30 (т/га)			

Данные по подвижным элементам питания после уборки урожая показали их относительную выравненность на изучаемых вариантах (табл. 2).

На пятый год после закладки опыта подвижный фосфор остался в группе высокого содержания (20-30 мг/100 г почвы по Кирсанову), легкогидролизуемый азот составил в среднем от 4,1 до 5,7 мг/100 (группа среднего содержания). И только подвижный калий при выравненных значениях перешёл из группы среднего и повышенного содержания в группу низкой обеспеченности (4,3-5,6 мг/100 г почвы).

Таблица 2 – Содержание легкогидролизуемого азота, подвижных форм фосфора и калия в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (после уборки вико-овсяной смеси)

Варианты по повторениям	Содержание мг/100 г почвы		
	N <sub>легкогид.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Поливные варианты			
I. КМН+NPK	4,90	29,0	5,0
КМН	5,04	30,0	4,7
Контроль	4,62	25,0	4,3
II. КМН+NPK	5,32	33,0	5,6
КМН	4,62	32,0	4,7
Контроль	4,13	26,6	4,3
Неполивные варианты			
I. КМН+NPK	5,39	32,0	5,3
КМН	5,18	30,0	5,0
Контроль	4,34	29,0	4,7
II. КМН+NPK	5,67	33,0	5,0
КМН	5,69	30,0	4,7
Контроль	5,32	29,5	4,3

После трёх лет возделывания картофеля даже на удобренных вариантах наблюдался отрицательный баланс этого элемента (культура интенсивного выноса по калию и получение урожая выше планируемого – это сказалось на содержании K<sub>2</sub>O в почве).

Общеизвестно, что валовое содержание калия в пахотном слое в 5-50 раз больше, чем азота, и в 8-40 раз больше по сравнению с фосфором. Поэтому почвы имеют значительно большие запасы калия, чем азота и фосфора. Установлено [3,4,5], что между формами калия в почве существует подвижное (динамическое) равновесие. К примеру, если растение поглощает водорастворимый калий, то количество его пополняется за счёт обменного, а уменьшение последнего возобновляется за счёт других форм.

По мере потребления растениями подвижного калия его запасы будут пополняться за счёт труднообменного и калия кристаллической решётки минералов [2,3,4]. Тем не менее, необходимо иметь в виду, что небольшой отрицательный баланс калия может быть только в определённых условиях при исходном повышенном и высоком содержании этого элемента в почве, чтобы не допустить его деградации.

Что касается гумуса, то на всех вариантах, кроме контрольных, в среднем отмечен бездефицитный баланс (в сравнении взято содержание гумуса до закладки опыта и после уборки зеленой массы вико-овсяной смеси). На контроле это уменьшение составило 0,11-0,12 % (табл. 3).

Таблица 3 – Изменение содержания гумуса в опыте по двустороннему регулированию водно-воздушного режима с применением КМН

Варианты по повторениям I и II	Содержание гумуса до закладки опыта, 2011 год, %	Среднее по повторениям значение до закладки, %	Содержание гумуса после уборки урожая, 2015 год, %	Среднее по повторениям значение после уборки, %
Поливные варианты				
I. КМН+NPK	2,97	2,90  2,91 2,98	2,90	2,93  2,99 2,87
КМН	2,88		2,88	
Контроль	3,01		2,96	
II. КМН+NPK	3,07		2,90	
КМН	2,95		3,10	
Контроль	2,96		2,78	
Неполивные варианты				
I. КМН+NPK	3,36	2,82 2,91 3,01	2,80	2,84 2,92 2,89
КМН	2,88		2,99	
Контроль	3,06		2,90	
II. КМН+NPK	2,28		2,89	
КМН	2,95		2,86	
Контроль	2,96		2,81	

К пятому году после внесения компоста произошли изменения и агрофизических показателей: заметно снизилась объемная масса почвы. Так, при двустороннем регулировании водного режима это снижение составило 0,8 г/см<sup>3</sup>, что особенно важно для условий орошаемого земледелия, где часто наблюдается уплотнение почвы поливами.

**Выводы.** Таким образом, полевые исследования показали, что внесенный в первый год компост многоцелевого назначения в дозе 15 т/га к пятому году проявил затухающий эффект, что отразилось на выравнивании агрохимических показателей. Что касается агрофизических свойств, то в первую очередь КМН повлиял на плотность пахотного горизонта, которая к пятому году снизилась на 0,6-0,8 г/см<sup>3</sup>. Снижение плотности естественного сложения почвы повлекло увеличение порозности почвы до 4,8-5,2%. Это отразилось на повышении запасов продуктивной влаги в пахотном горизонте на 2,1-3,5% и предельной полевой влагоёмкости на 8,2-8,6%.

При оценке результатов урожая зеленой массы вико-овсяной смеси и данных агрохимических анализов отмечено относительное выравнивание почвенного плодородия на всех вариантах опыта.

#### Литература

1. Ковалёв Н.Г., Малинин Б.М., Барановский И.Н. Традиционные органические удобрения и КМН на мелиорированных почвах Нечерноземья. – Тверь: Чудо, 2003. – 160 с.
2. Ковалёв Н.Г., Барановский И.Н. Органические удобрения в 21 веке. – Тверь: Чудо, 2006. – 302 с.
3. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрохимия (учебник). -М.: Колос, 2003. – 585 с.
4. Лебедева Л.А., Едемская Н.Л. Научные принципы системы удобрения с основами экологической агрохимии. - М.: МГУ, 2004. -320 с.
5. Ягодин Б.А., Смирнов П.М., Петербургский А.В. Агрохимия. -М.: Агропромиздат, 1989. – 654 с.

#### References

1. Kovaljov N.G., Malinin B.M., Baranovskij I.N. Tradicionnye organicheskie udobrenija i KMN na meliorirovannyh pochvah Nechernozem'ja. – Tver': Chudo, 2003. – 160 s.
2. Kovaljov N.G., Baranovskij I.N. Organicheskie udobrenija v 21 veke. – Tver': Chudo, 2006. – 302 s.
3. Jagodin B.A., Zhukov Ju.P., Kobzarenko V.I. Agrohimiya (uchebnik). -M.: Kolos, 2003. – 585 s.
4. Lebedeva L.A., Edemskaia N.L. Nauchnye principy sistemy udobrenija s osnovami jekologicheskoj agrohimi. -M.: MGU, 2004. -320 s.
5. Jagodin B.A., Smirnov P.M., Peterburgskij A.V. Agrohimiya. -M.: Agropromizdat, 1989. – 654 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.247

Истомина Е.Е.

ORCID: 0000-0003-4910-6239, Кандидат химических наук, Педагогический институт

Иркутского государственного университета, Иркутск

**ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕПЛИЧНОГО ХОЗЯЙСТВА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ****Аннотация**

*В настоящей статье проведен анализ текущего состояния и перспективы развития тепличного хозяйства Иркутской области. Разработаны рекомендации по модернизации и внедрению инноваций в тепличные комплексы Байкальского региона, за счет «умных» технологий.*

**Ключевые слова:** анализ, тепличное хозяйство, рекомендации, модернизация, инновации, умные технологии, Иркутская область.

Istomina E.E.

ORCID: 0000-0003-4910-6239, PhD in Chemistry, Institute of pedagogy Irkutsk State University, Irkutsk

**THE PROCESS OF INNOVATION IN THE RECONSTRUCTION AND MODERNIZATION OF GREENHOUSES IRKUTSK REGION****Abstract**

*In the present article analyzes the current status and Prospects of development of green houses of Irkutsk region and were created recommendations for modernization and innovation in the greenhouses of the Baikal region, at the expense of smart technologies.*

**Keywords:** analysis, greenhouse farm, modernization, recommendations, innovation, smart technologies, Irkutsk region.

**Ц**елью исследования является анализ и разработка рекомендаций по применению инноваций при реконструкции и модернизации тепличного хозяйства Иркутской области.

Материал и методы исследования. Исследование выполнено в 2014-2015 гг. В данной статье обсуждаются результаты исследования тепличного хозяйства Иркутской области. Методом исследования является кабинетное исследование, путем сбора и анализа вторичных данных.

Результаты и обсуждение. Сельским хозяйством в Иркутской области занимаются 190 с/х организаций, 3311 фермерских хозяйств, 349 тыс. личных подсобных хозяйств, 120 с/х кооперативов. В Байкальском регионе в 2015 г. валовый сбор овощей закрытого грунта, в промышленных тепличных комплексах, составил 3,65 тыс. тонн, при энергосубсидиях в 110 млн. руб. [2].

Таблица 1 – Тепличное хозяйство России и Иркутской области [1]

Показатель	2013 г.	2020 г.*
Площадь зимних теплиц России, га	1 887,4	4 490,4
Валовой сбор овощей закрытого грунта России, тыс.тонн.	600,	1700
Площадь зимних теплиц Иркутской области, га	16,0	45,0
Валовой сбор овощей закрытого грунта ЛПХ, тыс. тонн	187,0	-
Валовой сбор овощей закрытого грунта с/х организаций, тыс.тонн	3,65	10,5

\*План

С 2015 г. в России начала реализовываться программа по развитию овощеводства защищенного грунта. Согласно этой программе, производство овощей закрытого грунта должно быть увеличено с 600 тыс. до 1,7 млн тонн в 2020 г., площадь зимних теплиц вырастут в 2,4 р. – с 1,88 тыс. до 4,5 тыс. га. Планируется финансирование программы в размере 41,3 млрд. руб. Согласно планам Минсельхоза России в 2015-2017 гг. импортозависимость по тепличным овощам сократиться на 200 тыс. тонн. [1]

До 1991 г. в Иркутской области работали 12 тепличных комплексов, в т.ч. «Кайский», «Ангарский», «Саянский», «Братский» и «Усть-Илимский».

В настоящее время задействовано 15-17 Га теплиц защищенного грунта круглогодичного производства овощей (крупнейшие промышленные тепличные комплексы: Братский, «Ангара», «Тепличное»), а к 2020 г. планируется увеличение до 45 Га (до уровня 1991г.). При этом самообеспечение региона овощами будет увеличено с 70% до 85%.

Таблица 2 – Характеристика промышленных тепличных комплексов Иркутской области [3,4,5,6,7]

Агрофирма	Площадь теплиц, га	Численность персонала, чел.	Продукция закрытого грунта	Система полива / орошения растений
ОАО «Тепличное» г. Ангарск	7,8	300	Культуры овощные луковичные прочие, лук репчатый, щавель портулак, кресс-салат, капуста цветная и брокколи	Автоматическая система капельного и верхнего полива
ЗАО Агрофирма «Ангара» г. Усть-Илимск	6	377	Цветы голландской селекции; Овощи: огурцы, томаты, перец, баклажаны, салат, зелень.	Автоматическая линия капельного и верхнего полива
ООО «Агропроизводственный Комплекс «Братский» г. Братск	3	300	Овощи: огурцы, Зелень: укроп, зеленый лук, кинза, сельдерей, петрушка.	Система полива растений (водопровод)
ОАО «Искра» п. Искра г. Иркутск	0,5	250	Рассада цветочная; Овощи: баклажаны, томаты, огурцы, салат, перец, капуста.	Система полива растений (водопровод)
КФК «Ермаков» с. Зерновое	0,1	Н.д.	Цветы: тюльпаны. Овощи: зелень, салат, кабачки, помидоры,	Система полива растений (водопровод)

Развитие овощеводства в регионе имеет свои особенности. В сибирском климате для жизнеобеспечения тепличного производства необходимы соответствующие инженерные и технические решения: автоматизированная система управления, искусственное орошение, циркуляция воды, чтобы обеспечить урожайность, долговечность, экономию энергии, комфортные условия, что обеспечит доступность цен для населения. Резко континентальный климат Сибири сокращает сроки плодоношения основных видов овощных культур до 2 мес., что приводит к увеличению цен на рынке.

Внедрение инновационных технологий в тепличное хозяйство позволит сделать этот бизнес рентабельным и эффективным. Одним из инновационных технологий является применение автоматических систем орошения. Доля промышленных тепличных хозяйств оснащенных автоматическими системами орошения/полива является недостаточной.

На тепличном рынке сложились условия, при которых тарифы на тепло- и электроэнергию не позволяют вести рентабельную деятельность. Практически все крупнейшие тепличные комплексы Иркутской области имеют низкую или отрицательную рентабельность продаж и высокую кредиторскую задолженность за оказанные им коммунальные услуги. Тепличные комплексы Иркутской области построены в 1976-1985гг., имеют высокий уровень износа, являются высокочрезвычайными и низкотехнологичными (табл. 3).

Таблица 3 – Основные финансовые показатели деятельности тепличных хозяйств Иркутской области в 2014 г. [3,4,5,6,7]

Агрофирма	Уставный капитал, млн. руб.	Рентабельность продаж / капитала. %	Прибыль (убыток) / кредиторская задолженность, млн. руб.
ООО «Агропроизводственный комплекс «Братский» г. Братск	0,01	(70)/55	(47,3)/76,0
ЗАО «Агрофирма «Ангара» г. Усть-Илимск	0,05	4	12,9/4,6
ОАО «Искра» п. Искра г. Иркутск	53,5	62/56	139,2/6,7
ОАО «Тепличное» г. Ангарск	42,3	4/19	8,4

Разработаны проекты строительства и развития тепличных хозяйств Иркутской области. Рассмотрим современный тепличный комплекс на примере проекта в г. Байкальске. Тепличный комплекс включает: блок теплиц площадью 5 Га и вспомогательные помещения площадью 1 Га: энергокомплекс, КПП, площадки утилизации, производственно-бытовое здание, склад удобрений, система освещения. Современные тепличные комплексы будут оснащены автоматическими линиями капельного и верхнего полива с компьютерным управлением. Софинансирование проектов составит 20% от затрат на строительство и модернизацию из федерального бюджета [2].

Рекомендации по реконструкции и модернизации тепличных комплексов Иркутской области на основе «умных» технологий:

1) для снижения затрат на теплоэнергию предлагается подключение тепличных хозяйств не от прямой, а от обратной тепломагистрали ПАО «Иркутскэнерго», что приведет к снижению себестоимости продукции. [8]

2) Обеспечение тепличным комплексов с современной системой подсветки, и опылением шмелями, увеличивающими урожайность на 15%.

3) Применять инновационные материалы для организации «умных» теплиц: биотекстиль – укрывной материал для растений, винизол – панели для строительства теплиц, нагреватели земли и системы автоматического полива растений с компьютерным управлением. Использование «умных» технологий позволит сократить затраты на тепло- и электроэнергию в 2 раза, что особенно актуально для тепличных хозяйств Иркутской области. [9]

Таблица 4 – Проекты строительства и развития тепличных хозяйств Иркутской области [3,4,5,6,7]

Агрофирма	Площадь теплиц, Га	Рабочих мест, чел	Инвестиции, млн.руб.	Этап Проекта	Координатор / форма участия
ООО Агрокомплекс «Братский» г. Братск	3,0	Н.Д.	Н.Д.	Реорганизация агрофирмы, поиск экоучастка вблизи ГКМ	Минсельхоз Иркутской области/ГЧП, Поиск инвестора
ОАО «Тепличное» г. Ангарск	2,5	Н.Д.	350	Бизнес-план, Определен Участок	«Тепличное» / Корпорация «Развитие»
ЗАО «Агрофирма «Ангара» г. Усть-Илимск	1,3	89	174	Бизнес-план, определен участок в близи ГКМ	Правительство Иркутской области/ГЧП, поиск инвестора
ОАО «Искра» п. Искра г. Иркутск	0,1	250	Н.Д.	Реконструкция и модернизация: хранилища, вентиляции, кровли, теплиц	ДИО Иркутской области / Бюджет Иркутской области
КФК«Ермаков» <sup>1</sup> с. Зерновое, г. Свирск	ок.0,1	Н.Д.	1,7	Построен новый ТК с. Зерновое, планируется вторая очередь	Минсельхоз Иркутской области / Бюджет г. Свирска
ОАО «Иркутский масло-жиркомбинат»	1,0	Н.Д.	Н.Д.	Построены 2 теплицы в г. Ангарске	ОАО «Иркутский масложиркомбинат»
Тепличный комплекс г. Байкальск	5	100	500	Бизнес-план, определен Участок	ВЭБ, МЭР РФ / ГЧП, Корпорация «Развитие»

Сокр.: ГЧП – государственное частное партнерство; Корпорация – Корпорация «Развитие Иркутской области»; ГКМ – район газоконденсатного месторождения.

<sup>1</sup>Планируется организация 30 тепличных комплексов на действующих КФХ Иркутской области.

В современных высокоэффективных тепличных комплексах невозможно без применения инноваций. Применение инноваций, при реконструкции и модернизации тепличного хозяйства Иркутской области, позволит вывести его в разряд эффективного и высокорентабельного вида агробизнеса.

#### Литература

1. Зимой и весной 2015 года цены на овощи резко возрастут – Минэкономразвития [Электронный ресурс] [www.finmarket.ru/news/3823132](http://www.finmarket.ru/news/3823132) (дата обращения 07.03.16)

2. Модернизация тепличных комплексов Приангарья планируется поддержать в правительстве региона // Областная, 9 марта 2016 г.

3. Правительство Приангарья рассматривает вопрос о выделении средств регионального бюджета на поддержку ОАО «Искра» [Электронный ресурс] [irkobl.ru/sites/mio/sobitiya/news/6219/?print=y](http://irkobl.ru/sites/mio/sobitiya/news/6219/?print=y) (дата обращения 07.03.16)

4. Тепличный комплекс: запущена первая очередь [Электронный ресурс] <http://svirskaya-energiya.ru/news/25403/> (дата обращения 07.03.16)

5. Тепличным хозяйствам в Приангарье не хватает денег для выращивания огурцов и томатов зимой [Электронный ресурс] [irkutskmedia.ru/news/economics/18.02.2015/421943/teplichnimhozyaystvam-v-priangare-ne-hvataet-deneg-dlya-viraschivaniya-ogurtsov-i.html](http://irkutskmedia.ru/news/economics/18.02.2015/421943/teplichnimhozyaystvam-v-priangare-ne-hvataet-deneg-dlya-viraschivaniya-ogurtsov-i.html) (дата обращения 07.03.16)

6. Тепличный комплекс обещают построить в Байкальске до 1 сентября 2015 года [Электронный ресурс] <http://www.голосбайкала.рф/бизнес/тепличный-комплекс-обещают-построят/> (дата обращения 07.03.2016)

7. Комплексный инвестиционный план модернизации моногорода Усть-Илимск Иркутской области 2010-2014 гг. // Одобен распоряжением Правительства Иркутской области от 18 октября 2010 года № 241-рп)

8. Для снижения затрат «Иркутскэнерго» предлагает подключать тепличные хозяйства от обратной тепломагистрали [Электронный ресурс] [sia.ru/?section=484&action=show\\_news&id=312661](http://sia.ru/?section=484&action=show_news&id=312661) (дата обращения 07.03.16)

9. Иркутские ученые придумали «умную» теплицу [Электронный ресурс] [http://vesti.irk.ru/news/.../161274/?sphrase\\_id=20550](http://vesti.irk.ru/news/.../161274/?sphrase_id=20550) (дата обращения 07.03.2016)

## References

1. Zimoj i vesnoj 2015 goda ceny na ovoshhi rezko vozrastut – Minjekonomrazvitija [Jelektronnyj resurs] <http://www.finmarket.ru/news/3823132> (data obrashhenija 07.03.2016)
2. Modernizacija teplichnyh kompleksov Priangar'ja planiruetsja podderzhat' v pravitel'stve regiona // Oblastnaja, 9 marta 2016 g
3. Pravitel'stvo Priangar'ja rassmatrivaet vopros o vydelenii sredstv regional'nogo bjudzheta na podderzhku OAO «Iskra» [Jelektronnyj resurs] [irkobl.ru/sites/mio/sobitiya/news/6219/?print=y](http://irkobl.ru/sites/mio/sobitiya/news/6219/?print=y) (data obrashhenija 07.03.2016)
4. Teplichnyj kompleks: zapushhena pervaja ochered' [Jelektronnyj resurs] <http://svirskaya-energiya.ru/news/25403/> (data obrashhenija 07.03.2016)
5. Teplichnym hozjajstvam v Priangar'e ne hvataet deneg dlja vyrashhivaniya ogurcov i tomatov zimoj [Jelektronnyj resurs] [irkutskmedia.ru/news/economics/18.02.2015/421943/teplichnimhozyaystvam-v-priangare-ne-hvataet-deneg-dlya-vyrashhivaniya-ogurcov-i-tom.html](http://irkutskmedia.ru/news/economics/18.02.2015/421943/teplichnimhozyaystvam-v-priangare-ne-hvataet-deneg-dlya-vyrashhivaniya-ogurcov-i-tom.html) (data obrashhenija 07.03.2016)
6. Teplichnyj kompleks obeshhajut postroit' v Bajkal'ske do 1 sentjabrja 2015 goda [Jelektronnyj resurs] <http://www.golosbajkala.rf/biznes/teplichnyj-kompleks-obeshhajut-postrojat/> (data obrashhenija 07.03.2016)
7. Kompleksnyj investicionnyj plan modernizacii monogoroda Ust'-Ilinsk Irkutskoj oblasti 2010-2014 gg. // Odobren rasporjazheniem Pravitel'stva Irkutskoj oblasti ot 18 oktjabrja 2010 goda № 241-rp)
8. Dlja snizhenija zatrat «Irkutskjenergo» predlagaet podkljuchat' tep-lichnye hozjajstva ot obratnoj teplomagistrali [Jelektronnyj resurs] [http://sia.ru/?section=484&action=show\\_news&id=312661](http://sia.ru/?section=484&action=show_news&id=312661) (data obrashhenija 07.03.2016)
9. Irkutskie uchenye pridumali «umnuju» teplicu [Jelektronnyj resurs] [vesti.irk.ru/news/.../161274/?sphrase\\_id=20550](http://vesti.irk.ru/news/.../161274/?sphrase_id=20550) (data obrashhenija 07.03.2016)

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.171

Ким Сон Хи<sup>1</sup>, Цой Сан Зин<sup>1</sup>, Ким Сен Чхор<sup>2</sup>, Бирюкова Ю.С.<sup>3</sup>, Буров Д.В.<sup>3,4</sup><sup>1</sup> Университет им. Ким Ир Сена, КНДР, <sup>2</sup> Политехнический университет им. Ким Чакана, КНДР, <sup>3</sup> Дальневосточный федеральный университет, РФ, <sup>4</sup> МГУ им. адм. Г. И. Невельского, РФ.*Обработка экспериментальных данных по влиянию лазерного света на урожайность выполнен в ДВФУ при поддержке гранта РНФ №14-50-00034***ОБРАБОТКА РИСОВЫХ СЕМЯН ЛАЗЕРНЫМ СВЕТОМ****Аннотация**

*В статье рассмотрено кратковременное воздействие когерентного света на сельскохозяйственные растения. Обнаружено повышение урожайности риса, путем предпосевного облучения семян лазерным излучением, длина волны которого составила 650 нм. Предложено устройство и способ облучения рисовых семян лазерным светом с использованием метода подачи свободнопадающих семян. Изобретение относится к области сельского хозяйства и может быть использовано для предпосевной обработки семян. Обосновано влияние длительности облучения на стимуляционный эффект.*

**Ключевые слова:** лазерный свет, рисовые семена, сельское хозяйство, растениеводство.Kim Son Hi<sup>1</sup>, Coj San Zin<sup>1</sup>, Kim Sen Chhor<sup>2</sup>, Biriukova Yu. S.<sup>3</sup>, Burov D.V.<sup>3,4</sup><sup>1</sup> Kim Il Sung University, DPRK, <sup>2</sup> Kim Chaek University of Technology, DPRK, <sup>3</sup> Far Eastern Federal University, RF, <sup>4</sup> Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoy, RF**TREATMENT OF RICE SEEDS BY LASER LIGHT****Abstract**

*The article describes briefly the impact of coherent light on agricultural plants. Increase rice yield by pre-sowing seed irradiation with laser light was detected, whose wavelength was 650 nm. The proposed device and method of irradiation of rice seeds by laser light with use of a method of supplying free-falling seeds. The invention relates to agriculture and can be used for presowing treatment of seeds. The impact of exposure duration to stimulating effect was based.*

**Keywords:** laser light, rice seeds, agriculture, plant science.

Статья изъята



Статья изъята

Статья изъята

## Статья изъята

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.217

Колосовский Э.В.<sup>1</sup>, Матвеева Р.Н.<sup>2</sup>, Братилова Н.П.<sup>2</sup>, Буторова О.Ф.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-0348-1260 Аспирант<sup>2</sup>ORCID 0000-0002-3476-9622 Доктор сельскохозяйственных наук,

Сибирский государственный технологический университет

**РОСТ КУЛЬТУР СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОМКНУТОСТИ ПОЛОГА ДРЕВОСТОЯ***Аннотация*

*Приведен сравнительный анализ роста культур сосны кедровой сибирской 54-летнего биологического возраста, произрастающих при различной сомкнутости полога деревьев верхнего яруса (сосна обыкновенная, береза повислая) в зеленой зоне г. Красноярска. Для сравнения биометрических показателей было взято семенное потомство двух географических происхождений: томское и ханты-мансийское. Установлено, что сомкнутость полога древостоя оказала существенное влияние высоту, приросты центрального побега за 2014-2015 гг., диаметр ствола, кроны. Количество боковых ветвей в нижней живой мутовке и угол их прикрепления к стволу одинакового происхождения при разной сомкнутости полога древостоя отличались незначительно.*

**Ключевые слова:** селекция, рост, сосна кедровая сибирская, культуры, сомкнутость полога, Сибирь.

Kolossowski E.V.<sup>1</sup>, Matveeva R.N.<sup>2</sup>, Bratilova N.P.<sup>2</sup>, Butorova O.F.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-0348-1260 Graduate student,<sup>2</sup>ORCID 0000-0002-3476-9622 Doctor of agricultural sciences, Siberian State Technological University**GROWTH CULTURES OF PINE CEDAR SIBERIAN DEPENDING TO CLOSENESS OF TREES CANOPY***Abstract*

*An analysis of the growth of crops Pine cedar siberian 54-year-old biological age, growing in different canopy trees influence top-tier (pine vulgaris, birch silver) in green area of Krasnoyarsk. Biometrics indicators of seed progeny two geographical origins: Tomsk, and Chanty-Mansi were comparing. Found that the tree canopy trees had a significant effect on height, Central escape for 2014-2015, trunk diameter, crown. The number of lateral branches at the bottom live mutovke and angle they attach to the trunk of the same age and origin at different canopy trees influence differed slightly.*

**Keywords:** breeding, growth, pine Cedar Siberian, culture, tree canopy, Siberia.

**Введение.** Восстановлением кедровых насаждений путем создания лесных культур активно занимались, начиная с 50-х годов XX века. Испытывались разные способы создания культур данного вида как в условиях ареала [1-3 и др.), так и при интродукции [4-6] и др.). Анализировался рост культур сосны кедровой сибирской на вырубках [7], под пологом леса [8, 9]. Проводилось сравнение роста лесных культур при различной освещенности [10, 11]. Отмечался лучший рост культур сосны кедровой сибирской на открытых участках. Выращивая сосну кедровую сибирскую при интродукции, авторы отмечают удовлетворительный рост культур в условиях Ленинградской [12], Московской [13] областей и других регионах Российской Федерации. Отсутствуют литературные данные о влиянии различной сомкнутости полога древостоя на рост культур сосны кедровой сибирской II класса возраста.

**Объекты и методы исследований.** Исследования проведены в культурах сосны кедровой сибирской, произрастающих на участке «Горный», расположенном в зеленой зоне г. Красноярска. Культуры были созданы весной 1966 г. под руководством доцента кафедры лесных культур Сибирского технологического института (ныне СибГТУ) О.П. Олисовой. В качестве посадочного материала были использованы 4-летние сеянцы сосны кедровой сибирской, выращенные из семян, собранных в насаждениях Томской и Тюменской (Ханты-Мансийский автономный округ) областей. Посадка была проведена в площадки размером 0,7х0,7 м. В каждую площадку было высажено по 9 сеянцев.

Расстояние между центрами площадок составило 4 м. Всего в каждой секции, состоящей из сеянцев разного происхождения, было по 80 площадок.

На период посадки полнота древостоя составляла 0,7, состав древостоя – 7БЗС. В 80-е годы была проведена частичная вырубка деревьев.

Осенью 2015 г. в каждой площадке у лидирующих деревьев сосны кедровой сибирской с определением сомкнутости полога древостоя измеряли высоту, диаметр ствола, кроны, боковых ветвей, приросты побега за 2014-2015 гг. и другие показатели с использованием общепринятых методик с последующей статистической обработкой данных. Достоверность различий устанавливали по t-критерию ( $t_{\phi}$ ), сравнивая его с табличным ( $t_{05}$ ). Тесноту связи между показателями определяли по коэффициенту корреляции.

**Результаты и их обсуждение.** Интенсивность роста в высоту деревьев сосны кедровой сибирской 54-летнего биологического возраста, являющихся лидерами в каждой площадке, зависит от сомкнутости полога древостоя (таблица 1).

Таблица 1 – Высота, приросты центрального побега сосны кедровой сибирской в культурах

Географическое происхождение	Сомкнутость полога	Хср.	$\pm m_{\text{хср.}}$	$\pm \sigma$	V, %	P, %	$t_{\phi}$ при $t_{05}=2,00$
Высота, м							
Томское	0,3-0,5	10,2	0,31	1,70	16,7	3,0	-
	0,6-0,9	7,2	0,24	1,63	22,6	3,3	7,65
Ханты-мансийское	0,3-0,5	11,0	0,26	1,43	13,0	2,4	-
	0,6-0,9	8,2	0,24	1,55	18,9	2,9	7,91
Прирост 2014 г., см							
Томское	0,3-0,5	24,7	1,33	7,33	29,7	5,4	-
	0,6-0,9	17,0	0,99	6,70	39,4	5,8	4,64
Ханты-мансийское	0,3-0,5	26,9	1,49	8,14	30,3	5,5	-
	0,6-0,9	17,9	1,03	6,69	37,4	5,8	4,97
Прирост 2015 г., см							
Томское	0,3-0,5	31,2	1,35	7,39	23,7	4,3	-
	0,6-0,9	17,0	0,91	6,15	36,2	5,3	8,72
Ханты-мансийское	0,3-0,5	30,2	1,49	8,15	27,0	4,9	-
	0,6-0,9	21,5	1,01	6,53	30,4	4,7	4,83
Прирост за два года, см							
Томское	0,3-0,5	55,8	2,36	12,94	23,2	4,2	-
	0,6-0,9	33,9	1,81	12,29	36,2	5,3	7,18
Ханты-мансийское	0,3-0,5	57,2	2,78	15,24	26,6	4,9	-
	0,6-0,9	39,5	1,90	12,32	31,2	4,8	5,28

Исследования показали, что, независимо от географического происхождения (томское, ханты-мансийское), культуры сосны кедровой сибирской при сомкнутости полога 0,3-0,5 имеют наибольшие показатели по высоте и приростам побега в высоту. Процент превышения средних показателей культур при большей освещенности составляет 37,7 % по высоте, 47,4 % - по приросту за 2014 г., 59,1 % - по приросту за 2015 г. и 53,9 % - за два года. Отмечается наибольшая изменчивость показателей в вариантах, где сомкнутость полога составляла 0,6-0,9.

Сомкнутость полога, коррелирующая с освещенностью [14], оказывает большое влияние как на рост в высоту, так и на рост по диаметру ствола, боковых ветвей нижней живой мутовки. Превышение по диаметру ствола у деревьев, растущих при большей освещенности, составляет 47,7 %. В меньшей степени данный фактор сказывается на росте по диаметру кроны. Процент превышения равен 26,1 %. Превышение по диаметру боковых ветвей нижней мутовки меньше и составляет 17,6 % (таблица 2).

Таблица 2 – Диаметр ствола, боковых ветвей, кроны у сосны кедровой сибирской в опытных вариантах

Географическое происхождение	Сомкнутость полога	Хср.	$\pm m_{\text{хср.}}$	$\pm \sigma$	V, %	P, %	$t_{\phi}$ при $t_{05}=2,00$
Диаметр ствола, см							
Томское	0,3-0,5	9,5	0,32	1,75	18,4	3,4	-
	0,6-0,9	6,2	0,21	1,40	22,6	3,4	8,70
Ханты-мансийское	0,3-0,5	9,8	0,23	1,25	12,8	2,8	-
	0,6-0,9	6,9	0,19	1,75	25,4	2,8	9,71
Диаметр боковых ветвей, см							
Томское	0,3-0,5	0,9	0,04	0,23	15,5	4,4	-
	0,6-0,9	0,8	0,02	0,17	12,2	2,5	3,73
Ханты-мансийское	0,3-0,5	1,1	0,03	0,16	14,5	2,7	-
	0,6-0,9	0,9	0,02	0,15	16,7	2,2	6,37
Диаметр кроны, м							
Томское	0,3-0,5	2,9	0,06	0,35	12,1	2,1	-
	0,6-0,9	2,3	0,06	0,37	16,1	2,6	2,37
Ханты-мансийское	0,3-0,5	3,0	0,06	0,35	11,7	2,0	-
	0,6-0,9	2,3	0,05	0,31	13,5	2,2	4,28

Количество боковых ветвей на нижней живой мутовке в среднем составило 3,9-4,6 шт., угол их прикрепления к стволу – 90,5-91,7°. Различие между вариантами отсутствует или находится в пределах ошибок (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели боковых ветвей у сосны кедровой сибирской в сравниваемых вариантах

Географическое происхождение	Сомкнутость полога	Хср.	$\pm m_{\text{хср.}}$	$\pm \sigma$	V, %	P, %	$t_{\phi}$ при $t_{05}=2,00$
Количество боковых ветвей, шт.							
Томское	0,3-0,5	3,9	0,23	1,28	32,8	5,9	-
	0,6-0,9	3,9	0,15	1,02	26,2	3,8	0,0
Ханты-мансийское	0,3-0,5	4,6	0,16	0,86	18,7	3,5	-
	0,6-0,9	4,1	0,22	1,43	34,9	5,4	1,74
Угол прикрепления боковых ветвей к стволу, град.							
Томское	0,3-0,5	91,2	0,62	3,39	3,7	0,7	-
	0,6-0,9	90,5	0,28	1,89	2,1	0,3	0,92
Ханты-мансийское	0,3-0,5	91,7	1,11	6,06	6,6	1,2	-
	0,6-0,9	90,9	0,55	3,53	3,9	0,6	0,58

Проведенные исследования по изучению показателей сосны кедровой сибирской алтайского происхождения также подтвердили лучший рост лидирующих деревьев в площадках при сомкнутости полога 0,1-0,5 [15].

В насаждениях томского и ханты-мансийского происхождения при полноте 0,3-0,4 высота деревьев была, соответственно, на 98,4 и 58,9 %, текущий прирост – на 132,6 и 83,2 %, диаметр ствола – на 120,7 и 89,1 %, диаметр кроны – на 45,4 и 40,9 % больше в сравнении с полнотой 0,7-0,9 (таблица 4).

Таблица 4 – Биометрические показатели деревьев сосны кедровой сибирской

Сомкнутость полога	Высота, м	Прирост 2015 г., см	Диаметр ствола, см	Диаметр кроны, м
Томское происхождение				
0,3-0,4	12,3	34,2	11,7	3,2
0,5	9,9	30,9	9,15	2,8
0,6	8,2	19,1	6,9	2,4
0,7-0,9	6,2	14,7	5,3	2,2
Ханты-Мансийское происхождение				
0,3-0,4	11,6	35,0	10,4	3,1
0,5	10,4	27,1	9,4	2,9
0,6	9,2	23,9	7,7	2,4
0,7-0,9	7,3	19,1	5,5	2,2

Коэффициенты корреляции между сомкнутостью полога древостоя и показателями роста культур варьируют от - 0,649 до -0,890, что указывает на высокую и очень тесную связь (таблица 5).

Таблица 5 – Степень тесноты связи сомкнутости полога с показателями роста сосны кедровой сибирской в культурах

Показатель	г	Уравнение связи	R <sup>2</sup>
Томское происхождение			
Высота	-0,857	-17,05x+18,55	0,734
Прирост 2015 г.	-0,723	-65,48x+61,14	0,522
Диаметр ствола	-0,879	19,38x <sup>2</sup> -41,75x+25,16	0,792
Диаметр кроны	-0,649	4,754x <sup>2</sup> -8,387x+5,802	0,453
Ханты-мансийское происхождение			
Высота	-0,812	-12,78x+16,67	0,659
Прирост 2015 г.	-0,662	20,44x <sup>2</sup> +66,88x+56,51	0,440
Диаметр ствола	-0,890	-1,401x <sup>2</sup> -11,71x+15,26	0,792
Диаметр кроны	-0,770	-2,847x+4,211	0,593

**Вывод.** Проведенные исследования показали особенности роста сосны кедровой сибирской 54-летнего биологического возраста в подпологовых культурах зеленой зоны г. Красноярск. Установлено, что между сомкнутостью полога древостоя и такими показателями, как высота, текущий прирост, диаметр ствола, кроны существует значительная и тесная связь, о чем свидетельствуют коэффициенты корреляции. Учитывая существенное превышение показателей сосны кедровой сибирской, произрастающей при наименьшей сомкнутости полога, целесообразно в созданных подпологовых культурах проводить рубки ухода, увеличивая их освещенность.

## Литература

- 1.Олисова О.П. Некоторые вопросы агротехники выращивания кедров сибирского // Труды по лесному хозяйству Сибири. – Новосибирск: СО АН СССР, 1960. – Вып. 6. – С. 161-165.
- 2.Ширская М.Н. О способах искусственного возобновления кедров сибирского в горно-таежных лесах Сибири // Тр. По лесному хозяйству Западной Сибири.- Новосибирск, 1957.- Вып.3.- С. 215-222.
- 3.Ширская М.Н. Культуры кедров сибирского в горных лесах Сибири.-М.: Гослесбумиздат, 1964.-100 с.
- 4.Гиряев Д.М. Разведение кедров сибирского в Нечерноземной зоне РСФСР / Д.М. Гиряев, М.Ф. Петров // Лесное хозяйство.-1983.-№ 3.- С.63-65.
- 5.Орлов Ф.Б. Опыт разведения кедров сибирского в Архангельской области / Ф.Б. Орлов, В.П. Тарабрин.- Архангельск: Арх. кн. изд-во, 1960.- 52 с.
- 6.Хохрин А.В. Методы промышленной культуры кедров сибирского на Среднем Урале // Опыт и пути улучшения ведения лесного хозяйства в Пермской области.- Пермь, 1971.- С. 115-121.
- 7.Витальев А.П., Лоскутов Р.И. Опыт создания культур кедров на вырубках // Лесное хозяйство.- 1968.- № 5.- С. 74-48.
- 8.Ермоленко П.М., Овчинникова Н.Ф. Рост кедров в культурах под пологом леса березняка в черном поясе Западного Саяна // Ботанические исследования в Сибири.- Красноярск: Вост.-Сиб. центр РАН, 1996.- Вып. 5.- С. 40-42.
- 9.Залесов С.В. Рост подполовых культур в восстановлении насаждений кедров сибирского // Проблема лесовосстановления в таежной зоне СССР.- Красноярск, 1988.- С. 85-87.
- 10.Габеов В.Н. Рост культур кедров при различной освещенности в лесостепном Приобье // Известия СО АН СССР.- 1961.- № 7.- С. 71-74.
- 11.Бех И.А., Данченко А.М. Рост одновозрастных культур кедров под пологом леса и на открытом участке // Проблемы кедров.- Томск, 1990.-С. 65-70.
- 12.Бобров Р.В. О перспективе культуры кедров сибирского в Ленинградской области // Кедр сибирский на Европейском Севере СССР.- Л., 1972.- С. 28-31.
- 13.Дроздов И.И., Янгутов А.И. Кедр сибирский на северной границе зоны смешанных лесов // Лесная геоботаника и биология древесных растений.- Тула, 1981.- С. 35-38.
- 14.Мелехов И.С. Лесоведение: учебник для вузов.- М.: Лесн. пром-сть, 1980.- 408 с.
- 15.Колосовский Э.В., Лузанов А.Г., Матвеева Р.Н. Изменчивость показателей 54-летней сосны кедровой сибирской алтайского происхождения в культурах, созданных под пологом леса // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений.- Красноярск: СибГТУ, 2015.- С. 31-34.

## References

- 1.Olisoa O.P. Nekotorye voprosy agrotehniki vyrashhivaniya kedra sibirskogo // Trudy po lesnomu hozjajstvu Sibiri. – Novosibirsk: SO AN SSSR, 1960. – V. 6. – S. 161-165.
- 2.Shirskaja M.N. O sposobah iskusstvennogo vozobnovleniya kedra sibirskogo v gorno-taezhnyh lesah Sibiri // Tr. Po lesnomu hozjajstvu Zapadnoj Sibiri.- Novosibirsk, 1957.- Vyp.3.- S. 215-222.
- 3.Shirskaja M.N. Kul'tury kedra sibirskogo v gornyh lesah Sibiri.-M.: Goslesbumizdat, 1964.-100 s.
- 4.Girjaev D.M. Razvedenie kedra sibirskogo v Nechernozemnoj zone RSFSR / D.M. Girjaev, M.F. Petrov // Lesnoe hozjajstvo.-1983.-№ 3.- S.63-65.
- 5.Orlov F.B. Opyt razvedeniya kedra sibirskogo v Arhangel'skoj oblasti / F.B. Orlov, V.P. Tarabrin.- Arhangel'sk, 1960.- 52 s.
- 6.Hohrin A.V. Metody promyshlennoj kul'tury kedra sibirskogo na Srednem Urale // Opyt i puti uluchsheniya vedeniya lesnogo hozjajstva v Permskoj oblasti.- Perm', 1971.- S. 115-121.
- 7.Vital'ev A.P., Loskutov R.I. Opyt sozdaniya kul'tur kedra na vyrubkah // Lesnoe hozjajstvo.- 1968.- № 5.-S. 74-48.
- 8.Ermolenko P.M., Ovchinnikova N.F. Rost kedra v kul'turah pod pologom lesa bereznjaka v chemevom pojase Zapadnogo Sajana // Botanicheskie issledovaniya v Sibiri.- Krasnojarsk, 1996.- V. 5.- S. 40-42.
- 9.Zalesov S.V. Rost podpologovyh kul'tur v vosstanovlenii nasazhdenij kedra sibirskogo // Problema lesovosstanovleniya v taehnoj zone SSSR.-Krasnojarsk, 1988.- S. 85-87.
- 10.Gabeov V.N. Rost kul'tur kedra pri razlichnoj osveshennosti v lesostepnom Priob'e // Izvestija SO AN SSSR. - 1961.- № 7.- S. 71-74.
- 11.Beh I.A., Danchenko A.M. Rost odnovostrastnyh kul'turkedra pod pologom lesa i na otkrytom uchastke //Problemy kedra.- Tomsk, 1990.-S. 65-70.
- 12.Bobrov R.V. O perspektive kul'tury kedra sibirskogo v Leningradskoj oblasti // Kedr sibirskij na Evropejskom Severe SSSR.- L., 1972.- S. 28-31.
- 13.Drozdo I.I., Jangutov A.I. Kedr sibirskij na severnoj granice zony smeshannyh lesov // Lesnaja geobotanika i biologija drevesnyh rastenij.- Tula, 1981.- S. 35-38.
- 14.Melev I.S. Lesovedenie: uchebnik dlja vuzov.- M., 1980.- 408 s.
- 15.Kolosovskij Je.V., Luzanov A.G., Matveeva R.N. Izmenchivost' pokazatelej 54-letnej sosny kedrovoj sibirskoj altajskogo proishozhdeniya v kul'turah, sozdannyh pod pologom lesa // Plodovodstvo, semenovodstvo, introdukcija drevesnyh rastenij.- Krasnojarsk: SibGTU, 2015.- S. 31-34.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.280

Кузнецов В.М.

ORCID: 0000-0002-4366-7628

Доктор сельскохозяйственных наук,

ФГБНУ «Сахалинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

**ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ КОРОВ И СЕЛЕКЦИЯ ПО МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ****Аннотация**

Изучена возможность эффективной селекции коров по признакам воспроизводства. Дана характеристика основных родственных групп животных голштинской породы по показателям воспроизводства. Выявлены существенные различия по соотношению числа дочерей быков с разным интервалом между отелами у коров. Обнаружена разная степень адаптации животных различного географического происхождения к условиям Сахалинской области. Между удоем полновозрастных коров за 305 дней лактации и количеством выбывших коров по плодовитости выявлена положительная коррелятивная связь ( $r = +52$ ).

**Ключевые слова:** воспроизводительная способность коров, голштинская порода, сахалинская популяция, молочная продуктивность, селекция.

Kuznetsov V.M.

ORCID: 0000-0002-4366-7628

PhD in Agriculture,

FSBI "Sakhalin scientific research Institute of agriculture"

**REPRODUCTIVE ABILITY OF COWS AND SELECTIVE BREEDING FOR MILK PRODUCTION****Abstract**

Studied the possibility of effective breeding cows on signs of reproduction. Given the characteristics of the main related groups of animals in terms of reproduction. Revealed significant differences in the ratio of the number of daughters of bulls with different calving interval in cows. The degree of adaptation of animals to different geographical origin to the conditions of the Sakhalin region. Between the milk yield of Mature cows over 305 days of lactation and the number of retired cows on fertility revealed a positive correlation ( $r = +52$ ).

**Keywords:** reproductive ability of cows, holstein breed, the sakhalin population, milk yield, selection.

Воспроизводительная способность коров голштинской породы относится к важному признаку для селекции. В соответствии с теорией Мазера (K Mather) [1], признаки плодовитости относятся к полигенным, вариация которых, обеспечивает непрерывную изменчивость. В связи с этим, плодовитость как количественный признак характеризуется высокой изменчивостью [2]. Для решения вопроса о возможности улучшения этого признака селекционными методами необходимо иметь представление о генотипических различиях у животных [3]. Долю этого разнообразия в общей фенотипической изменчивости можно определить с помощью коэффициента наследуемости. Несмотря на невысокие показатели коэффициентов наследуемости репродуктивных признаков у коров сахалинской популяции, они имеют большое практическое значение (табл. 1).

Таблица 1 – Наследуемость и изменчивость признаков плодовитости

Репродуктивные признаки	Вариансы, коэффициенты наследуемости и изменчивости				
	$\delta_s^2$	$\delta_e^2$	$h^2$	$\delta_p^2$	Cv
Сервис-период, дней	2139	12996	0,141	15135	64,7
Сухостойный период, дней	235	1972	0,106	2207	67,8
Индекс осеменения	0,943	6,85	0,121	7,79	78,6

Анализ показывает, что отбор по плодовитости не может дать высокого эффекта, поэтому следует использовать методы селекции, основанные на оценке и отборе по генотипу, прежде всего быков-производителей. В связи с этим оценка межлинейных различий с учетом параметров воспроизводства может быть дополнительным способом определения уровня их племенной ценности.

Для изучения межлинейных различий у коров по этому показателю мы проанализировали соотношение количества дочерей быков, принадлежащих к разным родственным группам в зависимости от интервала между отелами (табл. 2).



Таблица 2 – Соотношение среднее взвешенного количества дочерей ( $m$ ) в потомстве линий и родственных групп быков( $n$ ) с разным интервалом между отелами (дней)

Родственная группа, линия	$n$	305-365		366-395		396- 425		426 и выше	
		$m$	%	$m$	%	$m$	%	$m$	%
Инка Суприм Рефлекшн 121004	3	130,8	19,8	133,0	20,0	198,9	16,5	288,9	43,7
Пабст Гувернер 882933	1	25,2	21,3	18,9	16,0	23,8	20,1	50,3	42,5
Вис Бек Айдиал 1013415	5	220,1	19,4	276,4	24,5	219,2	19,5	413,0	36,6
Жасмина 841	2	110,2	24,9	110,8	24,9	71,1	16,1	153,3	34,1
Карнейшн Мэдкэп Баттер Бой 1152252	2	54,6	23,2	56,9	24,2	48,4	20,6	75,4	32,1
Силинг Трайджун Рокит 252803	1	4,0	21,0	4,0	21,0	6,0	31,6	5,0	25,3
Розейф Ситейшн 267150	2	106,4	33,9	78,0	24,8	48,9	15,6	180,8	25,7

В результате анализа выявлены существенные различия по соотношению числа дочерей с разным интервалом между отелами. Максимальное число дочерей с оптимальным интервалом между отелами обнаружен у коров, принадлежащих к линии Вис Бек Айдиал 1013415. Одновременно линия Инка Суприм Рефлекшн 121004 насчитывала в своем составе наибольшее количество животных с интервалом между отелами 426 дней и более.

Более отчетливая тенденция обнаружена при сравнении животных, имеющих различное географическое происхождение и разную степень адаптации к условиям Сахалинской области (таблица 3).

Таблица 3– Соотношение интервала между отелами у коров – дочерей ( $m$ ) быков ( $n$ ) разных географических популяций

Происхождение быков	$n$	31-60		61-90		91-120		121 и выше	
		$m$	%	$m$	%	$m$	%	$m$	%
Американские	6	243,3	19,7	295,3	23,1	243,0	19,5	463,3	37,1
Канадские	4	269,9	23,6	254,7	22,5	193,7	17,0	425,1	36,9
Сахалинские	6	136,1	25,6	127,6	24,9	89,6	16,0	178,3	33,5
Японские	9	135,5	17,5	267,0	22,7	287,1	20,2	322,4	39,6

Быки-производители сахалинской селекции обладали значительным преимуществом по соотношению числа дочерей с оптимальным сервис-периодом. Из этого вытекает одно важное обстоятельство – показатели воспроизводства отрицательно коррелируют с фенотипическим значением основного селекционного признака – удоя коров за 305 дней лактации. В результате отбор по молочной продуктивности противодействует адаптации. Между удоем полновозрастных коров за 305 дней лактации и количеством выбывших коров по плодовитости выявлена положительная коррелятивная связь ( $r = +0,52$ ). Кривые, показывающие количество выбывших животных по молочной продуктивности и плодовитости, на графике имеют сходное расположение (рис. 1).

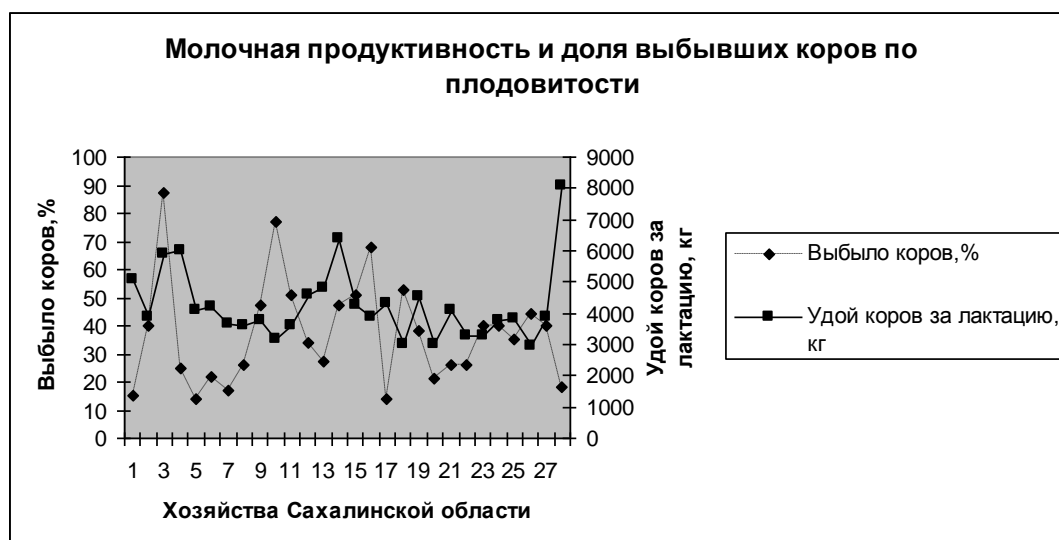


Рис. 1 – Количество выбывших коров по удою и бесплодию

В этом случае важно знать совместный эффект искусственного отбора и адаптации. Для оценки степени воздействия естественного отбора на признаки селекции, необходимо сравнить взвешенный (фактический) селекционный дифференциал с ожидаемым.

Ожидаемый селекционный дифференциал представляет собой среднее фенотипическое отклонение родителей (средняя продуктивность матерей и матерей отцов). Фактический селекционный дифференциал равен среднему отклонению родителей между смежными поколениями. Однако повышение интенсивности отбора по основным селекционным признакам сопровождается снижением воспроизводительных функций коров. Тем не менее, массовая селекция по молочной продуктивности может быть эффективна, несмотря на невысокие показатели наследуемости. Для этого необходимо создать высокий селекционный дифференциал, т.е. очень высокого показателя проявления селекционируемого признака у отобранной группы животных.

В отношении признаков плодовитости, характеризующихся наиболее низкой наследуемостью массовый отбор в сочетании с отбором по происхождению должен быть основным методом селекции, поскольку в силу биологических и экономических факторов применение других методов не осуществимо. Коэффициент отбора может быть определен как относительная приспособленность поколения животных сохранившихся после воздействия всех типов отбора. Более детально о влиянии генотипа быков на репродуктивные функции дочерей можно наблюдать при оценке производителей по качеству потомства.

#### Литература

1. Мазер, К. Биометрическая генетика/К. Мазер, Дж. Джинкс – М.: Мир, 1985. – 463 с.
2. Фолькнер Д.С. Введение в генетику количественных признаков /Пер. с англ. А.Г.Креславского, В.Г.Черданцева. /Д.С. Фолькнер // М.: ВО Агропромиздат, 1985. – 486 с.
3. Кузнецов, В.М. Адаптация голштинской породы в условиях Сахалинской области при чистопородном разведении /В.М.Кузнецов// Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2004. - №3. – С. 87-90.

#### References

1. Mather, K. Biometrical genetics/K. Mather, J. Jinx – M.:Mir, 1985. – 463 p.
2. Falconer D. S. Introduction to quantitative genetics signs, Transl. angl. A. G. Kreslavsky, V. G., Cherdantseva. /D. S. Falconer // M.: Agropromizdat, 1985. – 486 p.
3. Kuznetsov, V. M. Adaptation of holstein breed in the conditions of the Sakhalin region in purebred breeding /M. V. Kuznetsov// the Reports of the Russian Academy of agricultural Sciences. – 2004. - No. 3. – P. 87-90.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.255

Лепешкина Л.А.<sup>1</sup>, Воронин А.А.<sup>2</sup>, Клевцова М.А.<sup>3</sup>, Вейгуо Ту<sup>4</sup>, Ли Сен<sup>5</sup>, ЛуО Хуемей<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Кандидат географических наук, научный сотрудник, Воронежский государственный университет, <sup>2</sup>кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Воронежский государственный университет, <sup>3</sup>кандидат географических наук, доцент, Воронежский государственный университет, <sup>4</sup>кандидат биологических наук, заместитель директора, Сычуаньский провинциальный институт природных ресурсов, <sup>5</sup>аспирант, Сычуаньский провинциальный институт природных ресурсов, <sup>6</sup>научный сотрудник, Сычуаньский провинциальный институт природных ресурсов

#### БИОГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЧУЖЕРОДНЫХ ИНВАЗИОННЫХ ФЛОР ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ (ЕВРОПЕЙСКАЯ РОССИЯ) И ПРОВИНЦИИ СЫЧУАНЬ (КИТАЙ)

#### Аннотация

Цель работы – биогеографический анализ чужеродных инвазионных флор Центрального Черноземья (европейская Россия) и провинции Сычуань (Китай). В ходе исследования выявлено 9 общих инвазионных чужеродных видов растений. Основную роль в формировании чужеродных инвазионных флор Центрального Черноземья и провинции Сычуань сыграли представители флористических областей Нового Света. Для инвазионной чужеродной флоры Центрального Черноземья – флора Северной Америки (умеренный пояс), для провинции Сычуань – флора Южной Америки (тропический и субтропический пояс). Для разработки превентивных мер по защите биоты от инвазий чужеродных видов рекомендовано внедрение биогеографического прогнозирования.

**Ключевые слова:** биогеографический анализ, чужеродные инвазионные виды растений, флора, Центральное Черноземье, провинция Сычуань.

Lepeshkina L.A.<sup>1</sup>, Voronin A.A.<sup>2</sup>, Klevcova M.A.<sup>3</sup>, Weiguo Tu<sup>4</sup>, Li Sen<sup>5</sup>, LuO Xuemei<sup>6</sup>

<sup>1</sup> PhD in Geography, research associate, Voronezh State University, <sup>2</sup> PhD in Agriculture, Associate professor, Voronezh State University, <sup>3</sup> PhD in Geography, Associate professor, Voronezh State University, <sup>4</sup> PhD in Biology, Sichuan Provincial Institute of Natural Resources Sciences, <sup>5</sup> Research trainee, Sichuan Provincial Institute of Natural Resources Sciences, <sup>6</sup> Research assistant, Sichuan Provincial Institute of Natural Resources Sciences

#### BIOGEOGRAPHIC ANALYSIS OF ALIEN INVASIVE FLORAS OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION (EUROPEAN RUSSIA) AND SICHUAN PROVINCE (CHINA)

#### Abstract

Objective – biogeographical analysis of invasive alien floras of the Central Chernozem region (European Russia) and Sichuan province (China). The study identified 9 common invasive alien plant species. A major role in the formation of invasive alien floras of the Central Chernozem region and Sichuan province was played by the representatives of the floristic regions of the New world. For invasive alien flora of the Central Chernozem region – flora of North America (temperate zone), to Sichuan province – flora of South America (tropical and subtropical zone). To develop preventive measures to protect biota from invasions by alien species, recommended the introduction biogeographic forecasting.

**Keywords:** biogeographic analysis, invasive alien species, flora of the Central Chernozem, Sichuan province.

В современных научных работах проблема биологических инвазий формулируется как проблема биотического загрязнения [1], источником которого является преднамеренная интродукция чужеродных организмов. Во всем мире этот фактор ведет в трансформации аборигенного биоразнообразия. Взаимодействие биогеографии растений с практикой в отношении проблемы «перемешивания биот» и инвазий чужеродных видов ведет к формулированию новых задач. Это разработка эффективного карантина растений, мониторинга фитоинвазий и управления поведением чужеродных видов с оценкой биогеографических последствий преднамеренной интродукции. В этом отношении актуальным является международное сотрудничество ботанического сада Воронежского госуниверситета и Сычуаньского провинциального института природных ресурсов. Кратко остановимся на биогеографическом анализе чужеродных фракций флор двух крупных географически удаленных регионов – Центрального Черноземья (европейская Россия) и провинции Сычуань (КНР).

На территории провинции Сычуань выявлено 105 инвазионных чужеродных видов сосудистых растений из 79 родов и 28 семейств отдела покрытосеменные. По числу видов лидируют семейства: *Asteraceae* – 29 видов (28,0%), *Poaceae* – 19 видов (18,1%), *Fabaceae* – 10 видов (9,5%). Преднамеренно занесенные виды (эргазиофиты) составляют 66,0%. Например, *Cabomba caroliniana*, *Cabomba caroliniana*, *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes*, *Pilea microphylla*, *Mirabilis jalapa*, *Talinum paniculatum*, *Crassocephalum crepidioides*, *Mikania micrantha*, *Ageratum houstonianum*, *Pharbitis purpurea*, *Pharbitis nil*, *Ulex europaeus*, *Cassia mimosoides*, *Solanum erianthum* и др. Биогеографически инвазионный чужеродный компонент флоры провинции Сычуань представлен преимущественно южноамериканскими тропическими и субтропическими гигрофильными видами (48 видов, 46,0%).

На территории Центрального Черноземья выявлено 76 чужеродных инвазионных видов растений. Высокой видовой насыщенностью отличаются семейства: *Asteraceae* – 19 видов (25,0%), *Poaceae* – 7 видов (9,2%) и *Brassicaceae* – 5 видов (6,6%). Эргазиофиты насчитывают 32 вида (42,1%), ксенофиты (случайные «пришельцы») – 36 видов (47,4%), смешанный тип заноса (ксен/эргазиофиты, эргазио/ксенофиты) имеют 8 видов (10,5%). По отношению к фактору увлажнения доминируют типичные мезофиты – 46 видов (60,5%). Биогеографически инвазионный компонент флоры характеризуется высоким разнообразием североамериканских элементов умеренного климата (31 вид, 40,8%), из них многие виды уже давно сформировали вторичный европейско-североамериканский (13 видов, 17,1%), голарктический (11 видов, 14,5%) и космополитный (8 видов, 10,5%) ареалы.

Среди инвазионных чужеродных видов рассматриваемых регионов выявлено только 9 общих таксонов: *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Conyza canadensis*, *Galinsoga parviflora*, *Helianthus tuberosus*, *Phalacrolooma annuum*, *Solidago canadensis*, *Robinia pseudoacacia*, *Lolium perenne*.

Некоторые инвазионные чужеродные виды растений провинции Сычуань на территории Центрального Черноземья имеют статус чужеродных видов с нестабильным вторичным ареалом (эфемерофиты и колонофиты): *Amaranthus caudatus*, *Phytolacca americana*, *Cannabis sativa*, *Cosmos bipinnata*, *Tagetes patula*, *T. erecta*, *Ricinus communis*, *Hibiscus trionum*, *Medicago sativa*, *Sorghum sudanenses*.

Выявлено, что 6 видов сычуаньской инвазионной чужеродной флоры являются аборигенными синантропными представителями флоры Центрального Черноземья: *Senecio vulgaris*, *Sonchus oleraceus*, *S. asper*, *Trifolium repens*, *Melilotus albus*, *Plantago lanceolata*, *Daucus carota*.

В инвазионной чужеродной флоре Центрального Черноземья 6 видов растений – выходцы из центральной, южной и юго-восточной Азии (аборигены китайской флоры): *Zizania latifolia*, *Impatiens parviflora*, *Hippophaë rhamnoides*, *Elsholtzia ciliata*, *Portulaca oleracea*, *Ulmus pumila*. В последние 10 лет в центрах интродукции Воронежской области активно расселяются ксерофильные азиатские злаки – *Digitaria ischaetum* и *D. sanguinalis* [2]. Прогнозируется их дальнейшее активное расселение в регионе.

Практически все преднамеренно занесенные растения во флору нашего региона и провинции Сычуань расселились из вторичных центров интродукции, а не из исходных ареалов. В целом инвазионный чужеродный компонент флоры Центрального Черноземья характеризуется как мезофитный, лесостепной, евразийско-североамериканский с преобладанием монокарпических биоморф.

Для инвазионного компонента флоры провинции Сычуань отмечено высокое разнообразие гигрофильных лугово-прибрежных и лесных, южноамериканских видов: *Alternanthera philoxeroides*, *Acanthospermum australe*, *Leucaena leucocephala*, *Mimosa pudica*, *Acacia farnesiana*, *Pilea microphylla* и др. Основную роль в формировании чужеродных инвазионных флор Центрального Черноземья и провинции Сычуань сыграли представители флористических областей Нового Света: для инвазионной чужеродной флоры Центрального Черноземья – флора Северной Америки (умеренный пояс), для провинции Сычуань – флора Южной Америки (тропический и субтропический пояс).

Инвазионные чужеродные виды флор Центрального Черноземья и провинции Сычуань активно расселяются в зональных и интразональных сообществах. Значительно меньше их доля в аazonальных фитоценозах меловых обнажений юга Черноземья, а также в составе петрофитных сообществ высокогорий Восточного Тибета.

Среди инвазионных чужеродных видов сычуаньской флоры особо выделяются следующие агрессивные таксоны: *Eupatorium adenophorum*, *Alternanthera philoxeroides* и *Eichhornia crassipes*. *Eupatorium adenophorum* является опасным сорняком сельскохозяйственных угодий. Он также проникает в экосистемы естественных пастбищ, где вытесняет аборигенные виды растений и ведет к смене растительных ассоциаций, проникает в антропогенно нарушенные светлые леса, образуя сплошные заросли. В растительном сырье *Eupatorium adenophorum* содержатся ядовитые для домашних животных химические соединения.

В растительных сообществах Центрального Черноземья наиболее успешными «трансформерами» являются: *Arrhenatherum elatius*, *Acer negundo*, *Bidens frondosa*, *Echinocystis lobata*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Sambucus racemosa*.

Биогеография растительных инвазий имеет свои особенности по широтному и долготному градиентам. Для изучения этого процесса необходимо оценить роль экологических коридоров в расселении чужеродных видов. Например, функции экологических коридоров на территории Центрального Черноземья выполняют долины рек и ручьев, овражно-балочная сеть, лесные полосы, бросовые поля, лесные массивы, а также транспортная система

железнодорожного и автомобильного сообщения. Железнодорожные местообитания позволяют многим южным и карантинным элементам флоры проникать в более северные регионы. Среди них североамериканские по происхождению виды растений: *Ambrosia artemisiifolia*, *Cuscuta campestris* и *Atriplex tatarica*.

Для разработки превентивных мер по защите биоты от инвазий чужеродных видов необходимо внедрение биогеографического прогнозирования. Особого контроля требуют преднамеренно занесенные чужеродные растения, так как именно они доминируют в категории видов-«трансформеров». Безопасная интродукция растений – важная задача для мирового сообщества. В России и Китае на базе университетских ботанических садов и природоохранных организаций различного уровня разрабатываются новые стратегии и альтернативы культивирования растений интродуцентов.

### Литература

1. Дгебуадзе Ю.Ю. Чужеродные виды в Голарктике: некоторые результаты и перспективы исследований // Российский журнал биологических инвазий. – 2014. – №1. – С. 2-8.

2. Lepeshkina, L.A. Adventive flora of Kozo-Polyanskiy Botanical Garden and its naturalization level / L.A. Lepeshkina, Z.P. Mukovnina // Botanicheskie Sady Kak Tsentry Sokhraneniya Bioraznoobraziya I Ratsional'nogo Ispol'novaniya Rastitel'nykh Resursov. Mater. Mezhd. Nauch. Konf (Proc. Int. Sci. Conf. Botanical Gardens as the Centers of Preservation of Biodiversity and Rational Use of Herbaceous Resources). 2005. P. 203-206.

### References

1. Dgebuadze Ju.Ju. *Chuzherodnye vidy v Golarktike: nekotorye rkzul'taty i perspektivy issledovaniy* [Alien species in Holarctic: some resultaty and prospects of research // Rossijskij zhurnal biologicheskikh invazij [Russian journal of biological invasions]. 2014. №1. pp. 2-8.

2. Lepeshkina L.A., Mukovnina Z.P. *Adventivnaja flora Botanicheskogo sada im. prof. B.M. Kozo-Poljanskogo i stepen' ee naturalizacii* [Adventive flora of Kozo-Polyanskiy Botanical Garden and its naturalization level]. Botanicheskie Sady Kak Tsentry Sokhraneniya Bioraznoobraziya I Ratsional'nogo Ispol'novaniya Rastitel'nykh Resursov. Mater. Mezhd. Nauch. Konf [Proc. Int. Sci. Conf. Botanical Gardens as the Centers of Preservation of Biodiversity and Rational Use of Herbaceous Resources]. Moscow, 2005, pp. 203-206.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.178

Лукашенко Т.В.<sup>1</sup>, Прокопьев В.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-2753-1640 Научный сотрудник, <sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-0265-6359

кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

### УСТОЙЧИВОСТЬ КОРОВ К МАСТИТУ В УСЛОВИЯХ ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ С УЧЁТОМ ЛИНЕЙНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ И ТИПА НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

#### Аннотация

В статье представлены результаты научно-исследовательской работы по оценке устойчивости коров к заболеванию вымени маститом и выявлению наиболее устойчивых линий. Исследования проведены на базе хозяйства СПК «Береговой» на 81 коровах черно-пестрой породы типа приобский. При поточно-цеховой системе содержания коров более устойчивые к заболеванию маститом были выделены дочери быков Дугласа 96288, Джурора 7783 - линии Р. Соверинга 198998 и Гладиолуса 57, Джинса 7794, Фрейланда 221 - линии В.Б. Айдиала 1013415.

Менее подвержены заболеванию клиническим маститом как при раздое, так и в производственном цехе неуравновешенные, агрессивные коровы - 73,3 и 64,4 балла (I тип) и уравновешенные - 71,2 и 63,2 балла (II тип).

Среди коров инертного (III типа) и слабого (IV типа) животных с высокой устойчивостью к маститу не отмечено.

Экспериментальные данные оценки животных могут быть использованы в селекционном процессе для формирования однородных групп коров, обеспечивающих высокую продуктивность и устойчивость к заболеванию маститом в условиях интенсивной технологии содержания.

**Ключевые слова:** корова, тип, линия, мастит, вымя.

Lukashenkova T.V.<sup>1</sup>, Prokopen V.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-2753-1640 Research associate, <sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-0265-6359 PhD in Agriculture,

Federal public budgetary scientific institution "Kemerovo Research Institute of Agriculture"

### RESISTANCE OF COWS TO MASTITIS IN THE CONDITIONS OF LINE TECHNOLOGY TAKING INTO ACCOUNT LINEAR ACCESSORY AND TYPE OF NERVOUS ACTIVITY

#### Abstract

In clause results of research work according to stability of cows to disease of a udder by a mastitis and revealing of the steadiest lines are presented. Researches are lead on the basis of facilities SPK "Beregovoy" on 81 cows of black-motley breed of type priobskiy. When flon-shop system, the content of the cows more ustoychevye to mastitis were allocated daughter bulls Duglosa 7794, Dzhurore 7783 – line R. Soveringa 198998, and Gladiolus 57, Gina 7794, Freylanda 221 – line V.B. Aydiala 1013415.

Are less subject to a disease of clinical mastitis both at razdy, and in production shop unbalanced, aggressive cows - 73,3 and 64,4 points (the I type) and counterbalanced - 71,2 and 63,2 points (the II type).

Among cows inert (the III type) and weak (the IV type) animals with high resistance to mastitis aren't marked out.

Experimental data of an assessment of animals can be used in selection process for formation of uniform groups of the cows providing high efficiency and resistance to a disease of mastitis in the conditions of intensive technology of contents. Cows evaluation used in breeding of cows will increase the resistance to the disease.

**Keywords:** the cow, type, a line, a mastitis, a udder.

**В** настоящее время селекционно-племенная работа в молочном скотоводстве ведется в направлении получения животных, способных проявить высокую молочную продуктивность в условиях поточной технологии.

А между тем интенсивное использование высокопродуктивных коров на промышленных комплексах способствует снижению резистентности и возникновению заболеваний вымени, в частности мастита.

По данным А.П. Брылина и А.В. Бойко (2006) потери молока от переболевания маститом составляют в среднем 10-15% годового удоя.

На заболеваемость коров маститом оказывают влияние различные факторы. Основными причинами возникновения мастита у коров являются погрешности в содержании, кормлении и использовании животных (75-85%), а также наследственно обусловленные факторы (15-25%).

При неблагоприятных условиях содержания маститами болевают коровы, которые унаследовали от родителей предрасположенность к ним.

Так, Ю.М. Огнев, Л.И. Назаренко, Г. А. Богатыревой. и др. (1983) установлено, что восприимчивость и устойчивость к маститам у сибирского скота черно-пестрой породы более чем на 30% определяются генотипом матери.

При изучении степени распространения скрытого мастита у коров черно-пестрой породы В. Плотноковым, А. Поповым (1998) установлено, что наиболее устойчивыми к маститу являются коровы линий Силинг Трайджун Рокета, Тонима, Пилота, Вис Бек Идеала.

В селекции крупного рогатого скота на повышение естественной резистентности и устойчивости к болезням большое значение имеет оценка по устойчивости коров к маститу.

Оценка устойчивости коров на мастит проводилась по 100 балльной шкале по методике (Методические рекомендации по выявлению и предупреждению мастита у коров селекционного стада, 1988) в течение лактации.

В период исследований все животные находились в одинаковых условиях содержания и кормления.

Из 81 исследованной коровы в период раздоя было отмечено 59,3% с заболеванием вымени (таблица 1).

Таблица 1 – Оценка устойчивости коров к маститу с учетом линейной принадлежности

Линия	Исследовано,		Цех раздоя (100- 120 дней лактации)				Цех производства молока (200- 280 дней лактации)			
			Устойчивость к маститу, балл							
			до 70		свыше 70		до 70		свыше 70	
	голов	%	гол	%	гол	%	гол	%	гол	%
Р. Соверинг	37	45,7	21	56,8	16	43,2	25	67,6	12	32,4
В.Б. Айдиал	32	39,5	17	53,1	15	46,9	19	59,4	13	40,6
М. Чифтейн	12	14,8	10	83,3	2	16,7	12	100	-	-
Итого:	81	100	48	59,3	33	40,7	56	69,1	25	30,9

При переводе из цеха раздоя в цех производства молока число заболевших коров увеличилось на 14,3%.

Распределение коров по линиям показало, что наибольшее число животных относится к линии Р. Соверинга 198998 - 45,7% и В.Б. Айдиала 1013415 - 39,5%. Устойчивых к заболеванию маститом в период раздоя по линии Р. Соверинга и В.Б. Айдиала выявлено 43,2 и 46,9% соответственно. При переводе животных в цех производства молока процент животных устойчивых к заболеванию маститом снижается на 10,8 и 6,3%.

С более высокой резистентностью (100 баллов) за период лактации, были отмечены по линии Р. Соверинга 18,0% коров (быки-отцы Дуглас 96288, Джурор 7783) и 18,7% по линии В.Б. Айдиала (быки-отцы Гладиолус 57, Фрейланд 221 и Джинс 7794). По остальным быкам с высокой резистентностью и устойчивостью коров к маститу отмечены единичные случаи.

Для определения типа нервной деятельности использована ответная реакция коров на постороннего человека, шум, соседку по стойлу, доярку и другие. На основе наблюдений, животные были распределены на 4 типа нервной деятельности по И.П. Павлову (цит. по кн.. В.И. Георгиевского., 1990):

II – уравновешенный подвижный;

III – уравновешенный инертный;

IV – неуравновешенный слабый

По данным Т.В. Лукашenkовой, В.Г. Прокопьева и Л.С. Поликова (2014) в стаде СПК «Береговой» 68,5% животных относится к уравновешенному (II и III) типу. Их удой за 305 дней лактации выше, чем у неуравновешенного типа на 1062,0 кг ( $P>0,01$ ).

Распределение коров по типу нервной деятельности с учетом линейной принадлежности показало, что животные линий Вис Бек Айдиал 1013415 и Рефлекшн Соверинг 198998 относятся больше к уравновешенному подвижному типу (II) – 35,1% и 34,3% соответственно (таблица 2).

Таблица 2 – Тип нервной деятельности с учетом линейной принадлежности

Линия	Всего голов	Тип нервной деятельности							
		I		II		III		IV	
		гол	%	гол	%	гол	%	гол	%
Р. Соверинг 198998	37	7	19,0	13	35,1	11	29,7	6	10,8
В.Б. Айдиал 1013415	32	5	15,6	11	34,3	9	28,1	7	21,9
М. Чифтейн 95679	12	6	50,0	1	8,3	-	-	5	41,7
Итого:	81	18	22,2	25	30,9	20	24,7	18	22,2

В линии Монтвик Чифтейн 95679 преобладают особи неуравновешенного подвижного типа (I) – 50,0%.

Менее подвержены заболеванию клиническим маститом в цехе раздоя неуравновешенные, агрессивные животные (I тип) – 73,3 балла и уравновешенные (II тип) – 71,2 балла (таблица 3).

Таблица 3 – Оценка устойчивости коров к маститу с учетом типа нервной деятельности

Тип нервной деятельности коров	Исследовано, голов		Больных клиническим маститом		Устойчивость к маститу, балл	
					Цех раздоя (100-120 дней лактации)	Цех производства молока (200-280 дней лактации)
	голов	%	голов	%	M±m	M±m
I (неуравновешенный)	18	22,2	2	11,1	73,3±9,63	64,4±10,14
II (уравновешенный)	25	30,9	4	16,0	71,2±8,31	63,2±7,93
III (инертный)	20	24,7	4	20,0	34,4±10,55	40,0±10,19
IV (слабый)	18	22,2	6	33,3	12,0±6,55	19,0±7,74
Итого:	81	100	16	19,6	48,9±5,19	47,4±4,85

При переводе их в цех производства молока устойчивость животных к маститу снижается на 8,9 и 8,0 баллов (разница не достоверна).

Среди коров инертного (III типа) и слабого (IV типа) животных с высокой устойчивостью к маститу не отмечено, так как они хуже адаптируются на новом месте.

Таким образом, при поточно-цеховой системе содержания коров более устойчивые к заболеванию маститом были выделены две линии: В.Б. Айдиал – дочери быков Гладиолуса 57, Джинса 7794 и Фрейланда 221 и Р. Соверинг – дочери быков Дугласа 96288, Джурора 7783.

В цехе раздоя менее подвержены заболеванию клиническим маститом неуравновешенные, агрессивные коровы (I тип) и уравновешенные (II). При переводе их в цех производства молока устойчивость коров к маститу снижается на 8,9 и 8,0 баллов (разница не достоверна).

У коров инертного (III типа) и слабого (IV типа) наблюдается очень низкая резистентность к маститу на всем протяжении лактации.

#### Литература

1. Брылин, А.П., Бойко А.В. Программа по борьбе с маститами и улучшению качества молока: Ветеринария. – 2006. – № 5. – С.9-11.
2. Георгиевский В.И. Физиология с/х животных. М.: Агропромиздат. – 1990. – С. 498-499.
3. Лукашенко Т.В., Прокопьев В.Г., Поликов Л.С. Связь типа нервной деятельности с молочной продуктивностью коров в условиях привязной технологии: Достижение науки и техники. – 2014. – №10. – С. 51-52.
4. Методические рекомендации по выявлению и предупреждению мастита у коров селекционного стада. Новая Александровка. – 1988. – С.12.
5. Плотников В., Попов А. О взаимосвязи индекса агрессивности голштинских коров с их молочной продуктивностью: Молочное и мясное скотоводство. – 2009. – №7. – С.27-28.

#### References

1. Brilin, A.P. Program on struggle against mastitises and improvement of quality of milk: Veterinarij. – 2006. – № 5. – S.9-11.
2. Georgievskie V.I. Physiolog with about animals.-M.: Agropromisdat. – 1990. –S. 498-499.
3. Lukashenkova T.V., Prokopyev V. G., Polikov L.S. Communication of type of nervous activity with dairy efficiency of cows in the conditions of fastened technology: Achievement of science and technology. – 2014. – No. 10. – Page 51-52.
4. Methodical recommendations on revealing and the prevention of a mastitis at cows of selection herd. New Aleksandrovka, 1988. – S.12.
5. Carpenters V., Popov A. About interrelation of an index of aggression the golshhtinskikh of cows with their dairy efficiency: Dairy and meat cattle breeding. – 2009. – No. 7. – Page 27-28.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.081

Петрова Л.И.<sup>1</sup>, Митрофанов Ю.И.<sup>2</sup>, Артемьев А.Е.<sup>3</sup>, Первушина Н.К.<sup>1-3</sup>Кандидат сельскохозяйственных наук,

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» (ФГБНУ ВНИИМЗ)

**УДОБРЕНИЯ КАК ФАКТОР УПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ КАРТОФЕЛЯ  
НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ****Аннотация**

*В статье рассмотрено влияние применения различных норм удобрений на величину и качество урожая картофеля, на биологическую активность почвы, питательный режим, экономическую оценку его выращивания на осушаемых землях. В результате проведенных исследований было установлено, что удобрения обеспечивают значительный рост продуктивности картофеля и повышают эффективность использования осушаемой пашни.*

**Ключевые слова:** картофель, удобрения, урожайность, качество.

Petrova L.I.<sup>1</sup>, Mitrofanov Y.I.<sup>2</sup>, Artemiev A.E.<sup>3</sup>, Pervushina N.K.<sup>1-3</sup>PhD in Agriculture,

Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands

**FERTILIZERS LIKE FACTOR OF MANAGEMENT OF POTATO YIELD ON DRAINED LANDS****Annotation**

*The article considers the impact of the application of different norms of fertilizers on the yield and quality of potato crop and on the biological activity of the soil, nutrient regime, economic valuation of its cultivation on drained lands. As a result of studies it found that fertilizer potatoes provide significant productivity growth and improve the efficiency of drained arable land.*

**Keywords:** potatoes, fertilizer, yield, quality.

Применение удобрений является основным средством, обеспечивающим повышение урожайности картофеля, при своевременном и качественном выполнении других агротехнических агроприемов. Особенно это важно для дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны России, отличающихся невысоким естественным плодородием [1-3].

В 2012-2015 годах на экспериментальном полигоне ФГБНУ ВНИИМЗ изучалась эффективность применения различных норм удобрений под картофель на осушаемом закрытым гончарным дренажом участке (междреннее расстояние 20 м, глубина заложения дрен 0,9-1,2 м) на трех вариантах удобрений: 1 – без удобрений; 2 – средние нормы – компост многоцелевого назначения (КМН) 15 т/га + K<sub>90</sub>; 3 – высокие нормы – КМН 15 т/га + N<sub>70</sub>K<sub>180</sub>. Почва на участке дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая, среднекислая с высоким содержанием подвижного фосфора, повышенным обменного калия и гумуса – 2,23-2,38%. Возделывание картофеля осуществлялось по рекомендованной ВНИИМЗ грядовой технологии в плодосменном четырехпольном севообороте, развернутом в пространстве и во времени, со следующим чередованием культур: яровая пшеница + клевер – клевер 1 г.п. – озимая рожь – картофель. В опыте выращивался районированный в Тверской области сорт картофеля Удача, норма посадки 40 тыс. клубней/га.

Погодные условия и водно-воздушный режим пахотного слоя почвы в годы исследований различались. 2012 год – теплый и влажный выше нормы. Состояние водно-воздушного режима на посадках картофеля в течение вегетации было благоприятное, влажность пахотного слоя почвы в среднем 73% ППВ, порозность аэрации – 30% объема почвы.

2013 год – более сухой и прохладный с неравномерным выпадением осадков. Влажность почвы в течение вегетационного периода была недостаточной – в среднем 37% ППВ, порозность аэрации – 42% объема почвы.

2014 год – теплый и засушливый. Влажность почвы была значительно ниже оптимальных значений, в среднем за вегетацию – 35% ППВ, порозность аэрации высокой – 43-44% объема почвы.

2015 год – теплый и влажный. Неравномерное выпадение осадков ливневого характера не обеспечивало достаточную влажность пахотного слоя почвы в течение вегетации, в среднем она была на уровне 59% ППВ, пористость аэрации – 34% объема почвы.

Объемная масса и общая пористость пахотного слоя, благодаря особенностям грядовой технологии возделывания картофеля, в течение вегетации во все годы были на уровне оптимальных значений соответственно в среднем в пределах 1,18-1,23 г/см<sup>3</sup> и 52-55% объема почвы.

Результаты исследований по выявлению влияния различных норм удобрений на среду обитания показали, что при применении удобрений и повышении их норм процент разложения льняного полотна во все годы был выше по сравнению с вариантом без удобрений, в среднем за 4 года – от 1,4-2,0 до 1,9-3,0 раза.

При наблюдении за содержанием нитратного и аммиачного азота в пахотном слое почвы было выявлено, что во все фазы развития растений различия по вариантам удобрений сохраняются в пользу применения удобрений и повышения их норм. Наибольшие различия наблюдаются в фазу всходов. В период интенсивного потребления питательных элементов растениями значения показателей снижаются, в конце вегетации и после уборки отмечена тенденция их повышения. Причем в течение всей вегетации культуры преобладает нитратная форма азота. Нужно отметить, что выше суммарное содержание в почве NO<sub>3</sub> и NH<sub>4</sub> наблюдалось в наиболее засушливом 2014 году.

Определение содержания нитратного азота в клубнях картофеля показало, что оно увеличивалось с повышением фона удобренности, но было ниже ПДК (250 мг/кг), в среднем за 4 года в интервале – 67,9-155,6 мг/кг. Наиболее высокое содержание его отмечено также в засушливом 2014 году.

По содержанию крахмала в клубнях картофеля можно отметить повышение его на вариантах с внесением удобрений по сравнению с вариантом без них, в среднем за 4 года от 12,9% до 14,0 при средних нормах, до 15,3 – при



высоких. Во все годы применение и повышение норм удобрений положительно сказывалось на формировании урожая картофеля. В среднем за 4 года урожай на варианте без удобрений составил 14,6 т/га, со средними нормами удобрений – 26,8, с высокими – 34,1. Расчет экономической эффективности выращивания картофеля на различных вариантах удобрений показал, что применение и повышение норм удобрений улучшало экономические показатели, в т.ч. рентабельность в среднем за 4 года на крайних вариантах составила 57 и 112%, окупаемость – 1,57 и 2,12 руб./руб. затрат.

В результате проведенных исследований было установлено, что удобрения обеспечивают значительный рост продуктивности картофеля и повышают эффективность использования осушаемой пашни. Учет полученных данных позволяет использовать оптимальные нормы удобрений при возделывании картофеля в зависимости от производственных условий.

#### Литература

1. Чухина О.В., Жуков Ю.П. Продуктивность картофеля при минимальной и расчетной дозах удобрений в Вологодской области //Плодородие. -2012, №5. - С.11-13.
2. Лекомцева Е.В. и др. Удобрение картофеля //Картофель и овощи. -2015, №4. -С. 34-35.
3. Котова З.П. и др. Удобрение картофеля на севере //Картофель и овощи. -2015, №11. -С. 31-32.

#### References

1. Chuhina O.V., Zhukov Ju.P. Produktivnost' kartofelja pri minimal'noj i raschetnoj dozah udobrenij v Vologodskoj oblasti //Plodородие. -2012, №5. - S.11-13.
2. Lekomceva E.V. i dr. Udobrenie kartofelja //Kartofel' i ovoshhi. -2015, №4. -S.34-35.
3. Kotova Z.P. i dr. Udobrenie kartofelja na severe //Kartofel' i ovoshhi. - 2015. -№11. -S. 31-32.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.066

Плешаков А.А.<sup>1</sup>, Рябова Е.В.<sup>2</sup>, Цыганок И.Б.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Аспирант, РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева; <sup>2</sup>Кандидат биологических наук, РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева; <sup>3</sup>Кандидат сельскохозяйственных наук, РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева  
**АНАЛИЗ ДОСТОВЕРНОСТИ ОЦЕНКИ ЖЕРЕБЦОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ РУССКОЙ ВЕРХОВОЙ ПОРОДЫ ПО КАЧЕСТВУ ПОТОМСТВА В ПЕРВОЙ СТАВКЕ**

#### Аннотация

*В статье изложены результаты анализа достоверности оценки производителей русской верховой породы по качеству потомства, полученного в первой ставке, даже в том случае, если ее численность менее 10 голов.*

**Ключевые слова:** русская верховая порода лошадей, жеребец-производитель, качество потомства, оценка.

Pleshakov A.A.<sup>1</sup>, Ryabova E.V.<sup>2</sup>, Tsyganok I.B.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Postgraduate student, RSAU - MTAA named after K.A. Timiryazev, <sup>2</sup> PhD in Biology, RSAU- MTAA named after K.A. Timiryazev, <sup>3</sup> PhD in Agriculture, RSAU - MTAA named after K.A. Timiryazev

**ANALYSIS OF THE RELIABILITY EVALUATION RUSSIAN RIDING STALLION BY QUALITY OFFSPRING IN THE FIRST RATE**

#### Abstract

*In article results of research of reliability of the preliminary evaluation of stallions producers of Russian horse breed by quality of progeny obtained in the first bet, even if its size less than 10 goals.*

**Keywords:** Russian riding horse breed, the sire, the quality of offspring, evaluation.

Современное спортивное коневодство предъявляет очень высокие требования к качеству лошадей. Существенным звеном грамотной племенной работы является оценка жеребцов-производителей по качеству потомства. Раннее выявление лучших производителей и широкое их использование позволяет сделать племенную работу более эффективной. Иногда решение о дальнейшем использовании жеребца-производителя приходится принимать по результатам оценки потомства, полученного в первой ставке. Согласно инструкции по бонитировке [2] для оценки жеребца необходимо иметь не менее 10 оцененных потомков, однако на практике численность первой ставки зачастую бывает ниже.

Русская верховая порода лошадей относится к выдающемуся достижению отечественного коннозаводства, и, к сожалению, имеет ограниченный генофонд. Количество кобыл колеблется в пределах 200 голов. Оценка по качеству потомства в русской верховой породе является фактором, оказывающим наибольшее влияние на совершенствование селекционных признаков [3,4,5,6].

В данной связи исследования, направленные на анализ достоверности оценки жеребцов производителей русской верховой породы по качеству потомства в первой ставке, являются актуальными, что и стало целью нашей работы.

**Задачи:** 1. Сравнить оценки селекционных признаков у молодняка в первых и последующих ставках у разных жеребцов-производителей.

2. Выявить корреляционную зависимость между оценками селекционных признаков у потомства из первых и последующих ставок.

**Материал и методика.** Объектом исследования являются лошади русской верховой породы, 535 голов потомства полученного от 14 жеребцов-производителей. Предмет исследования: бонитировочные оценки селекционных признаков у потомства, полученного в первых и последующих ставках. Материалом послужили данные, взятые из племенных карточек потомков, происходящих от исследуемых жеребцов. Молодняк от каждого жеребца разделили на две группы: потомки из первой ставки и потомки из остальных ставок. Молодняк лошадей русской верховой породы прошел бонитировку в возрасте 2-х лет. В обработку вошли 14 жеребцов производителей: Агдм, Атом, Аю-

Даг, Габит, Гамбит, Грохот, Игранный, Имбирь, Интриган, Набег, Романтикер, Румб, Торос, Элькуш.

Сравнивали показатели бонитировочных оценок селекционных признаков у потомства, полученного в первой и последующих ставках. Для этого применяли метод оценки значимости различий средних величин. Вычисляли критерий Стьюдента (td) и по таблице критических значений td определяли уровень достоверности различий между показателями [1].

Корреляционную зависимость между оценками селекционных признаков у потомства из первых и последующих ставок определяли методом расчета коэффициентов корреляции [1].

**Результаты исследований.** В таблице 1 представлена корреляционная связь, которая оказалась не ниже умеренной, между оценками у молодняка из первых ставок и всего потомства полученного от жеребцов в последующих ставках. По нескольким признакам, таким, как средний бонитировочный балл (0,8), работоспособность (0,9), экстерьер (0,8), тип породы (0,7) показатели обладают сильной корреляционной связью. Коэффициент 0,6 у следующих показателей – промеры, масть и отметины. Корреляционная связь у этих показателей средней силы. У показателя индексы самый низкий коэффициент корреляции среди селекционных признаков – (0,4). Корреляционная связь умеренная.

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции (r) между оценками потомков из первых ставок и потомства в последующих ставках

Показатели	Тип породы	Промеры	Индексы	Экстерьер	Масть и отметины	Средн.бонит. балл
r	0,66	0,63	0,35	0,80	0,62	0,81

В таблицах 2 и 3 представлены оценки по селекционным признакам молодняка, полученного от исследуемых жеребцов в разных ставках.

Таблица 2 – Оценки селекционных признаков (в баллах) у потомства от жеребцов- производителей русской верховой породы в первой ставке ( $X \pm m$ )

Жеребцы	N, гол.	Тип породы	Промеры	Индексы	Экстерьер	Масть и отметины	Средн. бонит.балл
Агдам	8	6,81 ± 0,25	8,27 ± 0,46	8,78 ± 0,24	6,5 ± 0,42	8,12 ± 0,67	7,71 ± 0,17
Атом	4	7,13 ± 0,32	8,0 ± 0,51	7,83 ± 0,58	7,25 ± 0,44	8,25 ± 1,06	7,83 ± 0,3
Аю-Даг	6	7,0 ± 0,22	7,33 ± 0,78	8,33 ± 0,48	7,17 ± 0,39	8,83 ± 0,9	7,87 ± 0,21
Габит	6	6,75 ± 0,37	8,0 ± 0,53	8,78 ± 0,44	7,5 ± 0,51	7,67 ± 0,77	7,68 ± 0,22
Гамбит	9	7,22 ± 0,22	7,64 ± 0,53	8,93 ± 0,45	7,56 ± 0,35	7,89 ± 0,54	7,71 ± 0,19
Грохот	11	6,82 ± 0,28	8,20 ± 0,32	8,49 ± 0,43	7,27 ± 0,35	8,09 ± 0,77	7,47 ± 0,19
Игранный	4	7,0 ± 0,25	6,38 ± 0,94	8,58 ± 0,51	6,5 ± 0,57	9,75 ± 1,5	7,45 ± 0,24
Имбирь	12	6,83 ± 0,25	7,44 ± 0,31	8,09 ± 0,32	7,33 ± 0,27	6,92 ± 0,59	7,4 ± 0,17
Интриган	10	7,3 ± 0,23	8,09 ± 0,55	8,69 ± 0,39	7,5 ± 0,3	8,8 ± 0,49	7,99 ± 0,18
Набег	4	6,75 ± 0,43	8,81 ± 0,76	8,56 ± 0,59	7,75 ± 0,58	7,0 ± 1,45	7,6 ± 0,32
Романтикер	11	7,2 ± 0,21	7,57 ± 0,47	8,4 ± 0,32	7,59 ± 0,29	7,91 ± 0,55	7,83 ± 0,21
Румб	12	7,58 ± 0,19	6,38 ± 0,52	8,31 ± 1,27	7,54 ± 0,27	8,83 ± 0,5	7,73 ± 0,18
Торос	7	6,78 ± 0,28	7,92 ± 0,64	8,38 ± 0,37	6,71 ± 0,41	7,14 ± 0,95	7,34 ± 0,25
Элькуш	12	6,91 ± 0,18	7,98 ± 0,43	8,94 ± 0,26	7,5 ± 0,2	8,41 ± 0,7	8,01 ± 0,19

Таблица 3 – Оценки (в баллах) у потомства в последующих ставках, кроме первой ( $\bar{X} \pm m$ )

Жеребцы	N, гол.	Тип породы	Промеры	Индексы	Экстерьер	Мась и отметины	Средн.бонит. балл
Агдам	27	6,81± 0,13	8,02 ± 0,25	8,94 ± 1,13	7,07 ± 0,23	7,55 ± 0,36	7,75 ± 0,09
Атом	29	7,06± 0,12)	7,84± 0,19	8,41± 0,22	7,33± 0,16	8,0 ± 0,39	7,85± 0,11
Аю-Даг	36	7,11± 0,09	6,52± 0,32	8,41± 0,2	7,49± 0,16	8,42 ± 0,37	7,77± 0,08
Габит	38	6,97± 0,15)	8,01± 0,21	8,68± 0,17	7,62± 0,2	7,34± 0,3	7,72± 0,09
Гамбит	50	7,04± 0,09	7,41± 0,23	8,71± 0,19	7,59± 0,15	8,1± 0,23	7,76± 0,08
Грохот	32	6,69± 0,17	7,98± 0,19	8,04± 0,25	7,18± 0,21	8,25± 0,45	7,47± 0,11
Игранный	11	6,59± 0,15	7,32± 0,57	8,451±0,31	6,66± 0,34	7,73± 0,91	7,20± 0,15
Имбирь	52	6,93± 0,12	7,51± 0,15	8,22± 0,15	7,44± 0,13	7,29± 0,28	7,47± 0,08
Интриган	74	7,45± 0,09	7,53± 0,2	8,17± 0,14	7,62± 0,11	8,39± 0,18	7,92± 0,07
Набег	40	7,03± 0,14	7,57± 0,24	8,03± 0,19	7,31± 0,18	7,35± 0,46	7,43± 0,1
Романтикер	39	7,14± 0,11	7,94± 0,25	8,62± 0,17	7,37± 0,15	7,72± 0,29	7,83± 0,11
Румб	46	7,26± 0,1	6,61± 0,26	8,85± 0,65	7,4± 0,14	8,43± 0,26	7,78± 0,09
Торос	37	6,68± 0,12	7,46± 0,28	8,47± 0,16	7,07± 0,18	7,70± 0,42	7,51± 0,11
Элькуш	26	6,98± 0,12	7,96± 0,29	8,76± 0,17	7,51± 0,13	8,15± 0,47	7,95± 0,12

Из таблиц 2 и 3 видно, что средние оценки селекционных признаков у молодняка, полученного в первых ставках и остального потомства не имели достоверных отличий по всем жеребцам-производителям ( $t_d$  ниже критических значений). Это позволяет предположить, что можно проводить предварительную оценку жеребцов-производителей по качеству потомства даже, если в первой ставке было меньше 10 голов приплода.

Анализируя данные по селекционным признакам потомства, мы получили, что у следующих производителей показатели в первой ставке лучше по 4 следующим признакам: у жеребца Грохота - тип породы, промеры, индексы, экстерьер. У Игранного – тип породы, индексы, мась и отметины, средний балл. У Романтикера - тип породы, экстерьер, мась и отметины, средний балл. У Набега – промеры, индексы, экстерьер, средний балл. У Интригана – промеры, индексы, мась и отметины, средний балл.

У следующих производителей показатели в первой ставке лучше по 3 следующим признакам: у жеребца Атома - тип породы, промеры, мась и отметины. У Гамбита – тип породы, промеры, индексы. У Агдама – промеры, мась и отметины, средний балл. У Аю-Дага – промеры, мась и отметины, средний балл. У Элькуша – индексы, мась и отметины, средний балл.

У следующих производителей показатели лучше в первой ставке по 2 следующим признакам: у жеребца Румба – тип породы, мась и отметины; у жеребца Тороса – тип породы, промеры; у жеребца Габита – индексы, мась и отметины.

Единственный производитель, у которого потомство в первой ставке не лучше чем в последующих, ни по одному из селекционных признаков – это жеребец Имбирь.

Далее изложены признаки, по которым первая ставка лучше у следующих жеребцов (в порядке убывания количества жеребцов, у которых по этим признакам первая ставка лучше): мась и отметины - Агдам, Атом, Аю-Даг, Габит, Игранный, Интриган, Романтикер, Румб, Элькуш; промеры - Агдам, Атом, Аю-Даг, Гамбит, Грохот, Интриган, Набег, Торос; тип породы - Атом, Гамбит, Грохот, Игранный, Романтикер, Румб, Торос; индексы - Габит, Гамбит, Грохот, Игранный, Интриган, Набег, Элькуш; средний балл - Агдам, Аю-даг, , Интриган, Игранный, Набег, Романтикер, Элькуш; экстерьер - Грохот, Набег, Романтикер. Видно, что в большинстве признаков количество производителей, потомки которых в первой ставке лучше, чем в остальных, варьирует незначительно - от 7 до 9. Оценки за мась и отметины лучше в первой ставке у 9 жеребцов. Оценки за промеры лучше у 8 жеребцов. У признаков тип породы и индексы оценки лучше у 8 жеребцов. И только за экстерьер лучшее потомство в первой ставке всего у 3 лошадей из 14.

**Заключение.** Средние оценки селекционных признаков у молодняка, полученного в первых ставках и остального потомства не имели достоверных отличий по всем исследуемым жеребцам-производителям.

Установлена достоверная корреляционная связь, не ниже умеренной, между оценками селекционных признаков у молодняка из первых ставок и всего потомства полученного от жеребцов-производителей по большинству признаков.

**Предложения производству.** По итогам проведенных исследований рекомендуем проводить предварительную оценку жеребцов-производителей в русской верховой породе по первой ставке даже в том случае, если ее численность менее 10 голов.

## Литература

1. Васильева, Л.А. Статистические методы в биологии, медицине и сельском хозяйстве: Учебное пособие. – Новосибирск: Институт цитологии и генетики СО РАН, 2007.-124 с.
2. Инструкция по бонитировке лошадей русской верховой породы. [Электронный ресурс] URL:<http://www.rw-base.ru/aboutbreed.php?art=17>(дата обращения 31.03.2016).
3. Камбегов Б.Д., Демин В.А., Харламова Г.В., Политова М.А. Бонитировка в двухлетнем возрасте и спортивная карьера русских верховых лошадей//Аграрная наука, 2009; №11. - С. 22-26.
4. Парфенов В.А. Прозрение Проблемы развития коневодства в России. // Коневодство и кон.спорт, 2006; N 6. С. 6-7
5. Рябова Е.В. Политова М.А. Анализ результатов племенной работы и перспективы дальнейшего развития русской верховой породы // Научные труды Ижевской ГСХА, Ижевск, 2005 г. С. 59-62.
6. Цыганок И.Б. Конференция по проблемам отечественного спортивного коннозаводства/Коневодство и конный спорт.- 2006, №1.- С.23

## References

1. Vasil'eva, L.A. Statisticheskie metody v biologii, medicine i sel'skom hozyajstve: Uchebnoe posobie. – Novosibirsk: Institut citologii i genetiki SO RAN, 2007.-124 s.
2. Instrukciya po bonitirovke loshadej russkoj verhovoj porody. [Elektronnyj resurs] URL:<http://www.rw-base.ru/aboutbreed.php?art=17>(data obrashcheniya 31.03.2016).
3. Kambegov B.D., Demin V.A., Harlamova G.V., Politova M.A. Bonitirovka v dvuhletnem vozraste i sportivnaya kar'era russkih verhovyh loshadej//Agramaya nauka, 2009; №11. - S. 22-26.
4. Parfenov V.A. Prozrenie Problemy razvitiya konevodstva v Rossii. // Konevodstvo i kon.sport, 2006; N 6. S. 6-7
5. Ryabova E.V. Politova M.A. Analiz rezul'tatov plemennoj raboty i perspektivy dal'nejshego razvitiya russkoj verhovoj porody // Nauchnye trudy Izhevskoj GSKHA, Izhevsk, 2005 g. S. 59-62.
6. Tsyganok I.B. Konferenciya po problemam otechestvennogo sportivnogo konnozavodstva/Konevodstvo i konnyj sport.- 2006, №1.- S.23

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.077

Плотников А.М.<sup>1</sup>, Созинов А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-9145-976X, Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; <sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-5286-1561, Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Курганская государственная сельскохозяйственная академия

### ВЛИЯНИЕ САПРОПЕЛЕЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И КИСЛОТНОСТЬ ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА

## Аннотация

*В статье рассмотрено прямое действие и последствие сапропелей, извести, минеральных удобрений на урожайность зерновых культур и кислотность выщелоченного чернозема. Рост урожайности зерновых культур при внесении сапропеля в опыте 1 составил до 20 %. В опыте 2 ежегодное применение минеральных удобрений увеличило урожайность пшеницы на 14,7%, однократное внесение сапропеля способствовало повышению урожайности на 5,8-7,7 %. Совместное использование химического мелиоранта, сапропеля и азотно-фосфорного удобрения привело к росту урожайности на 16,7-22,4 %.*

*Минеральные удобрения повышали кислотность чернозёма. При внесении извести и сапропеля отмечено снижение всех форм кислотности.*

**Ключевые слова:** сапропель, известь, удобрения, урожайность, почвенная кислотность.

Plotnikov A.M.<sup>1</sup>, Sozinov A.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-9145-976X, PhD in Agriculture, associate professor; <sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-5286-1561, PhD in Agriculture, associate professor, Kurgan State Agricultural Academy

### EFFECT OF SAPROPELS ON YIELD OF GRAIN CROPS AND ACIDITY OF THE LEACHED CHERNOZEM

## Abstract

*The article considers effect and an after-effect of sapropels, limes, mineral fertilizers on productivity of grain crops and acidity of the leached chernozem. Growth of productivity of grain crops at introduction of sapropel in experiment 1 has made up to 20%. In experiment 2 annual use of mineral fertilizers has increased productivity of wheat by 14,7%, single introduction of sapropel promoted increase of productivity for 5,8-7,7%. Sharing of a chemical ameliorant, sapropel and nitrogen-phosphorus fertilizer has led to growth of productivity by 16,7-22,4%.*

*Mineral fertilizers increased acidity of the chernozem. At introduction of lime and sapropel decrease in all forms of acidity is noted.*

**Keywords:** sapropel, lime, fertilizers, yield, soil acidity.

Сохранение и повышение плодородия пахотных почв является основной проблемой современного земледелия. Низкие объёмы применения органических и минеральных удобрений, а также химических мелиорантов, в последние годы привели к значительному снижению эффективного плодородия чернозёмов.

Внесение кальцийсодержащих удобрений следует рассматривать как перманентное применение кальция в земледелии, систему поддержания определённого положительного его баланса в пахотном горизонте на почвах, имеющих оптимальный уровень кислотности, при котором обеспечивается благоприятное соотношение между элементами питания растений в ППК.

Действие большинства удобрений не исчерпывается одним годом. Известь, сапропель оказывают положительное влияние на почву и растения в течение ряда лет. Более того, правильное использование удобрений обеспечивает ещё и неуклонное увеличение плодородия почвы.

Сапропели содержат комплекс органических и минеральных веществ, соединения азота, серы, меди, бора, молибдена и других элементов. В составе органической части имеются биологически активные вещества, гуминовые кислоты, витамины. Важнейшая их характеристика - это общий уровень зольности, содержание кремния, железа, серы, карбонатов, кальция и уровень кислотности. В зависимости от этого, сапропели могут применяться в смеси с навозом, различными отходами, минеральными удобрениями. По своему составу сапропели разных озёр могут сильно различаться, наиболее ценными считаются низкозольные сапропели, с содержанием золы менее 30 %.

Многие исследователи отмечают, что применение сапропеля способствует росту урожайности сельскохозяйственных культур, положительно влияет на агрохимические и водно-физические свойства почв, снижает кислотность [1]. Полевыми опытами подтверждена целесообразность использования сапропеля в Сибири [3], Челябинской [2], Тюменской [6], Курганской областях [7], в условиях Северного Казахстана [4].

В России известные запасы сапропеля составляют 45 млрд. м<sup>3</sup>. В Курганской области территориальным балансом учтено 118 озёрных месторождений сапропеля. Общая площадь сапропелевых отложений составляет 15588,9 га с геологическими запасами 132593 тыс. тонн. В настоящее время ни одно из месторождений не разрабатывается [8].

В 2011-2012, 2014-2015 годах на опытном поле Курганской ГСХА на черноземе выщелоченном слабогумусированном маломощном легкосуглинистом проводились исследования в стационарных полевых опытах по изучению влияния озерного сапропеля в сочетании с известью, фосфорными и азотно-фосфорными удобрениями на урожай зерновых культур и свойства почвы в звене зернопарового севооборота. В опыте использовались сапропели, предоставленные ИП Каргапольцевым О.А., Курганская обл. (№1) и ООО «ЭкоНедра», Свердловская обл. (№ 2).

Опыт 1. В 2011-2012 гг. на фоне припосевного внесения суперфосфата простого (Р<sub>20</sub>) и без фона применяли сапропель (№ 1) в дозах - 10, 20, 30 т/га, в пересчете на 50%-ную влажность. Делянки учетной площадью 10 м<sup>2</sup> (2х5 м).

Опыт 2. В 2014-2015 гг. сапропель и известь вносили на ротацию севооборота под предпосевную культивацию с заделкой на глубину 10-12 см. Общая площадь делянки в опыте 15 м<sup>2</sup>, учетная 12 м<sup>2</sup> (2х6 м).

Размещение вариантов методом рандомизированных повторений, повторность четырехкратная.

Объекты исследований - яровая пшеница сорт Жигулевская, яровой ячмень сорт Прерия. Норма высева - 5,0 млн. всхожих зерен на гектар.

Схема опыта 2014-2015 гг. представляет собой матрицу трехфакторного полного факториального эксперимента. Фактор А - известь (без извести и в дозе 2,0 т/га для нейтрализации 1/2 гидролитической кислотности Нг). Фактор В - ежегодное внесение минеральных удобрений (0 и N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>). Фактор С - сапропель (0 и 20 т/га). Минеральные удобрения - азотно-фосфорного смешанного удобрения (аммиачная селитра (34,6 % д.в.), суперфосфат простой (26 % д.в.)).

В 2011 г. посев яровой пшеницы проводили 19 мая, уборку урожая - в фазу полной спелости 5 сентября. В 2012 г. посев ярового ячменя проводили 22 мая, уборку урожая - в фазу полной спелости 25 августа. В 2014 г. посев проводили 1 июня, уборку - в фазу полной спелости. В 2015 году посев проведен 2 июня, уборка - 10 сентября.

Посев вели посевным комплексом АПП - 7,2. Урожайность учитывали сноповым методом с 1 м<sup>2</sup>, приводили к стандартной влажности и пересчитывали в т/га. Смешанные образцы почв отбирали из пахотного слоя после уборки урожая. Обработка почвы и система ухода за посевами зерновых культур соответствовали рекомендованным для зоны [9].

Наличие в схеме опыта контроля без удобрений даёт возможность исследовать агрохимические свойства почвы, а с течением времени - темпы истощения плодородия. Используемые в опыте сапропели характеризовались следующими показателями: № 1, - рН - 7,76; зольность - 29,8%; N - 7,05%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 0,53%; K<sub>2</sub>O - 0,23%; CaO - 47,8%, и № 2 Свердловская область - рН - 4,40; зольность - 55,6%; N - 4,11%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 0,41%; K<sub>2</sub>O - 0,40%; CaO - 23,2%.

Статистическую обработку результатов учета урожая проводили методом дисперсионного анализа двух- и трехфакторного опыта по Б.А. Доспехову [5].

Погодные условия вегетационного периода 2011 года характеризовались как благоприятные для возделывания сельскохозяйственных культур. Сумма осадков за июнь, июль, август составила 258 мм или 161 % к среднегодовой норме (160 мм). Сумма положительных температур за вегетационный период составила 2071°C, что близко к среднегодовому значению (2172°C). Гидротермический коэффициент вегетационного периода 2011 года составил 1,25, что подтверждает наличие обильного увлажнения.

Погодные условия вегетационного периода 2012 года характеризовались как неблагоприятные - лето было жарким и засушливым. Сумма осадков за 3 летних месяца составила 66 мм или 41% к среднегодовой норме (160 мм). Сумма положительных температур за вегетационный период составила 2373°C, что на 200°C выше среднегодового значения. Гидротермический коэффициент вегетационного периода 2012 года составил 0,28, что подтверждает засушливые условия прошедшего года.

Погодные условия в период вегетации 2014 г. сложились неблагоприятно для яровой пшеницы: в начальный период развития - высокие температуры, отсутствие осадков и суховеи отмечались до конца июня, затем в течение трех недель июля преобладала низкая температура воздуха и обильные осадки различной интенсивности. Август был близок к среднегодовым показателям. Погодные условия 2015 года: в начале вегетационного периода - повышенное количество осадков и высокие температуры отмечались в течение первого месяца развития пшеницы. Погодные условия августа по температуре были сопоставимы с июльскими, по осадкам получился наоборот - основная их часть выпала к 3 декаде месяца и составила 58% от общего количества осадков за месяц.

Обильные осадки вегетационного периода 2011 года позволили яровой пшенице сформировать полноценный урожай даже без применения органических и минеральных удобрений. Используя запасы элементов питания почвы, яровая пшеница сформировала 2,32 тонны зерна в пересчете на гектар. Тем не менее действие сапропеля на урожайность зерна яровой пшеницы, в благоприятных погодных условиях, было положительным (таблица 1). Внесение возрастающих доз

сапропеля обеспечило возрастающие же прибавки урожая зерна - 0,16, 0,22, 0,34 т/га, которые были математически достоверны ( $НСР_{0,95} = 0,12$  т/га).

Таблица 1 – Урожайность зерновых культур при внесении сапропеля, т з.ед./га (опытное поле Курганской ГСХА, 2011-2012 гг.)

Вариант	Яровая пшеница (2011 г.)	Яровой ячмень (2012 г.)	Среднее	Откл. от контр.
1 Без удобрений – контроль	2,32	0,58	1,45	-
2 Сапропель № 1 (10 т/га)	2,48	0,59	1,54	0,09
3 Сапропель № 1 (20 т/га)	2,54	0,62	1,58	0,13
4 Сапропель № 1 (30 т/га)	2,66	0,64	1,65	0,20
5 $P_{20}$	2,54	0,59	1,56	0,11
6 Сапропель № 1 (10 т/га) + $P_{20}$	2,62	0,60	1,61	0,16
7 Сапропель № 1 (20 т/га) + $P_{20}$	2,72	0,62	1,67	0,22
8 Сапропель № 1 (30 т/га) + $P_{20}$	2,84	0,65	1,74	0,29
$НСР_{0,95}$ для частных различий	0,17	0,05		
$НСР_{0,95}$ для фосфорного удобрения (фактор А)	0,09	0,02		
$НСР_{0,95}$ для доз сапропеля (фактор В)	0,12	0,04		

Простой суперфосфат в дозе 20 кг д.в. на гектар способствовал росту урожайности на 0,22 т/га. Сапропель, внесенный на фоне фосфорного удобрения, дополнительно увеличил урожай зерна яровой пшеницы. Прибавки составили – от 10 т/га сапропеля 0,30, от 20 т/га - 0,40, от 30 т/га – 0,52 т/га или 12,9, 17,2, 22,4% соответственно.

На фосфорном фоне прибавки от применения сапропеля, в сравнении с вариантом  $P_{20}$ , также были существенны, кроме варианта с 10 тоннами сапропеля на гектар. Они составили 0,08, 0,18 и 0,30 т/га от возрастающих доз сапропеля. Если сравнить одинаковые дозы сапропеля на фоне фосфорного удобрения и без него, можно отметить, что разница между этими вариантами также является математически достоверной, так как превышает  $НСР_{0,95}$  (0,12 т/га).

Последствие сапропеля, внесенного в 2011 году, на урожайность зерна ячменя, в жестких погодных условиях вегетационного периода 2012 года, также можно оценить как положительное. Без применения удобрений ячмень сформировал 0,58 тонны зерна в пересчете на гектар. Внесение возрастающих доз сапропеля обеспечило прибавки урожая 0,01, 0,04, 0,06 т/га, которые, кроме первой, были математически достоверны ( $НСР_{0,95} = 0,04$  т/га).

Последствие сапропеля, внесенный на фоне фосфорного удобрения, также способствовало росту урожая зерна ячменя. Прибавки составили – от 10 т/га сапропеля 0,02, от 20 т/га – 0,04, от 30 т/га – 0,07 т/га или 3,4, 6,9, 12,1 % соответственно.

На фосфорном фоне, в сравнении с вариантом с одним фосфорным удобрением, существенной была только прибавка от 30 тонн сапропеля на гектар (0,06 т/га). Если сравнить одинаковые дозы сапропеля на фоне  $P_{20}$  и без него, можно отметить, что математически доказуемого действия фосфорного удобрения не было.

Результаты исследований опыта 2 показали, что в условиях 2014 года урожайность пшеницы на варианте без удобрений составила 1,68 т/га. При внесении азотно-фосфорных удобрений урожайность в опыте была максимальной и составила 2,03 т/га (таблица 2). По нашим данным, известкование почвы не оказало существенного влияния на урожайность пшеницы в первый год действия ( $F\phi < F\tau$ ). Использование сапропеля способствовало увеличению урожайности пшеницы по сравнению с контролем на 0,14 – 0,19 т/га ( $НСР_{0,95} = 0,08$ ).

Таблица 2 – Урожайность яровой пшеницы под влиянием сапропеля, т/га (Опытное поле Курганской ГСХА, 2014-2015 гг.)

Вариант	2014 г.	2015 г.	среднее	откл. от контроля
1. Без удобрений (контроль)	1,68	1,44	1,56	-
2. Сапропель № 1 (20 т/га)	1,87	1,49	1,68	0,12
3. Сапропель № 2 (20 т/га)	1,82	1,48	1,65	0,09
4. $N_{30}P_{30}$	2,03	1,54	1,79	0,23
5. Сапропель № 1 (20 т/га) + $N_{30}P_{30}$	1,91	1,70	1,81	0,25
6. Сапропель № 2 (20 т/га) + $N_{30}P_{30}$	1,93	1,63	1,78	0,22
7. Известь (на 1/2 Нг) – фон	1,76	1,49	1,63	0,07
8. Фон + сапропель № 1 (20 т/га)	1,98	1,56	1,77	0,21
9. Фон + сапропель № 2 (20 т/га)	1,86	1,52	1,69	0,13
10. Фон + $N_{30}P_{30}$	1,91	1,68	1,80	0,24
11. Фон + сапропель № 1 (20 т/га) + $N_{30}P_{30}$	2,01	1,80	1,91	0,35
12. Фон + сапропель № 2 (20 т/га) + $N_{30}P_{30}$	1,91	1,72	1,82	0,26
$НСР_{0,95}$ для частных различий	0,16	0,14		
$НСР_{0,95}$ для фактора А (известь)	$F\phi < F\tau$	0,06		
$НСР_{0,95}$ для фактора В (минер. уд)	0,06	0,06		
$НСР_{0,95}$ для фактора С (сапропель)	0,08	0,07		
$НСР_{0,95}$ для взаимодействия АВ	$F\phi < F\tau$	$F\phi < F\tau$		
$НСР_{0,95}$ для взаимодействия АС	$F\phi < F\tau$	$F\phi < F\tau$		
$НСР_{0,95}$ для взаимодействия ВС	0,11	$F\phi < F\tau$		

В 2015 году урожайность пшеницы на варианте без удобрений составила 1,44 т/га, при внесении минеральных удобрений урожайность увеличилась до 1,54 т/га, прибавка оказалась также существенной ( $HC_{P_{0,95}} = 0,06$  т/га). Наибольшая урожайность в опыте была на 11 варианте при совместном использовании извести, сапропеля и  $N_{30}P_{30} = 1,80$  т/га.

В среднем за два года в звене зернопарового севооборота средняя урожайность составила на контроле 1,56 т/га. Действие и последствие сапропеля повысило урожайность пшеницы до 1,65-1,68 т/га. Наибольшую продуктивность культуры показал вариант на фоне извести с сапропелем № 1 и минеральных удобрений – 1,91 т/га.

Таким образом, исследования в опыте 1 показали существенное прямое действие и последствие сапропеля в дозах 20-30 т/га на урожайность зерновых культур, среднее увеличение которой составило 0,13-0,20 т/га без припосевного внесения суперфосфата и 0,22-0,29 т/га при улучшении фосфорного питания растений.

В исследованиях опыта 2 ежегодное применение минеральных удобрений увеличило урожайность пшеницы на 14,7%, внесение сапропеля способствовало повышению урожайности на 5,8-7,7 %. Совместное использование химического мелиоранта, сапропеля и азотно-фосфорного удобрения привело к росту урожайности на 16,7-22,4 %.

При сельскохозяйственном производстве возрастает доля обменного водорода, повышается кислотность почвы. В наших исследованиях известкование чернозёма оказало влияние на гидролитическую кислотность (Нг) почвы. В 2014 году Нг на варианте без удобрений была 3,70 мг-экв./100 г почвы. При внесении органических удобрений с известью кислотность снизилась на 0,64 мг-экв./100 г почвы. Внесение минеральных удобрений способствовало повышению гидролитической кислотности чернозёма на 0,45 мг-экв./100 граммов почвы.

В 2015 году наименьший показатель гидролитической кислотности отмечен на 8 варианте опыта – 3,07 мг-экв./100 г (таблица 3).

Актуальная кислотность ( $pH_{водн}$ ) в первый год исследований на контроле составила 6,38, под влиянием органических удобрений происходило снижение этого показателя до 6,30 – 6,34 единицы. Величина  $pH_{водн}$  при использовании азотно-фосфорных удобрений снизилась до 6,22. Наиболее сильно на реакцию среды действовала известь, так в первый год её действия величина  $pH_{водн}$  составила 6,69, (на фоне сапропеля – до 6,70). Во второй год действие химического мелиоранта усилилось – наибольшее значение показателя отмечено на 11 варианте – 6,98 ед.

Таблица 3 – Изменение кислотности почвы при использовании сапропеля, извести и минеральных удобрений (Опытное поле Курганской ГСХА, 2014-2015 гг.).

Вариант	Нг, мг-экв./100 граммов почвы		pH <sub>водн</sub> .		pH <sub>сол</sub> .	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015
1. Без удобрений (контроль)	3,70	3,86	6,38	6,40	5,28	5,18
2. Сапропель № 1 (20 т/га)	3,88	3,80	6,34	6,38	5,20	5,23
3. Сапропель № 2 (20 т/га)	4,06	4,33	6,30	6,36	5,18	5,12
4. $N_{30}P_{30}$	4,15	4,26	6,22	6,28	5,14	5,02
5. Сапропель № 1 (20 т/га) + $N_{30}P_{30}$	3,87	4,09	6,27	6,25	5,16	5,13
6. Сапропель № 2 (20 т/га) + $N_{30}P_{30}$	4,24	4,28	6,11	6,07	5,12	5,00
7. Известь (на 1/2 Нг) – фон	2,97	3,25	6,69	6,71	5,65	5,57
8. Фон + сапропель № 1 (20 т/га)	3,06	3,07	6,70	6,89	5,50	5,79
9. Фон + сапропель № 2 (20 т/га)	4,00	3,54	6,58	6,64	5,12	5,62
10. Фон + $N_{30}P_{30}$	2,52	3,32	6,63	6,75	5,58	5,48
11. Фон + сапропель № 1 (20 т/га) + $N_{30}P_{30}$	2,52	3,16	6,73	6,98	5,73	5,86
12. Фон + сапропель № 2 (20 т/га) + $N_{30}P_{30}$	4,17	3,48	6,32	6,90	5,16	5,71

Обменная кислотность ( $pH_{сол}$ ) на контроле в 2014 году составила 5,28 единиц, с внесением минеральных удобрений – 5,14. В первый год исследований известкование почвы способствовало снижению кислотности до величины 5,65, совместно с сапропелем № 1 – до 5,50 единицы. Внесение извести с минеральными удобрениями увеличивало значение  $pH_{сол}$  на 0,44 единицы по сравнению с вариантом 4. Максимальная эффективность применяемых приёмов для снижения кислотности во второй год исследований отмечена на варианте с совместным применением извести, сапропеля и минеральных удобрений  $pH_{сол} = 5,86$ .

Таким образом, исследования показали, что минеральные удобрения и сапропель № 2, повышали кислотность чернозёма. На вариантах опыта с внесением извести и сапропеля № 1 отмечено снижение всех форм кислотности.

#### Литература

- Васильев А.А. Влияние сапропелей на урожайность картофеля и плодородие выщелоченных черноземов // Пермский аграрный вестник, 2014, № 1 (5). – С. 3-9.
- Вражнов А.В. Органические удобрения и практика их применения в Челябинской области / А.В. Вражнов, Ю.Д. Кушниренко, В.Н. Брагин, Х.С. Юмашев // Аграрный вестник Урала, 2008, № 9 (51). – С. 50-54.
- Гамзиков Г.П. Возможности использования нетрадиционных удобрений в сибирском земледелии / Г.П. Гамзиков, О.И. Гамзикова, П.С. Широких // Достижения науки и техники АПК, 2012, № 3. – С. 9-12.



4. Дмитриев П.С. Перспективы использования в условиях Северного Казахстана удобрений на основе местного сырья / П.С. Дмитриев, И.А. Фомин, Е.Р. Айтжанов и др. // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, 2014, № 4-1. – С. 123-128.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
6. Изучение и хозяйственное использование торфяных и сапропелевых ресурсов. Сб. материалов Международного симпозиума, состоявшегося в Тюмени, 18-20 июля 2006 г. // Абрамов Н.В. (ред.). Тюмень: Издательство Тюменской гос. с.-х. акад., 2006. – 324 с.
7. Плотноков А.М. Урожайность и качество зерна пшеницы при использовании сапропеля в центральной части Курганской области / А.М. Плотноков, А.В. Созинов, С.В. Дегтярёв // Вестник Курганской ГСХА, 2014. № 4 (12). – С. 27-29.
8. Природные ресурсы и охрана окружающей среды Курганской области в 2013 году. Доклад – Курган, 2014. – 220 с.
9. Система адаптивно-ландшафтного земледелия Курганской области, монография. Куртамыш, ГУП «Куртамышская типография», 2012. – 494 с.

#### References

1. Vasiliev A.A. Vliyaniye sapropel'ej na urozhajnost' kartofelya i plodorodie vyschelochennyh chernozyomov (Effect of sapropels on potato yield and fertility of leached chernozem) // Permskij agrarnyj vestnik, 2014, No. 1 (5). – P. 3-9.
2. Vrazhnov A.V. Organicheskie udobreniya i praktika ih primeneniya v Chelyabinskoy oblasti / A.V. Vrazhnov, Yu.D. Kushnirenko, V.N. Bragin, H.S. Yumashev // Agrarnyj vestnik Urala, 2008, No. 9 (51). – P. 50-54.
3. Gamzikov G.P. Vozmozhnosti ispol'zovaniya netradicionnyh udobreniy v sibirskom zemledelii (Possibilities of use of nonconventional fertilizers in the Siberian agriculture) / G.P. Gamzikov, O.I. Gamzikova, P.S. Shirokikh // Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2012, No 3. – P. 9-12.
4. Dmitriev P.S. Perspektivy ispol'zovaniya v usloviyah Severnogo Kazahstana udobrenij na osnove mestnogo syr'ya / P.S. Dmitriev, I.A. Fomin, E.R. Ajtzhano'v i dr. // Aktual'nye problem gumanitarnykh i estestvennykh nauk, 2014, No 4-1. – P. 123-128.
5. Dospehov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p.
6. Izuchenie i hozyajstvennoe ispol'zovanie torfyanykh i sapropel'evykh resursov. Sb. materialov Mezhdunarodnogo simpoz., sostoyavshegosya v Tyumeni, 18-20 july 2006 y. // Abramov N.V. (red.). Tyumen: Izdatel'stvo Tyumenskoj gos. s.-h. akad., 2006. – 324 p.
7. Plotnikov A.M. Urozhajnost' i kachestvo zerna pshenicy pri ispol'zovanii sapropelya v central'noj chasti Kurganskoj oblasti (Productivity and quality of wheat grain when using sapropel in the central part of Kurgan region) / A.M. Plotnikov, A.V. Sozinov, S.V. Degtyar'ov // Vestnik Kurganskoj GSHA, 2014. No. 4 (12). – P. 27-29.
8. Prirodnye resursy i ohrana okruzhayuschej sredy Kurganskoj oblasti v 2013 godu. Doklad. – Kurgan, 2014. – 220 p.
9. Sistema adaptivno-landshaftnogo zemledeliya Kurganskoj oblasti, monografiya. Kurtamysh, GUP «Kurtamyshskaya tipografiya», 2012. – 494 p.



# 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: 10.18454/IRJ.2016.46.302

Рыбалкин Б.А.<sup>1</sup>, Овчинникова О.В.<sup>2</sup><sup>1</sup>Кандидат сельскохозяйственных наук, <sup>2</sup>аспирант

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы имени В.В. Докучаева

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКОГО РЕСУРСА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ****Аннотация**

Для адаптации земледелия КХ "Новая жизнь" Аннинского района Воронежской области применительно к местным агроэкологическим факторам, был проведен анализ природных и хозяйственных условий и создан проект адаптивно-ландшафтной системы земледелия (АЛСЗ).

При разработке проекта АЛСЗ для КХ "Новая жизнь" принималось во внимание то, что хозяйство занимается выращиванием зерновых, зернобобовых и масличных культур. При подборе культур учитывалась возможность более полного раскрытия биологического потенциала этих культур в конкретных погодно-климатических условиях. Рассмотрены перспективы развития животноводства, которое ориентировано на такие отрасли, как молочное и мясное скотоводство.

**Ключевые слова:** система земледелия, природно-климатические ресурсы, структура посевных площадей, севооборот, экономическая эффективность.

Rybalkin B.A.<sup>1</sup>, Ovchinnikova E.V.<sup>2</sup>,<sup>1</sup>PhD in Agriculture, <sup>2</sup>postgraduate

Scientific Research Institute of Agriculture named of V.V. Dokuchayev

**USE OF THE NATURAL CLIMATIC RESOURCE AT CREATION OF THE PROJECT OF ADAPTIVE LANDSHAFT SYSTEMS OF AGRICULTURE****Abstract**

For adaptation of agriculture of KH "New Life" of the Anninsky administrative district of the Voronezh region in relation to local agroecological factors, the analysis of natural and economic conditions was carried out and the project of the adaptive and landscape system of agriculture (ALSZ) is created.

When developing the ALSZ project for KH "New Life" that the economy is engaged in cultivation of grain, leguminous crops and sunflower was taken into account. At selection of cultures possibility of fuller disclosure of biological potential of these cultures in concrete weather climatic conditions was considered. Prospects of development of animal husbandry which is focused on production of milk and meat are considered.

**Keywords:** system of agriculture, climatic resources, structure of cultivated areas, crop rotation, economic efficiency.

Данная научно-исследовательская работа была выполнена в ФГБНУ "НИИСХ ЦЧП" в рамках Программы приоритетных научных и прикладных исследований до 2018 года "Разработать адаптивно-ландшафтные системы земледелия для различных агроэкологических районов Воронежской области". В 2015 году в соответствии с планом НИР выполнялся этап "Разработать адаптивно-ландшафтную систему земледелия для северного агроэкологического района Воронежской области", входящий в вышеназванную тему.

КХ "Новая жизнь" Аннинского района расположено в северном агроэкологическом районе Воронежской области, и представляет собой типичное (модельное) хозяйство для этого агроэкологического района.

Как показывает анализ производственной деятельности предприятия, средняя урожайность сельскохозяйственных культур, достигнутая за последний период, превышает среднерайонные показатели, однако, технологическая и экономическая эффективность хозяйствования далека от оптимальной. По ресурсам атмосферного тепла и влаги потенциал продуктивности земледелия вдвое превышает существующий уровень. Традиционные агротехнологии и организация территории не обеспечивают защиту почв от эрозии и дефляций.

Цель проекта заключается в разработке системы взаимоувязанных мероприятий, увеличивающих урожайность сельскохозяйственных культур и экономическую эффективность производства сельскохозяйственной продукции на исследуемых земельных участках на 35-40 %. При этом должна обеспечиваться экологическая устойчивость агроландшафтов.

Данный проект создан с использованием новой методологии формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий, разработанной в РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Для обоснования проектных решений был обобщен обширный материал почвенных, агрометеорологических, экологических и других исследований, прямо или косвенно относящихся к объекту проектирования.

*Климатические условия северного агроэкологического района  
Воронежской области*

Среднегодовая температура воздуха +5,1°C. Самый холодный месяц – январь со средней температурой воздуха – 10,2°C, самый теплый – июль со средней температурой +20,2°C.

Средние даты перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C отмечаются весной 29 марта, и осенью – 12 ноября. Период со среднесуточными температурами 0° и выше составляет – 228 дней.

Начиная с 13 апреля и по 21 октября среднесуточная температура воздуха не опускается ниже +5°C (общий вегетационный период), при этом складываются благоприятные условия для роста и развития всех районированных культур. Общий вегетационный период составляет 191 день. По среднееголетним данным сумма среднесуточных температур за этот период составляет 2775°C.

Для теплолюбивых культур и активного роста всех возделываемых культур большое значение имеет продолжительность периода с температурой воздуха более +10°C (период активной вегетации). Переход среднесуточной температуры воздуха через +10° по среднееголетней норме приходится весной на 25 апреля и

осенью – на 30 сентября. Продолжительность этого периода составляет 157 дня, а сумма активных температур равняется 2550°. Сумма активных температур является показателем теплообеспеченности растений данной территории. Умеренно континентальный климат с холодной зимой и жарким летом позволяет возделывать в хозяйстве практически все культуры традиционно произрастающие в Воронежской области. Годовая норма осадков (Р) составляет 500 мм. За период с температурой +10°C и выше сумма осадков равна 267 мм. Испарение влаги за это же время составляет 505 мм. Гидротермический коэффициент равен 1,05, что позволяет отнести территорию землепользования к зоне недостаточного увлажнения, а, в связи с тем, что из трех лет один год является засушливым, то территорию данного хозяйства можно отнести и к зоне неустойчивого увлажнения. В течение вегетационного периода осадки выпадают также неравномерно. Минимум осадков по многолетним наблюдениям выпадает в феврале и марте (по 30 мм), максимум в июле (64 мм). Весной перед началом вегетации в слое 0-100 см почвы запасы продуктивной влаги в среднем составляют 148 мм. Периоды без осадков, превышающие 10 дней, в мае или июне бывают ежегодно. В засушливые годы периоды без осадков могут равняться 25-39 дням. При весенних засухах относительная влажность воздуха может опускаться до 7-8 %, а в летний период до 9-14 %, что влечет за собой значительное угнетение, а иногда и гибель растений.

В малоснежные зимы, которые довольно часто повторяются, озимые подвергаются вымерзанию. Промерзание почвы в такие годы достигает 1 метра. Средняя продолжительность периода от полного схода снежного покрова до наступления физической спелости почвы (возможности проведения полевых механизированных работ) составляет 15-25 дней в зависимости от суточного нарастания температуры воздуха, типа почвы, элемента рельефа и экспозиции склона.

Анализ природно-ресурсного потенциала хозяйства показал, что по ресурсам атмосферного тепла и влаги потенциал продуктивности выращиваемых культур в 2-2,5 раза выше существующего среднего уровня. Достижение верхнего предела продуктивности объективно ограничено сложными почвенно-ландшафтными условиями. Тем не менее, в хозяйстве имеются значительные резервы повышения эффективности производства за счет адаптивной экологизации системы земледелия и интенсификации агротехнологий.

Суть проблемы сводится к приведению земледелия в соответствие с природными условиями хозяйства, т.е. адаптации его применительно к перечисленным выше агроэкологическим факторам.

#### *Ландшафтное землеустройство и оптимизация использования пашни*

Адаптивно-ландшафтное земледелие предусматривает принцип дифференцированного использования пахотнопригодных земель в производстве сельскохозяйственной продукции. Так на плакорных землях целесообразно выращивание сахарной свеклы, подсолнечника, зерновых колосовых и зернобобовых культур, на слабо- и среднеэрозионных землях – возделывание зерновых колосовых, кукурузы, частично подсолнечника. На сильноэрозионных землях целесообразно возделывание многолетних трав. Такое использование земель было бы наиболее рациональным с агроэкологических позиций.

Дифференцированный подход может быть реализован при проведении специальных исследований и составлении проекта.

При землеустройстве территории хозяйства были определены границы угодий, решались вопросы трансформации пашни, размещения лесных полос, дорог, границ полей севооборотов, организации пастбище- и сенокосооборотов, запланированы мероприятия по мелиорации пашни и защиты земельных угодий от эрозионных процессов. Именно организация территории больше, чем другие мероприятия, предопределили содержание и структуру проекта.

Предварительный подбор сельскохозяйственных культур осуществлялся как с учетом наиболее эффективного использования биоклиматического потенциала, так и с учетом рыночной конъюнктуры и опыта возделывания тех или иных культур в хозяйстве. Чередование культур запланировано таким образом, чтобы каждая культура в севообороте высевалась по лучшему предшественнику.

Эффективная реализация агротехнологий в значительной мере обусловлена структурой почвенного покрова и его свойствами. Применение интенсивных агротехнологий в условиях контрастных структур почвенного покрова нерационально по причине получения нестабильных урожаев и невысокого качества продукции. В результате резко снижается рентабельность производства. Проблема усугубляется еще и сложностью ландшафтов, представленных различными категориями земель с повышенной эрозионной опасностью.

Дифференциация земель на разные категории сельскохозяйственного использования и размещение полей на пашне проводились на основе детального изучения почвенного покрова, рельефа и климата, с учетом экологических потребностей культурных растений в факторах произрастания.

Поскольку почвы хозяйства можно сгруппировать в один довольно большой структурно-однородный массив, то в данном случае допускается в границах данного хозяйства организовать один крупный (13-польный) севооборот (рисунок 1). Средне- и сильно эродированные земли были выведены за границы севооборота под постоянное залужение.

Под постоянное залужение, в первую очередь, были отведены малопродуктивные участки пашни, обусловленные контрастными компонентами в структуре почвенного покрова нерегулируемой природы (рельеф, почвообразующие породы и т.п.), а также участки, где встречаются небольшие пятна солонцеватых почв, солонцы и сезонно-переувлажненные почвы.

Почвы с регулирующими лимитирующими факторами (солонцеватые почвы, солонцы и др.) возможно будет включить в севооборот с применением интенсивных технологий только после проведения мелиоративных работ. В этом случае будет достигнута максимальная отдача от природных почвенно-климатических ресурсов.

Обследование почв хозяйства показало, что они не отличается большим разнообразием по гранулометрическому составу, поэтому необходимости дифференцированного размещения культур с учетом этого фактора и применения дифференцированных технологий возделывания, особенно систем обработки почвы, на данном земельном массиве не требуется.

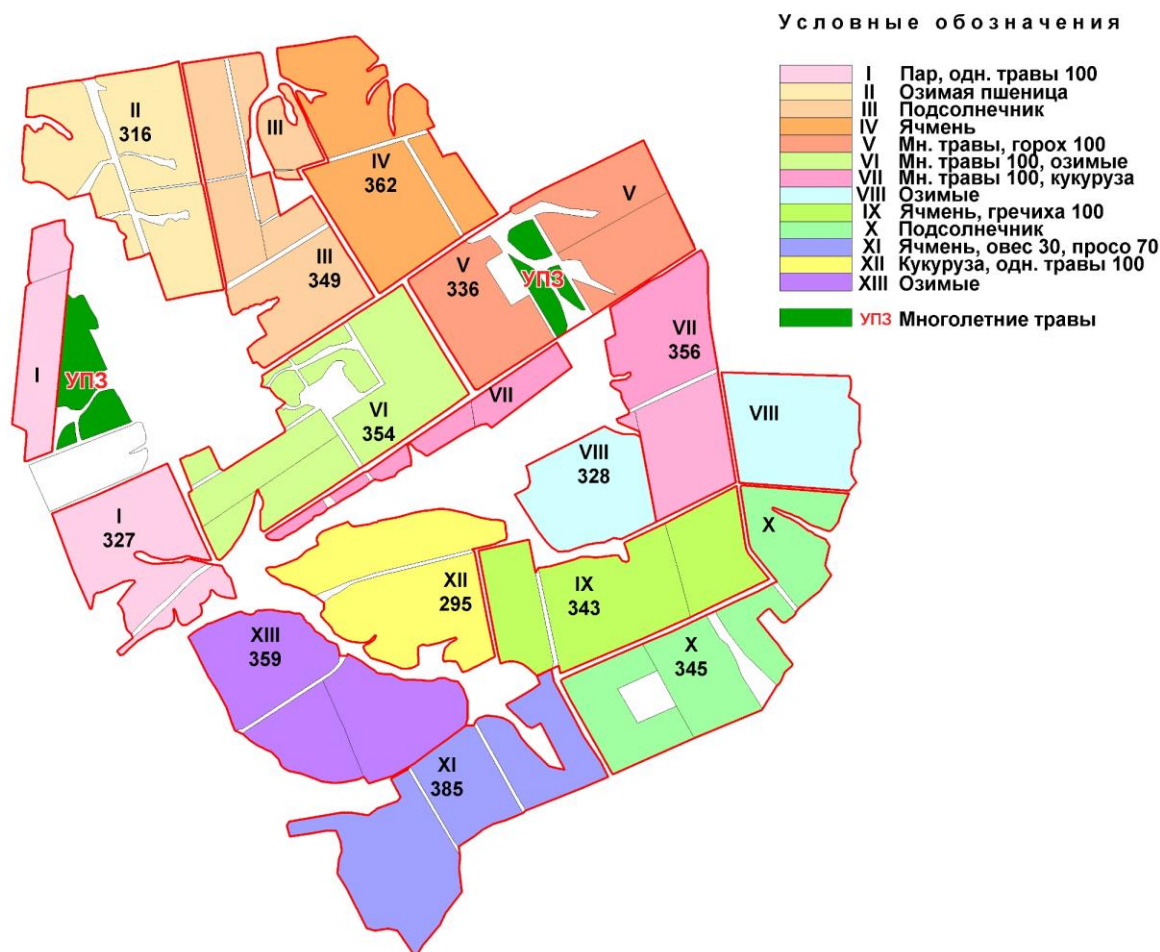


Рис. 1 – На плакорных землях и пологих склонах со слабосмытыми почвами расположен полевой зернопаротравянопропашной севооборот. Земли с вкраплениями контрастных пятен почвенной структуры выведены за границы севооборота под постоянное залужение.

На структурно-однородных плакорных и слабоэродированных землях целесообразно сосредоточение производства сахарной свеклы, подсолнечника, зерновых колосовых и бобовых культур, на структурно неоднородных слабо- и среднеэродированных участках пашни – производство зерна, кукурузы на силос и частично маслосемян [1]. Такое использование земель было бы наиболее рациональным и с агроэкологических позиций.

Не надо доказывать, что на отдельных элементах рельефа, обусловленного экспозициями склонов, в связи с сильно различающейся их теплообеспеченностью и влагообеспеченностью создаётся свой микроклимат. Размещение сортов сельскохозяйственных культур в ландшафте должно осуществляться таким образом, где они в наилучшем режиме обеспечиваются факторами жизни с наименьшими затратами на преодоление лимитирующих факторов с одной стороны, а с другой – осуществляется их средостабилизирующее влияние на компоненты природы [2]. Другими словами, место возделывания культурного растения в агроландшафте определяется с учетом конкретных условий окружающей среды, обусловленных рельефом.

*Определение специализации производства в соответствии с агроэкологическими, рыночными и хозяйственными условиями*

В соответствии с природными условиями данное хозяйство может специализироваться на производстве зерна, маслосемян подсолнечника, мяса крупного рогатого скота, молока, мяса свиней, сахарной свеклы. При благоприятных экономических условиях (близости перерабатывающих предприятий, достаточно высоких ценах реализации) целесообразно возделывание сахарной свеклы в севооборотах типа: пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень – кукуруза. Можно ориентироваться на среднеклиматически обеспеченную урожайность сахарной свеклы при интенсивной агротехнологии более 400 ц/га, учитывая при этом, что содержание сахара в свекле здесь значительно выше (на 3-4%) чем в более северных лесостепных районах.

Отношение к кукурузе на зерно в регионе достаточно сдержанное. Условия для ее возделывания в целом благоприятны, хотя в фазе цветения часто бывают засушливые периоды, что сильно снижает урожайность этой культуры.

Для развития скотоводства здесь имеются возможности создания мощной кормовой базы за счет организации пастбищ на непахотных угодьях, производства кормов в севооборотах на средне- и сильноэрозионных землях.

Но так как специализация производства помимо природных условий определяется возможностью реализации продукции на рынке, близостью пунктов сдачи товарной продукции и др., а также производственной базой товаропроизводителя, то хозяйство, скорее всего, будет заниматься производством зерна, маслосемян, мяса КРС и молока.

В перспективе хозяйство предполагает увеличить долю зерновых культур. В этой связи необходимо предостеречь хозяйство о возможных в будущем проблемах экологического характера с последующим снижением продуктивности пашни. Размещение близких по биологии культур на больших площадях может усилить экологическую напряженность ландшафтов и неизбежно привести их к деградации. Одностороннее использование земель находится в противоречии с требованиями системного подхода к оптимизации агроландшафтов.

Увеличение доли зернового клина в структуре посевных площадей, во-первых, ограничит возможность размещения зерновых культур по лучшим предшественникам, нарушит закон плодосмена в севообороте, во-вторых, усилит напряженность утилизации отходов зернового производства.

С уменьшением поголовья животных снизится производство навоза, возникнет дефицит в органических удобрениях, что в будущем может отрицательно сказаться на экономической эффективности выращивания зерновых и масличных культур.

#### *Оптимизация структуры сельхозугодий и посевных площадей*

Расчет структуры посевных площадей выполнен по специальной методике, определяющей основные экономические и производственные показатели деятельности КХ "Новая жизнь" на 2014 г. Разработанная программа производственной и экономической деятельности направлена на эффективное использования пахотных земель и повышение уровня рентабельности предприятия.

В таблице 1 представлена структура сельскохозяйственных угодий хозяйства и количество работников на 100 га сельхозугодий.

При проектировании структуры посевных площадей учитывались объемы производства растениеводческой продукции, необходимые как для реализации, так и для внутрихозяйственных потребностей, при этом обязательным условием являлось сохранение запасов гумуса в полях севооборотов.

Таблица 1 – Состав и размеры сельскохозяйственных угодий.  
Численность сельскохозяйственных работников

Показатели	Размер показателя	Структура с.-х. угодий, %
Пашня, га	4480	89,2
Многолетние насаждения, га	30	0,6
Сенокосы, га	7	0,1
Пастбища, га.	505	10,1
Всего с.-х. угодий, га	5022	100
Работников на 100 га с.-х. угодий, чел.	1,5	*

Предварительный расчет объема производства растениеводческой продукции в чистом виде (т) с учетом реализации по рыночным каналам составил: озимой пшеницы – 2370,4 т, озимой ржи – 492,8, озимой тритикале – 295,7; яровых культур: ячменя – 2361,1 т, гороха – 612, овса – 39, гречихи – 140, проса – 129; маслосемян подсолнечника – 1035,6 т.

Расчет посевных площадей для эффективной производственной деятельности предприятия показал, что в хозяйстве необходимо иметь зерновых и зернобобовых всего – 2433 га или 54,3 %, технических – 584 га или 13,0 %, кормовых всего – 1238 га или 27,6 %. Общая площадь посевов составит 4255 га или 95,0 %.

Под чистый пар запланировано использовать 225 га или 5,0 % от площади пашни, что позволит разместить более половины посевов озимой пшеницы по лучшему для нее предшественнику.

Рассчитанная на максимальный экономический эффект, данная структура посевных площадей не вступает в противоречие с требованиями системного подхода к оптимизации агроландшафтов. Структура посевных площадей такова, что полноценно может обеспечивать молодняк и взрослых животных весь пастбищный период зелеными кормами.

#### **Литература**

1. Рымарь В.Т., Системы земледелия на ландшафтной основе в Центрально-Черноземной зоне. / В.Т. Рымарь, Г.П. Покудин, В.В. Черенков, М.И. Сальников, В.Г. Мирошник // Достижения науки и техники АПК. 1997, № 2. – С. 14.
2. Лопырев М.И., Проектирование и внедрение эколого-ландшафтных систем земледелия в сельскохозяйственных предприятиях Воронежской области. / М.И. Лопырев. Методическое руководство // Воронеж: Изд-во «Истоки». – 1999. – 187 с.

#### **References**

1. Rymar' V.T., Sistemy zemledeliya na landshaftnoj osnove v Cen-tral'no-CHernozemnoj zone. / V.T. Rymar', G.P. Pokudin, V.V. CHerenkov, M.I. Sal'nikov, V.G. Miroshnik // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 1997, № 2. – S. 14.
2. Lopyrev M.I., Proektirovanie i vnedrenie ehkologo-landshaftnyh sistem zemledeliya v sel'skohozyajstvennyh predpriyatiyah Voronezhskoj oblasti. / M.I. Lopyrev. Metodicheskoe rukovodstvo // Voronezh: Izd-vo «Istoki». – 1999. – 187 s.



DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.083

Сродных Т.Б.<sup>1</sup>, Кайзер Н.В.<sup>2</sup>, Ганага Е.С.<sup>3</sup><sup>1</sup>Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Уральский государственный лесотехнический университет,<sup>2</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, <sup>3</sup>Студент,

Уральский государственный лесотехнический университет

**ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОРИЧЕСКИХ СКВЕРОВ И ОБЩЕСТВЕННОГО САДА  
В Г.ЕКАТЕРИНБУРГЕ В XIX–XXI ВВ.****Аннотация**

*Статья посвящена изучению особенностей развития сквера на городской плотине, сквера около первого железнодорожного вокзала и сада Вайнера в г.Екатеринбурге. Основная цель исследования: изучить, как менялись характеристики данных исторических объектов ландшафтной архитектуры с конца XIX в. – по настоящее время (площадь, планировочные особенности, динамика видового состава и плотность посадок растений).*

*Исследование проводилось путем анализа фотографий, сделанных в XIX–XX вв., по литературным источникам, а также на основе проведенной подеревной инвентаризации (2013–2015 гг.).*

**Ключевые слова:** сквер, общественный сад, озеленение, Екатеринбург.

Srodnykh T.B.<sup>1</sup>, Kaizer N.V.<sup>2</sup>, Ganaga E.S.<sup>3</sup><sup>1</sup> PhD in Agriculture, professor, Ural State Forestry-Technical University, <sup>2</sup>Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, <sup>3</sup>Student, Ural State Forestry-Technical University**MAIN FEATURES OF HISTORIC SQUARES AND PUBLIC GARDEN OF EKATERINBURG  
IN XIX - XXI CENTURY****Abstract**

*The paper considers the development of public squares and garden named after Vainer in Ekaterinburg. The main purpose of this research is to explore how the features of these historical objects of landscape architecture are changed from the end of the 19 century to the 21st century; analysis of the area, planning, tree species composition, stocking density is shown in general.*

*The research results of analyzing historical photo materials, literary materials, statistical analyzing (2013-2015) are shown.*

**Keywords:** public gardens, planting of greenery, Ekaterinburg.

**1** 870-80-е годы – особая страница в истории Екатеринбурга. Как известно, во второй половине XIX века в Екатеринбурге произошли значительные события, связанные с общественно-политической и промышленной жизнью города: был открыт первый железнодорожный вокзал в Екатеринбурге, образовано Общественное собрание, а также организована и проведена грандиозная Сибирско-Уральская научно-промышленная выставка.

Именно в это время были созданы сквер около первого железнодорожного вокзала, сад при Общественном собрании (позже сад Вайнера), сквер на городской плотине. Эти общегородские объекты ландшафтной архитектуры пользовались большой популярностью у горожан; они создавали в городском пространстве зеленые зоны для прогулок, увеселений и для кратковременного отдыха.

**Результаты исследования.** В 1886 г., накануне проведения Сибирско-Уральской научно-промышленной выставки (1887 г.), на верхнем бьефе городской плотины был разбит сквер по проекту архитектора С.С. Козлова [5], устроенный садоводом-любителем Д.И. Лобановым. В дальнейшем сквер получил название Плотинный или Железнодорожный [3].

В пространственно-планировочном решении сквер представлял собой вытянутый вдоль плотины участок прямоугольной формы, со скругленными углами на южной стороне. Территория сквера была обращена на городской пруд, площадь сквера составляла около 0,45 га.

В 1886 г. были установлены бюсты-памятники Императору Петру I и Императрице Екатерине I (после революции 1917 г. памятники уничтожили [4]). На их месте в XX веке были установлены памятники уральским писателям: в 1958 г. – П.П. Бажову (скульптор М.Г. Манизер, архитектор А.П. Великанов) [4], в 1987 г. – Д.Н. Мамину-Сибиряку (скульптор Г.А. Антонов, архитектор Б. А. Демидов) [2].

Первоначально вдоль северной стороны сквера, граничащей с городским прудом, проходила прямая пешеходная дорожка шириной около 3 м. Остальное пространство сквера было организовано на основе криволинейных в плане пешеходных дорожек и плавных по очертанию островков газонов, на которых росли деревья и стриженные кустарники. Вокруг памятников были устроены цветочные клумбы круглой формы, огороженные невысокими деревянными оградками. По периметру сквер был обнесен металлической решетчатой оградой.

В начале XX в. сквер представлял собой пышущей разнообразной зеленью островок в историческом центре города.

В XX в. сквер неоднократно реконструировали, посадки деревьев и кустарников обновлялись.

После проведенной капитальной реконструкции плотины и прилегающих территорий в 1962–1973 гг. (архитектор Ю.П. Сердюков) верхняя площадка плотины была расширена с северной стороны [4] – появился спуск к водной глади городского пруда. В итоге площадь сквера увеличилась до 0,8 га.

Планировка сквера отвечала регулярному стилю. Вдоль центральной оси сквера проходила широкая пешеходная зона, в южной части сквера был разбит газон с рядовой посадкой деревьев; границу с проезжей частью организовала широкая живая изгородь кизильника блестящего. В начале XXI в. на угловых полукруглых площадках около пруда появились чугунные декоративные беседки.

По результатам обследования сквера в 2013–2015 гг. площадь пешеходных дорожек существенно преобладает над площадью с зелеными насаждениями: площадь с твердыми покрытиями в сквере составляет 71%.

Сравнивая результаты анализа фотографий (в начале XX в.) и данные инвентаризации (2013–2015 гг.) можно сказать, что к настоящему времени общее количество растений существенно сократилось (таблица). Сейчас на территории сквера произрастает 6 видов деревьев (преобладают – лиственница сибирская, тополь бальзамический, клен ясенелистный, сосна сибирская) и 2 вида кустарников (кизильник блестящий, рябинник рябинолистный).

Таблица – Основные характеристики исторических объектов ландшафтной архитектуры Екатеринбурга в XIX – XXI вв.

№ п/п	Период, год	Ассортимент растений	Общая площадь, га
1	2	3	4
Сквер на городской плотине (создан в 1886 г.)			
1	1886	Предположительно – береза, тополь, липа, лиственница, акация, сирень	0,45
	II пол. XX в.	Тополь бальзамический, лиственница сибирская, сосна сибирская, клен ясенелистный, кизильник блестящий	0,8
	2015	Деревья: лиственница сибирская (18%), тополь бальзамический (18%), клен ясенелистный (28%), сосна сибирская (18%), другие виды (18%). Кустарники: кизильник блестящий (72%), рябинник рябинолистный (28%)	0,8
Сквер около старого железнодорожного вокзала (создан в 1878 г.)			
2	Конец XIX в.	Живая изгородь: акация. Цветники	~ 0,14
	Начало XXI в.	Газон. Древесных и кустарниковых посадок нет	~ 0,28
Сад Вайнера (Сад Общественного собрания, создан в 1880-е гг.)			
3	1856 – приусадебный сад	Не опр.	~ 0,3
	1880 г.	Предположительно береза, липа, лиственница, тополь, черемуха, акация, сирень	1,1
	1900-е гг.		1,1
	XXI в. -2015 г.	Деревья: клен ясенелистный (15%), липа сердцевидная (19%), лиственница сибирская (17%), тополь бальзамический (35%), другие виды (14%). Кустарники: боярышник кроваво-красный (35%), кизильник блестящий (21%), сирень обыкновенная (25%), другие виды (19%)	1,1

Первый железнодорожный вокзал Екатеринбурга был открыт в 1878 г.; в это же время, вероятно, на привокзальной площади появился небольшой сквер круглой формы. Посередине сквера располагался фонтан, который был окружен разнообразными цветниками и скамейками для отдыха. По границе сквера были высажены кустарники в виде живой изгороди из акации. Невысокая деревянная ограда отделяла сквер от привокзальной площади. Кроме того, напротив входа в здание вокзала были установлены на тумбах вазоны с цветами.

Сопоставляя данные по фотографиям рубежа XIX–XX вв. с фотографиями и картами XX и XXI вв., предполагаем, что площадь сквера увеличилась примерно в 2 раза. Однако и внешний облик сквера со временем претерпел кардинальные изменения: в XIX в. в композиционно-пространственном решении сквера предпочтение отдавалось кустарникам и разнообразным по форме цветникам, в то время как в начале XXI в. ведущую роль в оформлении сквера играют тематические бронзовые скульптуры. Раньше в планировке сквера сочетались приемы регулярного стиля и свободного композиционного решения (композиция сквера была построена на основе геометрических фигур, выделялся главный композиционный центр – круглый фонтан, при этом конфигурация цветников отличалась плавными живописными контурами).

В XX в. сквер постепенно потерял ухоженный вид, фактически использовался в качестве транзитной пешеходной зоны. В начале XXI в. территория сквера перед входом в здание музея истории, науки и техники Свердловской железной дороги (бывшего вокзала) замощена плиткой, растительность в сквере почти отсутствует (за исключением газонов, которые составляют около 26%; площадь с твердым покрытием составляет около 74%). Территория сквера по периметру огорожена металлической ажурной решеткой.

Сад Вайнера расположен в центре Екатеринбурга в квартале улиц Первомайской – Тургенева – Карла Либкнехта – Клары Цеткин (в 19 веке улицы носили название соответственно Клубная, Верх-Вознесенская, Вознесенский проспект и Вознесенский переулок). Площадь сада в настоящее время составляет 1,1 га.

Сад Вайнера (в прошлом – сад Общественного собрания) был разбит в середине XIX в. на территории усадьбы, владельцами которой были купцы Баландины [3]. На плане Екатеринбурга 1856 г. площадь тогда еще приусадебного

сада была невелика и составляла около 0,3 га. Вскоре после того, как вновь образованное в городе Общественное собрание разместилось на территории этой усадьбы, было произведено переустройство приусадебного сада (1880 г.) [4]. Расширение территории сада произошло вглубь квартала.

В саду была построена деревянная крытая сцена, перед ней и по периметру парадной зоны были установлены скамейки для публики и отдыхающих. Известно, что в саду играл оркестр [1]. Напротив центрального входа с каменными воротами, действовал фонтан, был разбит круглый цветник, в центре которого стояла женская скульптура.

В XX в. сад несколько раз переименовывали. Известно, что сначала он стал садом Красной Армии, потом садом-театром имени Вайнера [1]. В нем были открыты эстрада, ресторан «Театральный», бильярдная, танцплощадка, читальня, мюзик-холл.

В середине XX в. в саду были произведены новые посадки тополей и молодых лиственниц (1960-е гг.).

В настоящее время сад стал транзитной территорией, в саду проложены две основные пешеходные дорожки, пересекающие его территорию по диагонали. Однако дорожное покрытие практически разрушилось, кроме того появились стихийные тропинки. Во второй половине XX в. в саду исчезли сцена, фонтан, цветники, парадные ворота с чугунной решеткой.

В настоящее время плотность посадки деревьев 131шт./га, кустарников – 159 шт./га. Преобладающими видами являются тополь бальзамический, липа сердцевидная, лиственница европейская. Из кустарников преобладают кизильник блестящий, боярышник кроваво-красный, сирень обыкновенная.

**Выводы.** Площадь исторических общественных объектов ландшафтной архитектуры к настоящему времени увеличилась: сквер на городской плотине увеличился почти в 2 раза, сквер около старого железнодорожного вокзала – в 2 раза.

Не смотря на то, что в XX веке в Екатеринбурге проводилась интенсивная планомерная работа по озеленению территорий города, в результате чего существенно возросла площадь городского озеленения, однако количество деревьев и кустарников в исторических скверах значительно уменьшилось по сравнению с XIX в.

В XX в. исторические скверы функционально превратились в транзитную зону с интенсивным пешеходным движением. В результате чего на их территории начался процесс увеличения площади с твердым покрытием за счет площади озелененных территорий.

В начале XXI в. плотность посадки зеленых насаждений исторических скверов продолжает снижаться. Это не может рассматриваться как положительная тенденция в процессе формирования современной городской системы озеленения.

Проведенное исследование показало, что в настоящее время видовой состав растений изменился незначительно по сравнению с периодом времени на рубеже XIX-XX вв. При этом в начале XX века растительность имела более разнообразный и ухоженный вид, деревья и кустарники были тщательно подобраны; кроны аккуратно подстрижены. В начале XXI в. в оформлении сквера на плотине и сада Вайнера используют деревья с естественной формой кроны, а также стриженные живые изгороди.

В конце XIX - начале XX в. в планировке на всех рассмотренных объектах озеленения общего пользования наблюдались схожие черты: сочетались приемы регулярной и свободной планировки. Между тем в настоящее время планировка скверов решается в регулярном стиле.

В настоящее время сад Вайнера не функционирует как место отдыха населения; используется как транзитная зона. Внешний вид сада Вайнера неухоженный и запущенный. Санитарное состояние насаждений сада в целом удовлетворительное, однако имеются больные и старые деревья, подлежащие вырубке. Сад нуждается в реконструкции.

#### Литература

1. Бердников Н.Н. Город в двух измерениях / Н.Н. Бердников. Свердловск: Ср.-Уральское кн. изд-во, 1979. 112 с.
2. Елагин Г.Н. Хроника строительства Екатеринбурга. 1702-2012 / Г.Н. Елагин. Екатеринбург: TATLIN, 2012. 288 с.
3. Зорина Л.И. Улицы и площади старого Екатеринбурга / Л.И. Зорина, В.М. Слукин. Екатеринбург: Баско, 2005. 288 с.
4. Свод памятников истории и культуры Свердловской области. Екатеринбург / под ред. В.Е. Звагельской, том 1. Екатеринбург: «Издательский Дом «СОКРАТ», 2007. 536 с.
5. Екатеринбург: История города в архитектуре / А. А. Стариков [и др.]; под ред. А. А. Старикова. Екатеринбург: Сократ, 1998. 240 с.

#### References

1. Berdnikov N.N. Gorod v dvuh izmerenijah / N.N. Berdnikov. Sverdlovsk: Sr.-Ural'skoe kn. izd-vo, 1979. 112 s.
2. Elagin G.N. Hronika stroitel'stva Ekaterinburga. 1702-2012 / G.N. Elagin. Ekaterinburg: TATLIN, 2012. 288 s.
3. Zorina L.I. Ulicy i ploschadi starogo Ekaterinburga / L.I. Zorina, V.M. Slukin. Ekaterinburg: Basko, 2005. 288 s.
4. Svod pamjatnikov istorii i kul'tury Sverdlovskoj oblasti. Ekaterinburg / pod red. V.E. Zvageľ'skoj, tom 1. Ekaterinburg: «Izdatel'skij Dom «SOKRAT», 2007. 536 s.
5. Ekaterinburg: Istoriya goroda v arhitekture / A. A. Starikov [i dr.]; pod red. A. A. Starikova. Ekaterinburg: Sokrat, 1998. 240 s.



DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.284

Теймуров С.А.<sup>1</sup>, Казбеков А.Б.<sup>2</sup>, Кабардиев Ш.С.<sup>3</sup><sup>1</sup>ORCID:0000-0002-0336-7380, Кандидат сельскохозяйственных наук,<sup>2</sup>Кандидат сельскохозяйственных наук, <sup>3</sup>Старший научный сотрудник,

ФГБНУ Дагестанский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Ф.Г.Кисриева, г. Махачкала

**ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ АГРОМЕЛИОРАТИВНОГО ПРИЕМА НА РАЗВИТИЕ ПОЧВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТАХ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН****Аннотация**

*В статье исследовано влияние накопления твердого стока паводковыми водами на некоторые изменения свойства почвы (агрофизические, водно-физические и агрохимические). Оно является эффективным агромелиоративным приемом в природных ландшафтах Дагестана, обеспечивающим повышение плодородия слаборазвитых сильнокаменистых почв речных долин. При освоении речных долин Приморской низменности путем создания кольматационного слоя на поверхности каменистых почв широко могут быть использованы многолетние травы, а из однолетних культур – кукуруза.*

**Ключевые слова:** твердый сток, свойства почвы, эрозия паводковых вод, плодородие почв, урожайность.

Teimurov S.A.,<sup>1</sup> Kazbekov A.B.,<sup>2</sup> Kabardiyev Sh.S.<sup>3</sup><sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-0336-7380, PhD in Agriculture, <sup>2</sup> PhD in Agriculture, <sup>3</sup> Senior researcher,

FSBSI Kisriev Dagestan Scientific research Institute of agriculture, Makhachkala

**STUDIES OF INFLUENCE OF SOIL-CONSERVATION RECEPTION ON THE DEVELOPMENT OF SOIL PROCESSES IN THE NATURAL LANDSCAPES OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN****Abstract**

*The article studies the influence of accumulation of sediment run-off and flood waters on some changes in soil properties (agro-physical, water-physical and agrochemical), which is the effective soil-conservation technique in natural landscapes of Dagestan, supporting the improvement of the underdeveloped selenocyanate fertility of soils of river valleys. During the development of river valleys coastal lowlands by creating colmatation layer on the surface of stony soils can be widely used perennial grasses and annual crops – corn.*

**Keywords:** solid flow, soil properties, erosion flood, soil fertility, yield.

**Введение.** Долины и дельты рек – это особые типы ландшафтов земли, по своим природным свойствам резко отличающиеся от окружающих их ландшафтов водораздельных пространств. Главными причинами, придающими им самобытность, являются периодическое затопление паводковыми водами и отложение на их поверхности илистых фракций. Периодическое поступление наносов обогащенных гумусом и элементами минерального питания, приводит к формированию в долинах и поймах рек плодородных почв, а периодические разливы рек и близкий уровень залегания грунтовых вод создает водообеспеченность этих ландшафтов. Обилие влаги является причиной формирования характерного «дельтового ландшафта» с буйной и разнообразной растительностью [16].

Боковая и струйчатая эрозия паводковых вод физически уничтожили плодородные почвы речных долин. По данным В.А.Ковды, Л.А.Корвацкого [9] каждый смытый сантиметр гумусового горизонта равносильно потере потенциальной продуктивности почв 1 ц/га зерна, а потеря 1 т гумуса влечет за собой снижение урожая примерно на 20 кг/га. Как отмечает Judson S [17], эрозионный снос почв в моря и океаны за последний 50 лет вырос в 10 раз. В 20-х годах твердый речной сток составил  $3 \cdot 10^9$  т/га, в 70-х он достиг  $24 \cdot 10^9$  т/га, и возможно, в будущем достигнет  $58 \cdot 10^9$  т/га.

Республика Дагестан характеризуется острым малоземельем: на душу населения в этом регионе приходится всего 0,14 га пахотной земли. Освоение более 15 тыс. га слаборазвитых бросовых земель речных долин внесет существенное изменение в структуру земельных площадей.

В районах с засушливым климатом, где отсутствуют регулярные источники воды орошения, сказывается нехватка трудовых ресурсов, наиболее эффективным агромелиоративным приемом, обеспечивающим повышение плодородия слаборазвитых сильнокаменистых почв речных долин, является осаждеие илистых фракций паводковых вод. На целесообразность использования последних в целях повышения плодородия почв указывают в своих работах В.А.Ковда [7], В.А.Ковда, Г.В.Захарина, О.А.Шемякина [8], В.А.Молодцев [10], Д.А. Орлов [11], А.Н.Розанов [12,13] и другие.

**Цель исследований.** Определить влияние затопления твердого стока мутных паводковых вод р. Гюльгеричай на агрофизические, водно-физические и агрохимические свойства почв, урожайность посев многолетних трав и кукурузы в Приморской низменности.

**Методы и результаты исследований.** С целью изучения влияния затопления твердым стоком на свойства слаборазвитых сильнокаменистых почв нами в 2013 году были заложены почвенные разрезы на искусственных чеках отстойниках, выполняющие роль наносозадерживающих сооружений.

Агрофизические свойства почвы определяли общепринятыми методами [5], химические показатели и физико-химические свойства – согласно руководствам [2,3], водопроницаемость почв – прибором ПВН по Н.Е.Нестерову, полученные результаты обрабатывались статистически [6] с помощью программы Microsoft Excel.

Одним из характерных свойств этих почв является сильная каменистость и малая мощность (2-5 см) пахотного слоя, под которой залегают каменистые отложения (до 10-20 м). По механическому составу эти почвы представлены легкосуглинистыми и супесчаными разностями с содержанием физической глины от 12 до 26,2%. По морфологическому строению аллювиально-луговые слаборазвитые сильнокаменистые почвы (**разрез №1**, заложённый на территории совхоза «Правда» в 100 м от русла реки Гюльгеричай восточнее с. Ярукулар):

A	0-12 см	Серый, сухой, редко корни растений, сильнокаменистый в смеси с галечником, супесчаный материал среди мульчи, переход постепенный.
AB	12-50 см	Серый, свежий, много камней, встречается корни люцерны и очень редко тонкие корни злаковых трав, легкосуглинистые фракции среди камней.
C	50-180 см	Серый, свежий, много камней, по стенке разреза более 90% составляют каменистые отложения с примесью галечника и легких суглинков.

**Разрез №2** (заложенный на лугу долины р. Гюльгеричай на первой террасе у села Ярукулар):

A	0-28 см	Серый, свежий, комковато-зернистый, тяжелосуглинистый, плотный, сильно пронизан корнями растений, слабо вскипает от 10% соляной кислоты, переход постепенный.
AB	28-45 см	Серый, слабо увлажнен, плотный, комковато-глыбистый, прослойки супеси и песка, встречаются корни растений, ходы червей и насекомых, вскипает слабо, переход постепенный.
B	45-60 см	Светло бурый, влажный, плотный, среднесуглинистый, встречаются тонкие слои супеси и глин, редко корней, слабо вскипает, переход ясный.
C	60-90 см	Светлее горизонта B, увлажнен, плотный, среднесуглинистый, комковато-глыбистый, встречаются корни растений, прослойки грубого песка, камней и глин, встречаются ходы червей, вскипает слабо, переход постепенный.
C <sub>1</sub>	90-110 см	Светло серый, влажный, плотный, среднесуглинистый, корней редко, встречаются единичные камни и галечника, вскипает слабо.
C <sub>2</sub>	110-160 см	Сырой с темноватым оттенком ржавые пятна, прослойки супеси и песка, встречаются камни, вскипает слабо.

**Разрез №3** (заложенный у совхоза «Фрунзенский» Магарамкентского района в 155 км от с. Советское на 2-й речной террасе).

A <sub>пах</sub>	0-32 см	Серый со слабым буроватым оттенком, свежий, рыхлый, ореховато-комковатый, слабо вскипает, переход постепенный.
B	32-55 см	Серый с темноватым оттенком, влажный и плотный, ореховато-комковатый, среднесуглинистый, ходы червей, корни, переход заметный
BC	55-84 см	Серовато-бурый, влажный и плотный комковато-глыбистый, тонкопористый, легкосуглинистый; встречаются единичные корни плодовых насаждений, слабо вскипает, переход ясный.
C	84-150 см	Серовато-бурый, увлажнен, плотный, глыбистый, встречаются ходы червей, изредка мелкий галечник, слабо вскипает.

**Морфологические свойства почв.** Воздействие твердого стока на морфологические свойства проявляются в повышенной влажности профиля, увеличения прочности структуры гумусово-аккумулятивных горизонтов, увеличение содержание частиц физической глины в верхнем слое почвы. В течение 3-х лет при расходе воды 360 тыс. м<sup>3</sup>/га паводковых вод на 1 га можно накопить 4320 тонн твердых фракций наносов, что можно приравнять мощности пахотного слоя толщиной 43 см. По данным И.М. Сайпуллаева, Э.М. Эльдарова [14] модуль эрозии или количество наносов, смываемых с 1 км<sup>2</sup> поверхности речных бассейнов в год, в большинстве случаев превышает 1000 т, а в бассейнах некоторых рек (Усхчай) республики даже 2305 т, достигая 3975 т в реке Ахтычай. Высокий поверхностный смыв обусловлен наличием в литологическом составе пород, слагающих бассейны, легкоразмываемых глинистых сланцев, глин и мергелей, скудностью растительного покрова и резкой континентальностью климата.

Как показали наши исследования, проведенные по сезонам года, в паводковых водах содержится заметное количество взвешенных наносов. Результаты по твердому стоку р. Гюльгеричай у села Ярукулар свидетельствует, что максимальная мутность в половодье наблюдается в весенний период, достигая 15-20 г/л, с постепенным снижением по летним и осенним паводкам, соответственно до 10-14 и 5-8 г/л. В межень мутность воды по периодам года не превышает 2,5 г/л.

Таким образом, достаточная гумусированность, значительное содержание подвижных форм азота, фосфора, калия, насыщенность поглощающего комплекса кальцием, отсутствие вредных легкорастворимых солей в почвенном профиле обуславливают высокое природное плодородие аллювиально-луговых и лугово-лесных почв. Эти особенности, а также сравнительно спокойный характер рельефа, глубокое залегание грунтовых вод, хорошие условия оттока фильтративных вод делают рассматриваемые почвы благоприятным объектом в целях орошения и интенсивного сельскохозяйственного освоения.

**Агрофизические и водно-физические свойства почв.** Под влиянием твердого стока в верхнем слое почвы происходит некоторое увеличение содержания частиц физической глины, снижение степени каменистости и стабилизация ее водопроницаемости, процесс выноса и накопления органических и минеральных веществ, дифференциацию вновь созданного почвенного профиля. Почвы легкого механического состава при этом переходят в

градацию тяжелосуглинистых. После трехлетнего осаждения твердого стока паводковых вод на поверхности слаборазвитых почв выявились общие закономерности в изменении гранулометрического состава данных почв (табл.1).

Таблица 1 – Механический состав почвы опытного участка после осаждения наносов в слое 0-25 см слое

Вариант	Удельная масса, г/см <sup>3</sup>	Размер механических элементов (мм) и их содержание (%)							
		песок крупный	песок мелкий	пыль крупная	пыль средняя	пыль мелкая	ил	физ. песок	физ. глина
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01	>0,01
Контроль – луговая слаборазвитая сильнокаменистая почва	2,65	21,0	15,0	40,9	6,7	11,4	5,0	76,9	23,1
Тоже с осажде-ем твердо-го стока:									
1080 т/га	2,69	1,68	39,8	8,7	9,1	21,2	19,5	50,2	49,8
2160 т/га	2,68	0,25	42,3	9,1	10,2	21,7	16,5	51,6	48,4
3240 т/га	2,70	0,32	40,6	5,6	8,6	23,9	21,0	46,5	53,5
4320 т/га	2,71	1,65	40,9	0,37	8,3	27,3	21,5	42,9	57,1

Прежде всего, наиболее существенная трансформация гранулометрического состава произошла в верхних горизонтах почвы. Так, содержание мелкой пыли в гумусовых горизонтах окультуриваемых вариантах снизилось в 3,0-3,5 раза по сравнению с контролем. Увеличилось количество физической глины, что обусловлено увеличением доли фракций ила по сравнению с контролем. Подобные тенденции в изменении гранулометрического состава в более длительно орошаемых почвах с подачей большого объема воды отмечены А.Г.Бондаревым [4], Н.Е.Абашиевой и др. [1]. Изменение гранулометрического состава слаборазвитых почв после трех лет осаждения твердого стока привело к достоверному увеличению в ней содержания физической глины.

Полученные данные показывают, что при осаждении твердого стока луговые слаборазвитые почвы от легкосуглинистого механического состава с содержанием физической глины 23,1% в конце третьего года перешли в градацию тяжелосуглинистой с содержанием ее от 49,8 до 57,1%.

Такое перераспределение физической глины по профилю пахотного слоя обусловлена осаждением твердого стока мутных вод весеннего, летнего и осеннего периодов, а также дисперсией глинистого материала в почве в связи с повышением содержания поглощенного кальция и магния.

Под влиянием твердого стока в верхнем слое почвы происходит некоторое увеличение содержания частиц физической глины, снижение степени каменистости и стабилизация ее водопроницаемости. В составе взвешенных наносов в весеннем паводке преобладают фракции менее 0,01 мм и достигает 67,7%. К лету и осени их количество снижается соответственно до 19,8 и 26,8%.

При осаждении твердого стока вод происходит оптимизация водно-физических свойств пахотного слоя:

снижение объемной массы с 1,40 г/см<sup>3</sup> до 1,15-1,30 г/см<sup>3</sup>,

водопроницаемости – с 4,74 до 1,39-1,64 мм/мин,

увеличение ППВ – с 13,5 до 21,3-23,6%,

ДАВ – с 10,0 до 16,1% от массы сухой почвы (табл.2).

Таблица 2 – Влияние наносов на водно-физические свойства малопродуктивных сильнокаменистых почв (0-25 см)

Вариант	Физи- ческая глина (0,01), %	Удель- ная масса, г/см <sup>3</sup>	Объ- емная масса, г/см <sup>3</sup>	МГВ	ВУЗ	ДАВ	ППВ	МГВ	ВУЗ	ДАВ	ППВ
				в % от веса почвы				в м <sup>3</sup> /га			
Контроль – луговая слаборазви- тая сильнока- менистая почва	23,1	2,63	1,40	2,70	3,61	9,9	13,5	94,5	126,3	346,2	472,5
Тоже улуч- шенная с осаждением илистых фракций: 1080 т/га	49,8	2,68	1,15	4,90	6,56	14,7	21,3	140,8	188,6	423,8	612,4
2160 т/га	48,4	2,69	1,22	5,60	7,50	15,0	22,5	170,8	228,7	457,5	686,2
3240 т/га	53,5	2,65	1,22	5,28	7,05	15,6	22,7	161,0	215,0	477,3	692,3
4320 т/га	57,1	2,70	1,30	5,63	7,54	16,1	23,6	183,0	245,0	522,0	767,0

Примечание: МГВ – максимальная гигроскопическая влага, ВУЗ – влажность устойчивого завядания, ДАВ – диапазон активной влаги, ППВ – предельно-полевая влагоемкость.

Результаты наших исследований показывают, что во всех окультуренных вариантах за первый час наблюдений по шкале Н.А.Качинского водопроницаемость почвы высокая – 2,15...2,40 мм, за исключением последнего варианта с осаждением 4320 м<sup>3</sup>/га ила и равна 1,59 мм/мин (рис.1). Впитывающая способность за первый час наблюдений на контроле 4-5раз выше, чем на вариантах с осаждением илистых фракций. Водопроницаемость постепенно падает за второй и последующий час: на контроле с 6,26 до 4,74 мм/мин, на вариантах с осаждением илистой фракции – с 1,48 до 1,64 мм/мин.

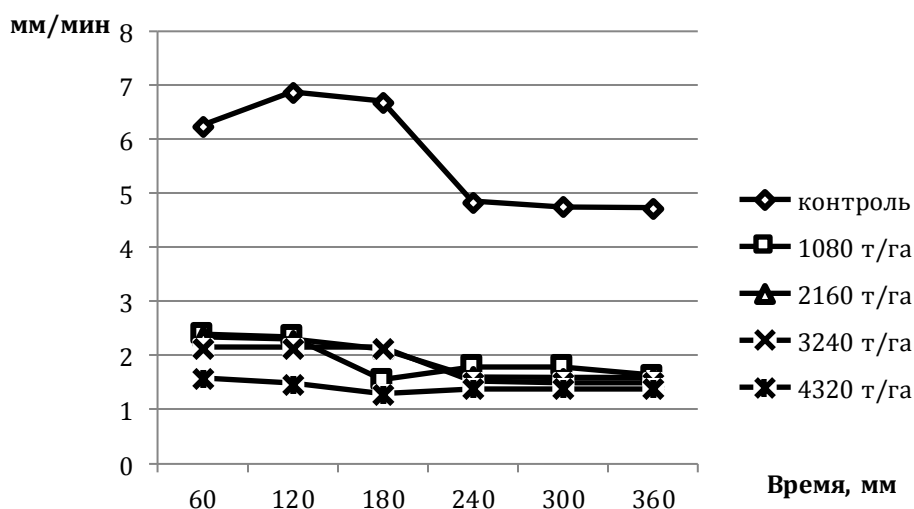


Рис. 1 – Влияние осаждения твердого стока паводковых вод на водопроницаемость почв мм/мин (Н=5, t=10°).

Высокая водопроницаемость за весь период наблюдений обусловлена повышенной активной пористостью и каменистостью подстилающих пород. Постепенное снижение водопроницаемости к шестому часу (1,39-1,64 мм/мин) связано с закупоркой пор по всему профилю изученных вариантов илистыми частицами в процессе коагуляции. Таким образом, окультурирование каменистых почв твердым стоком паводковых вод стабилизирует их водопроницаемость и положительно сказывается на их водном режиме.

**Агрохимические свойства почв, урожайность.** Воды реки Гюльгеричай относится к гидрокарбонатно-кальцевой и вполне пригодны для орошения сельскохозяйственных культур. Химический состав ее представлен главным образом ионами:  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  и относятся категориям «хорошим», где сухой остаток не превышает 0,226%.

Характерной особенностью твердого стока паводковых вод является низкое содержание в них подвижного фосфора, обменного калия и гидролизующего азота (табл.3), которое составляет соответственно 1,90, 1,5 и 2,60 мг на 100 г почвы. За поливной сезон на каждый гектар орошаемого поля с речными наносами поступает в среднем 4,5 кг гидролизующего азота, подвижного фосфора – 10,7 кг, обменного калия – 60 кг и гумуса – 125 кг.

Таблица 3 – Химический состав твердого стока паводковых вод р. Гюльгеричая (2013-2015 гг.)

Периоды отбора проб	Годы	Подвижные формы в мг/100 г почвы			
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	гумус, в %
Весеннего паводка	2013	1,82±0,10	15±0,33	2,60±0,22	1,98±0,30
	2014	1,74±0,22	12±0,18	1,53±0,09	2,0±0,22
	2015	1,90±0,16	13±0,17	1,90±0,12	1,70±0,18
Летнего паводка	2013	1,12±0,15	7,4±0,13	0,75±0,05	1,60±0,17
	2014	0,90±0,07	5,9±0,14	1,10±0,16	1,58±0,12
	2015	0,69±0,20	3,6±0,05	0,80±0,06	1,66±0,09
Осеннего паводка	2013	0,32±0,11	5,2±0,04	0,60±0,07	1,55±0,05
	2014	0,70±0,07	4,7±0,12	0,52±0,10	1,67±0,07
	2015	0,53±0,06	3,4±0,15	0,62±0,11	1,47±0,16

Приемы по окультуриванию почв твердым стоком паводковых вод за 3 года привело и к изменению содержания органических и питательных веществ (табл. 4). Такие изменения связаны с поступлением и осаждением наилка. Большое содержание гумуса и фосфора с доступной влагой повлияло и на урожайность посев многолетних трав и кукурузы. Твердый сток речных вод благоприятно влияет на химический состав и водно-физические свойства почв.

Таблица 4 – Влияние массы твердого стока речных паводковых вод на физико-химические свойства слаборазвитых почв (в слое 0-30 см)

Вариант	Гумус, %	Содержание, мг/100 г почвы			Поглощенные основания, мг.экв/100 г почвы					pH
		гидро-лизуюе-мый азот	подвиж-ный фосфор	обмен-ный калий	Ca	Mg	Na	сумма	CO <sub>2</sub> карбо-натов	
многолетние травы										
Контроль – луговая слабо-развитая сильнока-менистая почва	0,65	0,10	1,07	15,4	5,13	1,95	следы	7,08	0,13	7,0
Тоже улучшен-ная с осаж-дением илистых фракций: 1080 т/га	1,82	1,12	2,30	20,5	8,12	2,12	следы	10,26	1,12	7,2
2160 т/га	2,14	1,60	2,28	22,4	9,15	3,10	следы	12,25	1,13	7,1
3240 т/га	2,68	2,68	2,37	21,8	11,6	4,60	следы	15,76	1,14	7,3
4320 т/га	2,74	2,67	2,38	23,4	11,18	4,63	следы	15,81	1,24	7,3
кукуруза										
Контроль – луговая слабо-развитая сильнока-менистая почва	0,64	0,03	0,98	13,5	5,14	1,88	следы	7,02	0,13	7,0
Тоже улучшен-ная с осаж-дением илистых фракций: 1080 т/га	1,75	0,84	1,59	19,6	8,03	2,15	следы	10,18	1,11	7,1
2160 т/га	1,82	1,10	1,60	20,3	9,10	3,05	следы	12,15	1,12	7,3
3240 т/га	2,10	1,48	2,10	21,5	11,15	4,56	следы	15,71	1,10	7,2
4320 т/га	2,71	2,43	2,15	22,6	11,17	4,60	следы	15,77	1,22	7,3

**Выводы.** Я.Т. Сундуков [15], Н.Е.Абашиева и др. [1] отмечают, что при применении орошения мутными водами наблюдается незначительный эффект удобрения почв. Однако потребность сельскохозяйственных культур в элементах питания не может быть полностью удовлетворена за счет содержащихся в них элементов. Хотя в связи с несбалансированностью по отдельным элементам питания и неодинаковой их доступностью для растений. При этом наблюдается также вымывания части питательных веществ.

В наших исследованиях наблюдается низкая обеспеченность всеми элементами питания растений по всем вариантам, однако на вариантах с кольтматационным слоем почвы имеют тенденции к улучшению по сравнению с контролем.

Таким образом, в сравнительно короткий промежуток времени (3 года) при систематическом осаждении наносов на поверхности сильнокаменистых почв при одновременном возделывании сельскохозяйственных культур, удалось увеличить содержание гумуса по сравнению с контролем в 3...4 раза, гидролизующего азота – в 14...15, фосфора – в 2, обменного калия – 1,5 раза и достигает соответственно до 2,68, 2,38, 23,4 мг/100 г почвы, сумма поглощенных оснований в почве с 7,08 увеличивается до 10,26...15,81 мг.экв/100 г почвы, тем самым повысить потенциальное и эффективное плодородие этих почв.

### Литература

1. Абашиева Н.Е. и др. Свойства и плодородие орошаемых аллювиальных луговых почв в зависимости от качества поливных вод // Почвоведение, - 2001. - №3. - С.348-357.
2. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1976. – 656 с.
3. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1975. – 630 с.
4. Бондарев А.Г. Изменение физических свойств и водного режима почв при орошении // Проблемы почвоведения, М.: Наука, 1982. –С.25-28 .
5. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М., 1986.- 416 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта – М.: Колос, 1979. – 416 с.
7. Ковда В.А.. Повышение плодородия и мелиорация почв в орошаемых районах // Почвоведение, №7, 1954. - 110с
8. Ковда В.А., Захарина Г.В., Шемякина О.А. Значение ирригационных наносов р.Амударья в плодородии орошаемых почв // Почвоведение, №4, 1959. - 132 с.
9. Ковда В.А., Корвацкий Л.А. Эрозия почв и борьба с ней в предгорьях Дагестана // Сб. «Сельское хозяйство Дагестана», АН СССР, 1946. – С.160-169.
10. Молодцев В.А. Характеристика ирригационных наносов Самаркандского оазиса // Почвоведение, №2, 1958.- 115 с.
11. Орлов Д.А. Изменение почвообразовательных процессов пустынь Средней Азии, под влиянием орошения // Сб. хозяйственное освоение пустынь Средней Азии и Казахстана. Ташкент,1934.- 255 с.
12. Розанов А.Н. О некоторых особенностях культурно-ирригационных наносов // Почвоведение, №12, 1948. - 56 с.
13. Розанов А.Н. Значение ирригационных наносов для генезиса, плодородия и мелиорация орошаемых почв // Почвоведение, №2, 1959. - 69 с.
14. Сайпуллаева И.М., Эльдарова Э.М. Водные ресурсы Дагестана, Махачкала, 1996. - 26 с.
15. Сундуков Я.Т. Влияние орошения на химические свойства обыкновенных черноземов в Зауралья при орошении // Почвоведение, №8, 1998. – С.942-947.
16. Эстуарно-дельтовые системы России и Китая: гидролого-морфологические процессы, геоморфология и прогноз развития // под ред. В.Н.Коротаева (и др.). – М.: ГЕОС, 2007. – 445 с.
17. Judson S. Erosion of the land. – In: Focus in environmental geology, №4 etc. 1973. - 189 p.

### References

1. Abashieva N.E. i dr. Svojstva i plodorodie oroshaemyh alljivial'nyh lugovyh pochv v zavisimosti ot kachestva polivnyh vod // Pochvovedenie, - 2001. - №3. - S.348-357.
2. Agrohimiicheskie metody issledovaniya pochv. – M.: Nauka, 1976. – 656 s.
3. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv. – M.: Izd-vo MGU, 1975. – 630 s.
4. Bondarev A.G. Izmenenie fizicheskikh svojstv i vodnogo rezhima pochv pri oroshenii // Problemy pochvovedeniya, M.: Nauka, 1982. –S.25-28 .
5. Vadjunina A.F., Korchagina Z.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svojstv pochv. – M., 1986.- 416 s.
6. Dospehov B.A. Metodika polevogo opyta – M.: Kolos, 1979. – 416 s.
7. Kovda V.A.. Povyshenie plodorodija i melioracija pochv v oroshaemyh rajonah // Pochvovedenie, №7, 1954.- 110s
8. Kovda V.A., Zaharina G.V., Shemjakina O.A. Znachenie irrigacionnyh nanosov r.Amudar'i v plodorodii oroshaemyh pochv // Pochvovedenie, №4, 1959. - 132 s.
9. Kovda V.A., Korvackij L.A. Jerozija pochv i bor'ba s neju v predgor'jah Dagestana // Sb. «Sel'skoe hozjajstvo Dagestana», AN SSSR, 1946. – S.160-169.
10. Molodcev V.A. Harakteristika irrigacionnyh nanosov Samarkandskogo oazisa // Pochvovedenie, №2, 1958.- 115 s.
11. Orlov D.A. Izmenenie pochvoobrazovatel'nyh processov pustyn' Srednej Azii, pod vlijaniem oroshenija // Sb. hozjajstvennoe osvoenie pustyn' Srednej Azii i Kazahstana. Tashkent,1934.- 255 s.
12. Rozanov A.N. O nekotoryh osobennostjah kul'turno-irrigacionnyh nanosov // Pochvovedenie, №12, 1948. - 56 s.
13. Rozanov A.N. Znachenie irrigacionnyh nanosov dlja genezisa, plodorodija i melioracija oroshaemyh pochv // Pochvovedenie, №2, 1959. - 69 s.
14. Sajpullaeva I.M., Jel'darova Je.M. Vodnye resursy Dagestana, Mahachkala, 1996. - 26 s.
15. Sundukov Ja.T. Vlijanie oroshenija na himicheskie svojstva obyknovennyh chernozemov v Zaural'ja pri oroshenii // Pochvovedenie, №8, 1998. – S.942-947.
16. Jestuarno-del'tovye sistemy Rossii i Kitaja: gidrologo-morfologicheskie processy, geomorfologija i prognoz razvitija // pod red. V.N.Korotaeva (i dr.). – M.: GEOS, 2007. – 445 s.
17. Judson S. Erosion of the land. – In: Focus in environmental geology, №4 etc. 1973. - 189 p.

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.189

Долгирев А.В.<sup>1</sup>, Забелин С.А.<sup>2</sup>, Кондракова С.А.<sup>3</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-7835-1503, аспирант; <sup>2</sup>аспирант; <sup>3</sup>магистр,

Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова

РАЗРАБОТКА ЗЕМЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И СОЗДАНИЯ УСТОЙЧИВЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ

## Аннотация

*В статье произведена оценка основных показателей почвенного плодородия пахотных земель и деградационных процессов в правобережье Саратовской области с использованием геоинформационных и беспилотных технологий, даны рекомендации для землепользователей по рациональному использованию земель на основе устойчивого адаптивно-ландшафтного земледелия. На основе мониторинговых данных разработан комплекс мер, позволяющих эффективно влиять на сохранение, восстановление почв и повышение устойчивости агроландшафтов.*

**Ключевые слова:** агроландшафт, плодородие, ГИС, ЗИС.

Dolgirev A.V.<sup>1</sup>, Zabelin S.A.<sup>2</sup>, Kondrakova S.A.<sup>3</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-7835-1503, Postgraduate student; <sup>2</sup>Postgraduate student; <sup>3</sup>Master,

Saratov State Agrarian University named after NI Vavilov

DEVELOPMENT LAND INFORMATION SYSTEM TO ASSESS THE EFFECTIVENESS OF LAND USE  
AND BUILDING SUSTAINABLE AGROLANDSCAPES

## Abstract

*The article evaluated the main indicators of soil fertility of arable land and degradation processes in the right bank of the Saratov region with the use of geographic information and unmanned technologies, recommendations for land users on the rational use of land based on sustainable adaptive-landscape agriculture. On the basis of monitoring data it has developed a set of measures to effectively influence the conservation, soil rehabilitation and improving the sustainability of agricultural landscapes.*

**Keywords:** agrolandscape, fertility, GIS, LIS.

В 2010 г. Правительством Российской Федерации была одобрена Концепция развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения на период с 2010 по 2020 г. Подобные исследования почвенного покрова невозможны без картографической основы материалов почвенных обследований: почвенных карт, агрохимических картограмм и картограмм эрозионных земель, той базы, на которой должны строиться мероприятия по кадастровой оценке и мониторингу земель сельскохозяйственного назначения.

Проведение агроэкологического мониторинга земель с использованием данных дистанционного зондирования Земли и современных способов обработки данных при помощи специализированных продуктов является актуальной проблемой, которая решается в научной работе.

Объектом исследования является территория Аткарского района Саратовской области, а именно – Елизаветинское муниципальное образование. Основной тип агроландшафта на этой территории – склоново-ложбинный почвозащитный. Территория муниципального образования относится к первому агроклиматическому району Саратовской области, который характеризуется умеренно-континентальным климатом. Почвенный покров территории хозяйства в основном представлен чернозёмами обыкновенными средне и малогумусными различной степени смытости и механического состава.

При изучении вопросов устойчивости ландшафтов, важно определить их основные характеристики, рассчитав ряд коэффициентов:

- коэффициент изрезанности территории (1,4 км/км<sup>2</sup>) – показывает, что данная территория имеет сильную расчлененность оврагами;
- коэффициент распаханности (72,51%) – территория распахана в сильной степени;
- коэффициент освоенности территории (90,5%) – высокая сельскохозяйственная освоенность;
- коэффициент экологической устойчивости (0,3) – ярко выраженная нестабильность, нуждается в природоохранных мероприятиях и оптимизации землепользования.

В работе была прослежена динамика изменения средневзвешенных значений показателей почвенного плодородия Елизаветинского муниципального образования за период 1991-1998-2003-2014 гг. (рис. 1). В 1991 году почвы большей части территории пашни на площади 7875 га (около 60%) входят в группу с повышенным содержанием органического вещества. Также значительную площадь занимают почвы со средним содержанием гумуса (5315 га). На 2014 год характеризуется как повышенное содержание гумуса на 53,7% площади пашни. Незначительно меньше земель со средним содержанием гумуса – 46,3%.

Азот для растений является одним из основных питательных элементов. Азот в почвах – единственный из биофильных элементов, который исходно отсутствует в материнских горных породах и появляется только в результате деятельности бактерий-дiazотрофов. По результатам агрохимических обследований за 1991-2014 года были составлены картограммы обеспеченности азотом пахотных земель (рис.2). Обеспеченность азотом пашни на 1991 год характеризуется в основном как средняя (84,1%). На 2014 обеспеченность азотом пашни характеризуется как средняя (61,2%) и низкая (38,8%).

Картограмма содержания подвижного фосфора в пашне на 1991-2014 гг. представлена на рис. 3. На 1991 большая часть пашни МО средне обеспечена подвижными формами фосфора – 9279,5 га, что составляет 65,92%. На 2014 наблюдается в основном средняя, повышенная и высокая обеспеченность фосфором пашни. (30,7%, 40,7% и 25,8% соответственно).

Картограммы содержания обменного калия в пашне на 1991-2014 гг. представлены на рис. 4.

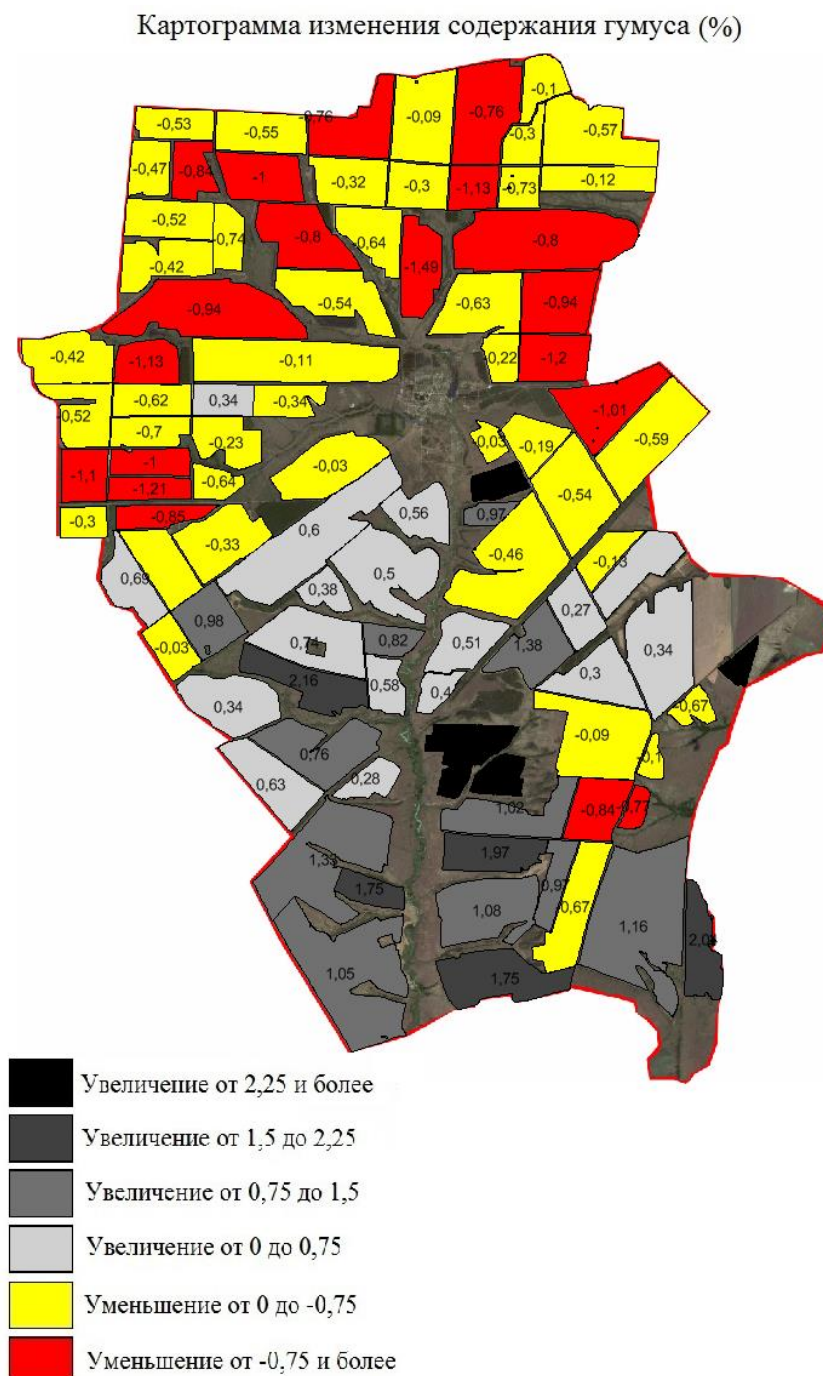


Рис. 1 – Картограмма изменения содержания гумуса в Елилаветинском МО Аткарского района Саратовской области (1991-2014 гг.)

На 1991 год обеспеченность более половины пашни характеризуется как повышенная (53,4%), значительную площадь занимают почвы с высокой обеспеченностью (32,8%), в 2014 г. характеризуется как высокая и повышенная (49% и 27%).

Эрозия возникает в результате неграмотного использования земель: обработки почвы вдоль склона, несоблюдения правил агротехники, бессистемного выпаса скота. Особенно подвергаются водной эрозии почвы, лишённые растительного покрова, а почвы легкого механического состава – и ветровой.



Картограмма изменения содержания азота (мг/кг почвы)

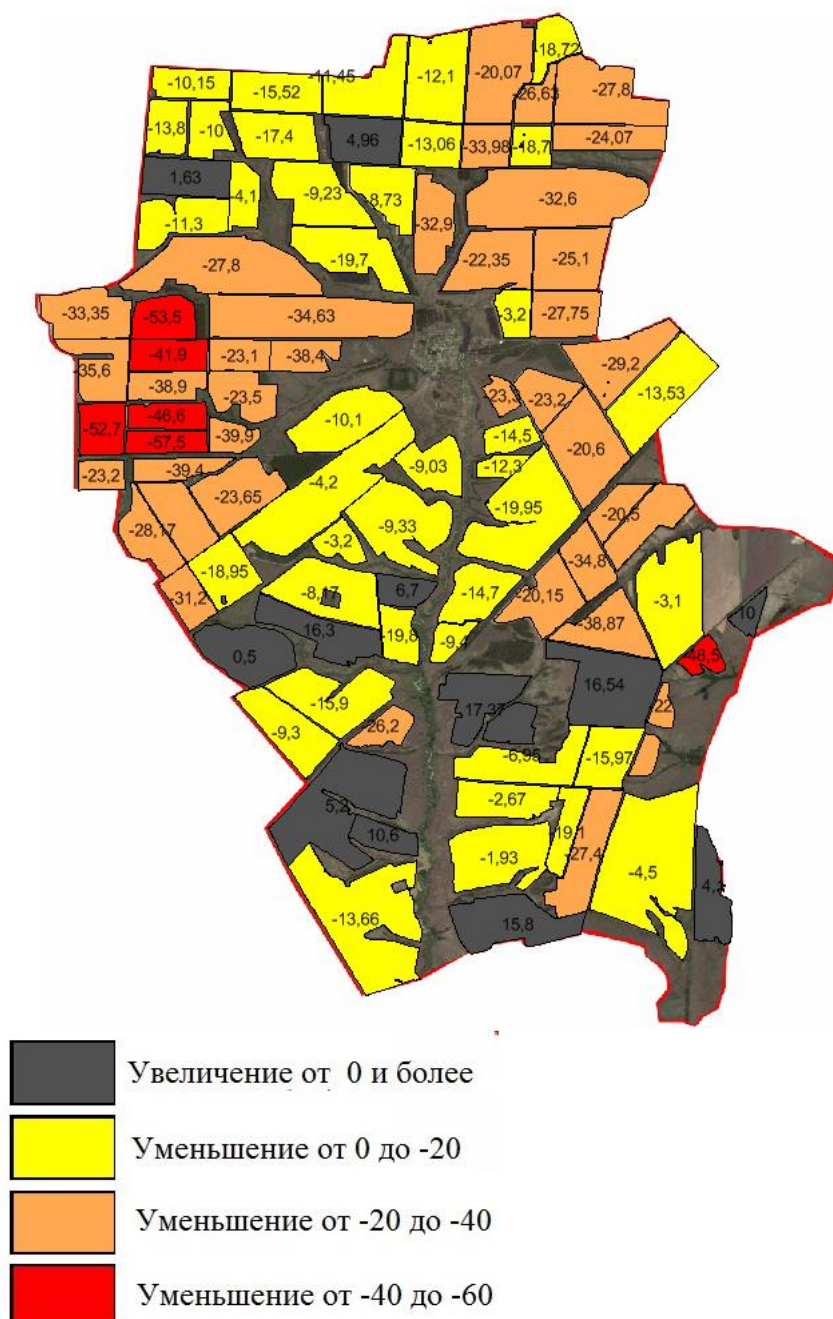


Рис. 2 – Картограмма изменения содержания азота в Елилаветинском МО Аткарского района Саратовской области (1991-2014 гг.).

По этим причинам следует разрабатывать агротехнические и противоэрозионные мероприятия. Они должны быть направлены как на уменьшение поверхностного стока, так и на повышение плодородия почв и создания водопрочной структуры.

Наибольшее распространение на исследуемой территории получила плоскостная водная эрозия. Площадь земель, подверженных ей, составляет 15428 га, или 82 % общей площади. Из них: подвержены слабой плоскостной эрозии 10902 га, средней – 4097 га, сильной – 429 га. Линейной эрозии подвержено 511 га, линейно-плоскостной – 247 га. Земли, подверженные слабой ветровой эрозии, занимают 318 га.

## Картограмма изменения содержания фосфора (мг/кг почвы)

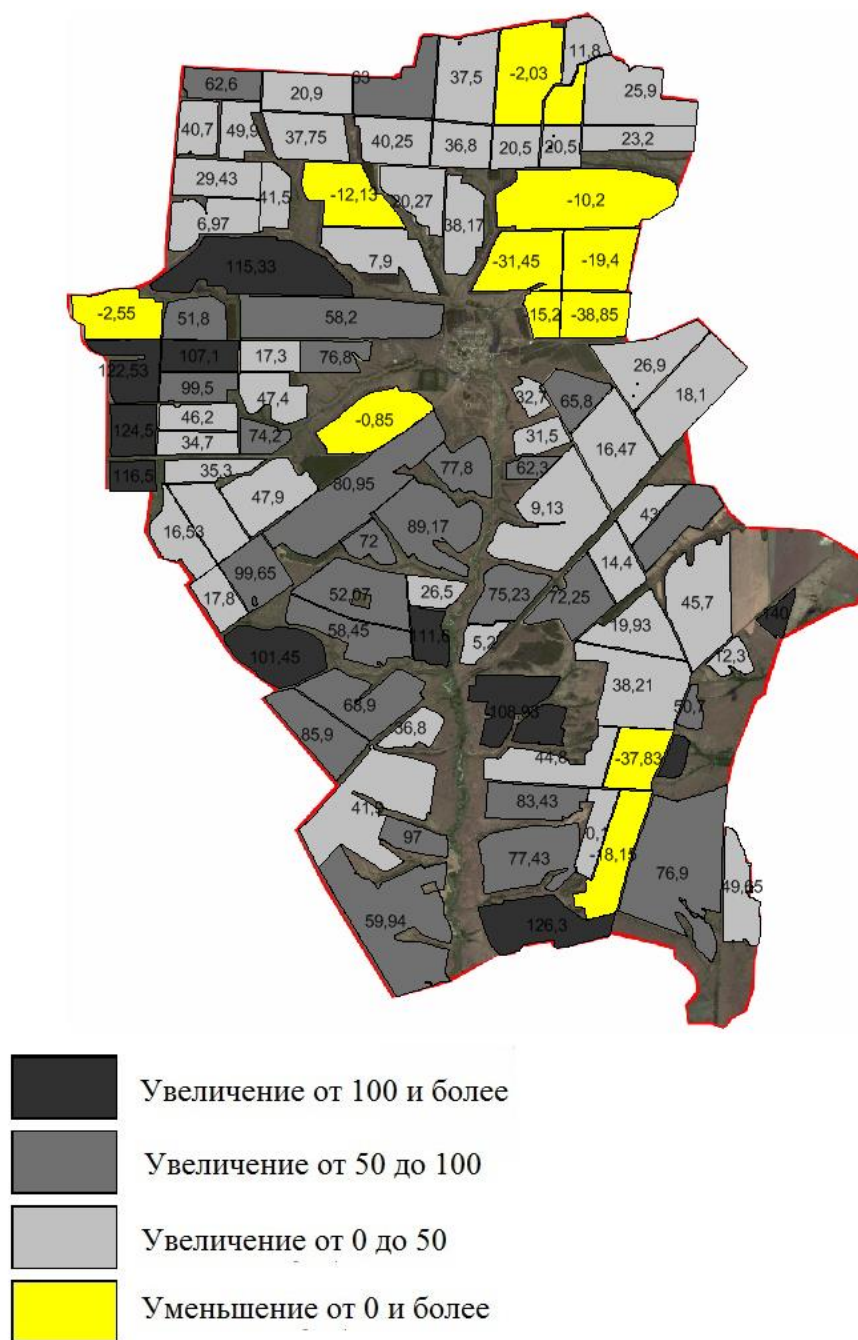


Рис. 3 – Картограмма изменения содержания фосфора в Елисаветинском МО Аткарского района Саратовской области (1991-2014 гг.)

Существующее состояние плодородия почв агроландшафтов находится далеко от оптимального, что является следствием многолетнего нерационального их использования, неадаптивности систем земледелия к особенностям рельефа. На рис. 5 наглядно представлено состояние, интенсивность и степень эродированных процессов в структуре земель муниципального образования.

На основании проведенных исследований осуществлена комплексная оценка агроэкологического состояния земель Аткарского района Саратовской области. В результате анализа определена степень проявления и развитие в МО агрохимической деградации пашни.

# Картограмма изменения содержания калия (мг/кг почвы)

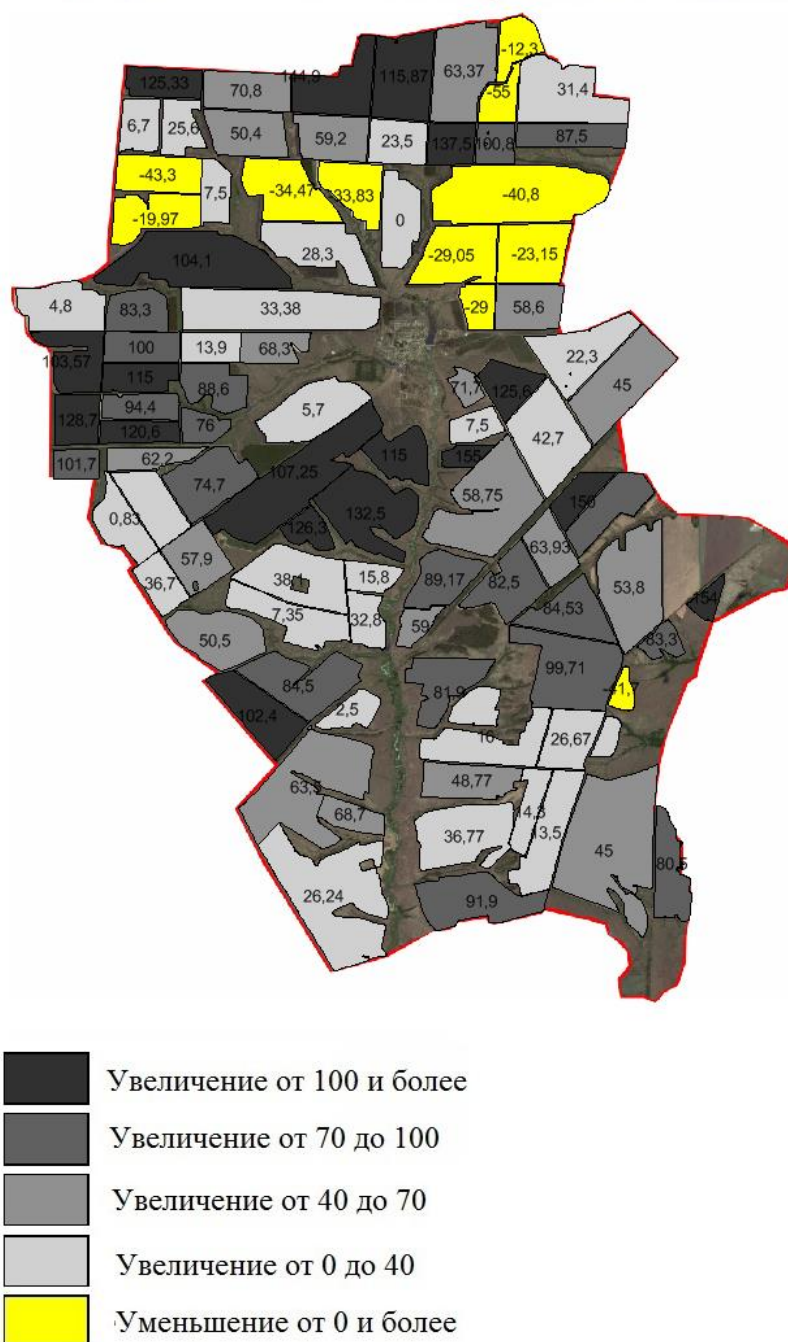


Рис. 4 – Картограмма изменения содержания калия в Елиаветинском МО Аткарского района Саратовской области (1991-2014 гг.).

## Эродированность земель

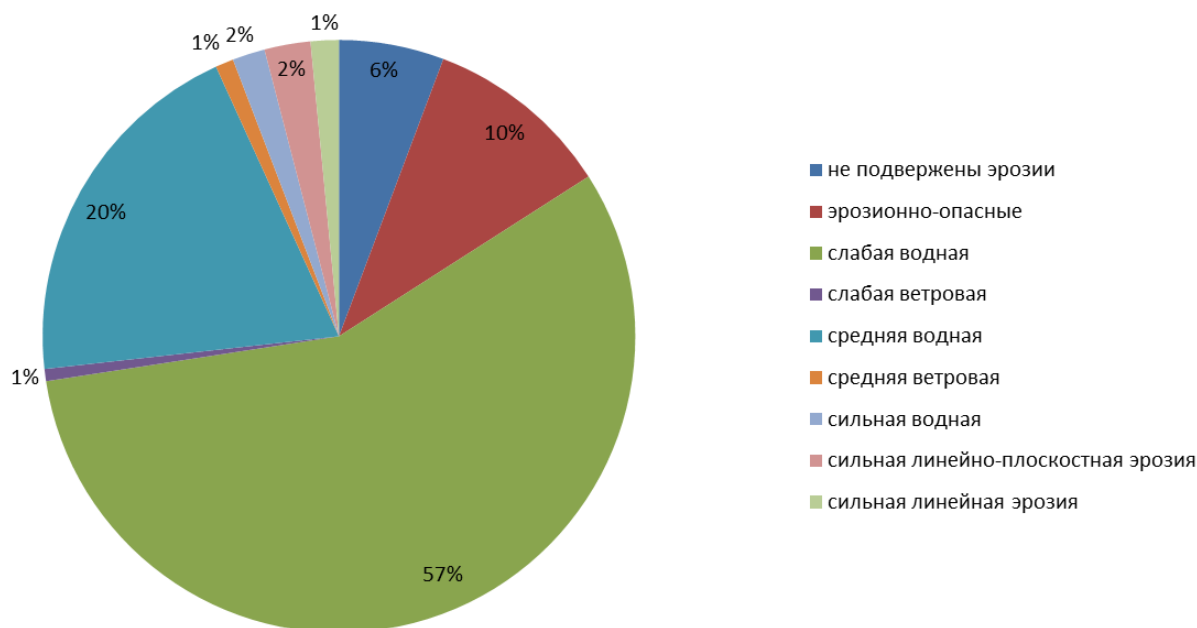


Рис. 5 – Распределение земель по степени эрозионной опасности

В западной части МО отмечается убыль гумуса и обменного калия, хотя эти изменения и не выходят за рамки групп обеспеченности: идет снижение почвенного плодородия. Проведено зонирование территории МО по категориям эрозионной опасности.

I категория объединяет земли, не подверженные эрозии. Проведения противоэрозионных и иных специальных мероприятий на почвах I категории не требуется.

Во II категория вошли земли, подверженные слабой водной и ветровой эрозии. Для прекращения эрозии необходимо применять простейшие противоэрозионные мероприятия, оптимальные сроки обработки почвы, обработку почвы и посев поперек склона, периодическую глубокую вспашку.

III категория - земли подверженные средней водной эрозии. рекомендуется те же мероприятия, что и для II категории, и кроме того специальные: гребнистая или ступенчатая вспашка на покатых склонах, щелевание озимых и многолетних трав. Введение почвозащитного севооборота.

IV категория - земли, подверженные сильной водной эрозии и непригодные для включения в почвозащитный севооборот. Они могут быть использованы под пастбища с нормированным выпасом и применением поверхностного или коренного улучшения.

Таким образом, современные ГИС-технологии являются мощным средством моделирования и пространственного анализа геосистем, применяемых для различных научных и практических задач.

### Литература

1. Долгирев, А.В. Применение компьютерных технологий при проведении мониторинга земель/Долгирев А.В., Кондракова С.А.//Кадастр недвижимости и мониторинг природных ресурсов: Сборник статей всероссийской научно-технической конференции. – Тула, Омега, 2015.-246 с. С. 159-162.
2. Долгирев, А.В. Современные методы мониторинга сельскохозяйственных угодий [Текст]/А.В. Долгирев, Е.Н. Калашникова//Инновационные технологии и технические средства для АПК. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2015.–С. 83-88.
3. Забелин, С.А. Применение ГИС-технологий при агроэкологическом мониторинге пахотных угодий [Текст]/С.А. Забелин, Р.Р. Гафуров// Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 15-летию создания кафедры "Землеустройство и кадастры– Саратов: ООО "Центр социальных агроинноваций СГАУ", 2015.–С.116-121.
4. Тарбаев, В.А. Использование беспилотных систем для уточнения площади полей землепользователей [Текст]/В.А. Тарбаев, А.В. Долгирев, К.Д. Минаева//Вавиловские чтения – 2015.–Саратов: ООО «Амирит».–С. 261-262.

### References

1. Dolgirev, A.V. Primenenie komp'yuternykh tehnologij pri provedenii monitoringa zemel'/Dolgirev A.V., Kondrakova S.A.//Kadastr nedvizhimosti i monitoring prirodnyh resursov: Sbornik statej vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. – Tula, Omega, 2015.-246 s. S. 159-162.
2. Dolgirev, A.V. Sovremennye metody monitoringa sel'skhozajstvennyh ugodij [Tekst]/A.V. Dolgirev, E.N. Kalashnikova//Innovacionnye tehnologii i tehnicheskie sredstva dlja APK. – Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. Imperatora Petra I, 2015.–S. 83-88.



3. Zabelin, S.A. Primenenie GIS-tehnologij pri agrojekologicheskom monitoringe pahotnyh ugodij [Tekst]/S.A. Zabelin, R.R. Gafurov// Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj 15-letiju sozdanija kafedry "Zemleustrojstvo i kadastry" – Saratov: OOO "Centr social'nyh agroinnovacij SGAU", 2015.–S.116-121.

4. Tarbaev, V.A. Ispol'zovanie bespilotnyh sistem dlja utochnenija ploshhadi polej zemlepol'zovatelej [Tekst]/V.A. Tarbaev, A.V. Dolgirev, K.D. Minaeva//Vavilovskie chtenija – 2015.–Saratov: OOO «Amirit».–S. 261-262.

**DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.130**

**Игнатов Е.И.<sup>1</sup>, Санин А.Ю.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Доктор географических наук, профессор,

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова,

<sup>2</sup>Кандидат географических наук, Государственный океанографический институт им. Н.Н.Зубова

# **СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ**

**Аннотация**

*Цель исследования- представить берег как совокупность береговых морфосистем. В Крыму их насчитывается не менее сорока. Применение системного подхода в береговедении позволяет оценить пространственные границы различных видов антропогенного воздействия на природные ландшафты, ведь в пределах отдельно взятой системы оно проявляется, как правило, куда лучше, чем за ее пределами.*

*За последние 30 лет в Крыму произошли значительные политические и экономические перемены, которые не могли не отразиться на структуре природопользования в пределах береговых морфосистем и не могли не повлиять на систему взаимоотношений «человек-природа». Одна из задач, решенная в статье - выделение для рассматриваемого времени четыре периода природопользования, описание ключевых изменений в хозяйственной деятельности во время каждого из них и их влияние на природную составляющую береговых морфосистем полуострова. К задачам также относится и выявление конфликтов между типами природопользования.*

*Береговые морфосистемы могут быть выделены для большинства прибрежных районов мира, что позволит повысить эффективность управления природопользованием.*

**Ключевые слова:** береговые морфосистемы, Крым, природопользование.

**Ignatov E.I.<sup>1</sup>, Savin A.Yu.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>PhD in Geography, Professor, Lomonosov Moscow State University,

<sup>2</sup>PhD in Geography, Zubov State Oceanographic Institute

# **A SYSTEM APPROACH IN ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF THE COASTAL ZONE**

**Abstract**

*The goal of the research is to consider coasts as a sum of coastal morfosystems. there are not less than forty systems in the Crimea. Using systematic approach permits us to reveal spatial boundaries of various kinds of human impact on natural landscapes. As a rule it appears much better within a definite system than outside. During the last 30 years in the Crimea significant political and economic changes have taken place in the Crimea. This fact greatly affected land-using within the coastal morfosystem as well as to the relationship within "man-nature" system as a whole. One of the problems which have been solved in the article is the detection of four periods for the last 30 years. Which of them is characterized by changes in economic activity in each of them and their impact on the natural component of the coastal morfosystems. Detection of conflicts between different types of land-using have been also performed. Coastal morfosystemys can be detected for most coastal areas of the world, which will increase the efficiency of environmental management.*

**Keywords.** Coastal morfosystems, The Crimea, Land-using

**П**од береговыми морфосистемами (в дальнейшем - БМС) понимают «комплексы форм рельефа абразионного, денудационного и аккумулятивного происхождения, созданные совокупным действием флювиальных, склоновых, эоловых и биогенных, техногенных и береговых процессов. Это такой участок береговой зоны, который образует единое морфолитодинамическое целое с прилегающей к нему частью приморья (или побережья) и взморья, с которыми он в ходе рельефообразования обменивается потоками вещества и энергии» (Игнатов, 2004, с.27-28) (от 1-го до 4-го), что было доказано эмпирически (Игнатов, 2003).

Мористая граница БМС совпадает с таковой для береговой зоны и проводится по максимальной глубине воздействия морских волн на дно. Граница на суше, по Е.И. Игнатову (2004), проводится двумя способами:

1. По водоразделам речных бассейнов рек или временных водотоков, впадающих в море в пределах данной БМС, если их порядок- 1-4.

2. По границе приустьев и части речной долины водотоков больше 4-го порядка, ограниченной первой надпойменной террасой.

В ходе предшествующих работ для всего Крымского побережья были выделены и картографированы БМС, нанесены на карту (см. рисунок 1) их границы; каждая БМС была достаточно детально охарактеризована, что впоследствии было оформлено в табличном виде. Фрагмент данной таблицы приводится в таблице 1. Всего для Крыма выделяется порядка сорока БМС.

Таблица 1 – Характеристика береговых морфосистем на участке побережья от Севастополя до Ялты

<b>Местоположение</b>	<b>Особенности рельефа</b>	<b>Неблагоприятные и опасные явления</b>	<b>Воздействие человека на прибрежную полосу, входящую в БМС</b>	<b>Степень остроты воздействия на БМС</b>
м.Херсонес-м Фиолент	планомерное повышение высоты клифа с 10-15 до 100-150м. Широкое развитие прибрежного карста.	оползни, обвалы, угроза землетрясения, абразия, прибрежный карст	дачная и купально-пляжная рекреация, военные базы	средняя
м. Фиолент-м. Балаклавский	Балаклавская бухта, очень узкая, и глубоко вдающаяся в берег. Она является примером берега риасового типа	оползни, обвалы, угроза землетрясения. Техногенный оползень, засыпавший значительную часть пляжа Васили	дачная и купально-пляжная рекреация, военные базы, горно-рудная промышленность (добыча известняка)	сильная, в районе Балаклавы – весьма сильная
м.Балаклавский- м. Айя	отдельные пляжи, значительная высота клифа: до 300-400 м. Преобладание берегов, неизмененных морем. В пределах Балаклавы - преобразованный человеком рельеф, техногенные берега, карьеры на окраине города	оползни, обвалы, угроза землетрясения	селитебное природопользование, купально-пляжная рекреация, пешеходный туризм	слабая, в пределах ландшафтного заказника «мыс Айя»- незначительная
м. Айя-м. Сарыч	планомерное снижение высоты клифа. Каменный хаос «Крымская Африка»-нагромождение продуктов обвалов в районе Ласпи	оползни, обвалы, угроза землетрясения, абразия, линейная эрозия	берегоукрепление, рекреационная инфраструктура, купально-пляжная рекреация, пешеходный туризм, южнобережная автотрасса.	от незначительно й на мысе Айя до сильной в районе Ласпи
м.Сарыч - Кацивели	широкое развитие склоновых процессов заметно усложняет рельеф. Обилие конусов выноса.	оползни, обвалы, угроза землетрясения, абразия, линейная эрозия	берегоукрепление, рекреационная инфраструктура, купально-пляжная рекреация, пешеходный туризм, южнобережная автотрасса селитебное природопользование.	главным образом, сильная, реже средняя
Кацивели-Симеиз	широкое развитие склоновых процессов заметно усложняет рельеф. Обилие конусов выноса.	оползни, обвалы, угроза землетрясения, абразия, линейная эрозия.	селитебное природопользование, берегоукрепление, рекреационная инфраструктура, купально-пляжная рекреация, пешеходный туризм, южнобережная автотрасса	главным образом, сильная, реже средняя
Симеиз-Мисхор	широкое развитие склоновых процессов заметно усложняет рельеф. Обилие конусов выноса.	оползни, обвалы, угроза землетрясения, абразия, линейная эрозия	селитебное природопользование, берегоукрепление, рекреационная инфраструктура, купально-пляжная рекреация, пешеходный туризм, южнобережная автотрасса	главным образом, сильная, реже средняя

Окончание табл. 1 – Характеристика береговых морфосистем на участке побережья от Севастополя до Ялты

Местоположение	Особенности рельефа	Неблагоприятные и опасные явления	Воздействие человека на прибрежную полосу, входящую в БМС	Степень остроты воздействия на БМС
Мисхор-Гаспра	широкое развитие склоновых процессов заметно усложняет рельеф. Обилие конусов выноса.	оползни, обвалы, угроза землетрясения, абразия, линейная эрозия	селитебное природопользование, берегоукрепление, рекреационная инфраструктура, купально-пляжная рекреация, пешеходный туризм, южнобережная автотрасса	главным образом, сильная, реже средняя
Гаспра-Никита (м. Мартыян)	в пределах Ялты рельеф в значительной степени преобразован человеком, часть берега стало техногенным	оползни, обвалы, угроза землетрясения, абразия, линейная эрозия	селитебное природопользование, Ялтинский пассажирский порт, берегоукрепление, рекреационная инфраструктура, купально-пляжная рекреация, пешеходный туризм, южнобережная автотрасса	от слабой (мыс Мартыян) до весьма сильной (Ялтинской порт и набережная). Преобладает сильная

Береговые системы равнинной и горной частей полуострова имеют существенные отличия друг от друга. Они отличаются площадями сухопутной и морской частей, степени выраженности границ, особенностям внутренней структуры, возрасту, скорости эволюции, наборами внутренних и внешних связей и их характеристикам, набору и особенностям геоморфологических процессов на своей территории, антропогенному воздействию и т.д. Однако существуют характеристики, общие для всех БМС регионов Крыма в целом или даже всего полуострова. Например, сейсмическая угроза характерна для всех без исключения южнобережных БМС. Важное значение для динамики систем имеет наличие или отсутствие временных и постоянных водотоков и их характеристики, так как этим во многом определяется приходящая часть баланса наносов. Последняя, в свою очередь, оказывает решающее воздействие на динамику берегов и соотношение процессов абразии и аккумуляции в их пределах.

Информация о последствиях той или иной хозяйственной деятельности имеет важное значение для принятия решений в стратегическом планировании развития территорий и управления природопользованием на них, так как позволяет оценить риски того или иного шага, что, соответственно, позволит повысить эффективность управления природопользованием в прибрежной зоне



Рис. 1 – Пример картосхемы с выделенными БМС для Крыма: картосхема БМС восточной части Южного берега Крыма

Применение системного подхода в природопользовании позволяет определить пространственные границы того или иного воздействия человека. За пределами конкретной взятой БМС, в которой оно имеет место, оно проявляется уже значительно слабее. Соответственно, системный подход позволяет точнее и с меньшими искажениями в большую или меньшую сторону оценить последствия тех или иных видов антропогенного воздействия для природных ландшафтов. Например, перекрытие рек плотинами уменьшает объемы поступления твердого стока в море, что обуславливает дефицит наносов, но, прежде всего, только в пределах той БМС, где это имеет место, так как каждой

БМС свойственен свой баланс наносов. Изъятие грунтов в мористой части береговых морфосистем для строительных нужд приводит к дефициту в балансе наносов, и, как следствие - к возрастанию темпов абразии или размыва берегов, но, в первую очередь, также в пределах отдельно взятой БМС. Последнее позволяет рассмотреть вопрос о добыче грунтов для строительных нужд в пределах тех береговых морфосистем, берега которых слабоосвоены и характеризуются отсутствием инженерных сооружений около уреза, которым бы угрожали абразия или размыв берегов. Впрочем, в пределах Крыма такие БМС единичны или отсутствуют; следует помнить также, что хоть береговые системы и автономны, но не лишены связей друг с другом, в том числе связаны в большей или меньшей степени потоками наносов.

За последние 30 лет Крым побывал в составе трех государств, что не могло не отразиться на структуре его природопользования, равно как и последствия политических событий, и переход от социалистического к капиталистическому типу хозяйствования. В частности, серьезные изменения имели место в ключевом типе природопользования- рекреационном, в особенности, в соотношении организованной и неорганизованно рекреации.

Для лучшего понимания происходивших и происходящих и в настоящее время изменений в природопользовании за последние 30 лет имеет смысл выделить четыре его основных этапа. Границы их не всегда четкие, но, как правило, привязаны к ключевым для полуострова историческим событиям, в частности, к развалу СССР (граница между первым и вторым этапами) и присоединением полуострова к России (граница между третьим и четвертым этапами).

**1. Поздний советский, до 1991 года.** Особенности: снижение темпов строительства рекреационной инфраструктуры, заметная роль промышленного природопользования (которая впоследствии неуклонно уменьшалась), проект строительства атомной станции в Шелково. Некоторое снижение численности рекреантов, как организованных, так и неорганизованных.

**2. Ранний украинский, 90-е годы.** Деграция рекреационной и промышленной инфраструктуры, резкое - на порядок, с первых миллионов до сотен тысяч снижение численности рекреантов, как организованных, так и неорганизованных. Острая криминогенная обстановка, национальные и межэтнические конфликты, «поезда дружбы» с материковой Украины, конфликт вокруг ЧФ РФ (что в совокупности с резким снижением уровня жизни приводит к снижению численности рекреантов до нескольких сот тысяч человек в год). Снижение (как и везде в Украине и России) численности населения. Уменьшение площадей территорий, используемых специальным, рекреационным, промышленным природопользованием. Некоторое - впервые за много десятилетий - снижение интенсивности антропогенного воздействия на береговые морфосистемы (в другие периоды оно оставалось примерно на одном уровне или нарастало).

**3. Поздний украинский, до февраля 2014 года.** Частичное восстановление существующих объектов рекреационной инфраструктуры и строительство новых, снижение доступности к берегу неорганизованных рекреантов. Угасание и замораживание межэтнических конфликтов, относительная политическая стабильность. Резкий, на порядок, рост количества рекреантов (как организованных, так и неорганизованных, суммарная численность их вновь достигает нескольких миллионов), улучшение транспортной доступности полуострова (новые ж/д и авиа рейсы и т.д.). Резкий рост площади прибрежных территорий, используемых для селитебного и рекреационного природопользования, а также для природоохранного (намечается еще во время второго этапа).

**4. Российский, с 2014 года.** Кратковременный всплеск политической нестабильности, которая, впрочем, впоследствии отчасти переходит в новое русло: усложнение отношений России и Украины. Резкое ухудшение транспортной доступности полуострова: прервано жд сообщение с Украиной и сильно осложнено автомобильное. Обострение проблем со светом и водой (как и в 90-е, во время второго этапа). Снижение в 2014 году примерно в 1,5-2 раза количества отдыхающих; с 2015 года вновь намечается тренд увеличения их числа. Санкции со стороны Украины и ЕС. Резкое уменьшение - чего никогда не было - доли неорганизованных рекреантов. Уменьшение площадей, занятых сельскохозяйственным природопользованием, особенно в пределах БМС Северного и Западного Крыма, уничтожение орошаемого земледелия как подотрасли сельского хозяйства (сохраняется на очень небольших участках).

Фиксация изменений в природопользовании представляется актуальной для изучения береговых морфосистем, так как в ряде случаев это оказывает существенное влияние на их динамику и функционирование. К примеру, перекрытие Северо-Крымского канала сделало экономически нерентабельным рисосеяние в Северо-западном Крыму, рисовые чеки были заброшены, что привело к уменьшению поступления наносов с них в прибрежные воды.

Все происходящие изменения в структуре природопользования не могли не отразиться и на природной динамике береговых морфосистем, оказывая на нее как положительное, так и отрицательное воздействие. Так, изменение процента распаханых территорий в пределах прибрежной зоны влияет на объемы поступления твердого стока в береговую зону. Строительство рекреационной инфраструктуры, а также жилых домов непосредственно у уреза, достаточно часто сопровождается берегоукрепительными работами, в результате которых возводятся буны, бетонные стенки и т.д; они оказывают влияние на динамику берегов и на смежных участках в пределах той или иной БМС, в меньшей степени - в пределах соседних БМС.

Взаимодействие между БМС и различными видами хозяйственной деятельности человека приведено на рисунках 2 и 3 для типичной БМС Южного, горного берега Крыма и для типичной БМС равнинной территории. Графы, приведенный на рисунках, показывает комплексность и сложность связей между природой и человеком (на них они приводятся в несколько упрощенном виде).



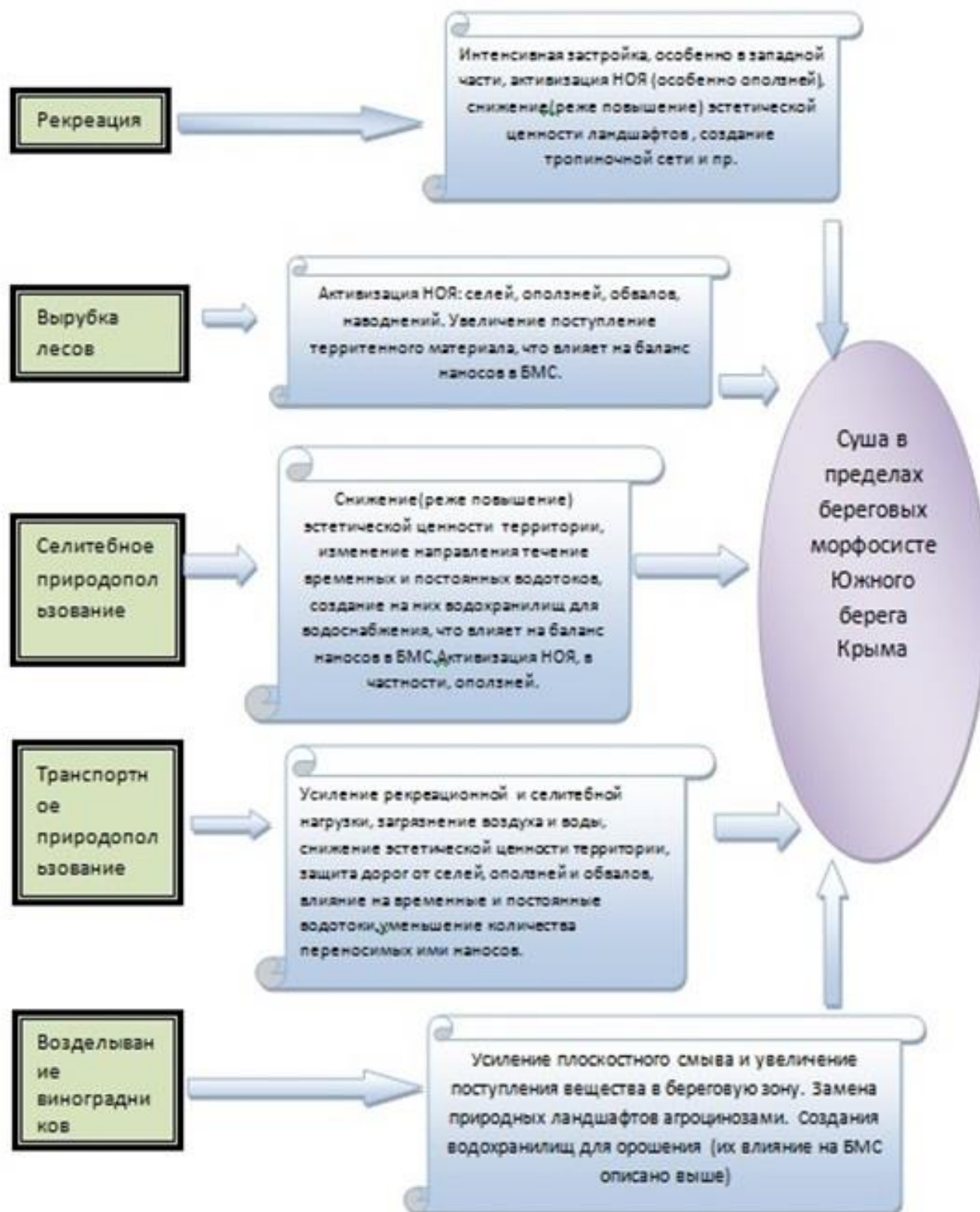


Рис. 2 – Последствия различных видов хозяйственной деятельности для типичной БМС Южного берега Крыма

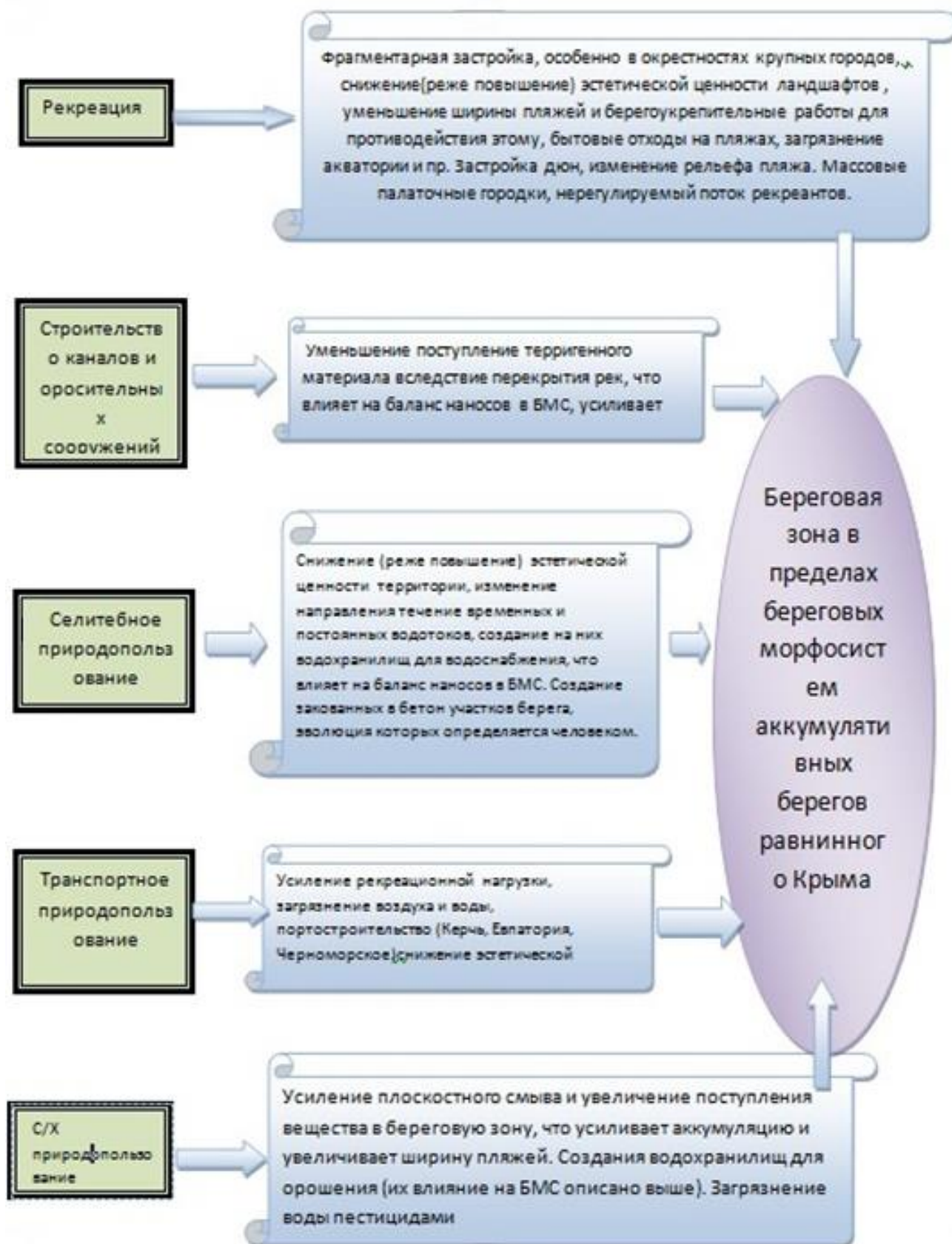


Рис. 3 – Последствия различных видов хозяйственной деятельности для типичной БМС равнинного Крыма

Между разными видами природопользования, которых, как правило, на одной и той же территории несколько, часто имеют место конфликтные отношения, которые обусловлены тем фактом, что ими для своего функционирования используется одна и та же территория с ее природными ресурсами. Наибольшей остроты такие конфликты достигают в так называемых зонах экологического напряжения, к которым могут быть отнесены все крупные прибрежные города, кроме южнобережных, и их окрестности (Севастополь, Ялта, Феодосия, Евпатория, Керчь). Характер взаимоотношений между различными типами природопользования приводится в таблице 2 ниже.

Таблица 2 – Соотношения между различными типами природопользования в Крыму.

Типы природопользования	Природо-охранный	Рекреационный	Селитебный	Транспортный	Сельскохозяйственный	Военный	Промышленный
Природо-охранный		--	--	--	--	+ --	--
Рекреационный	+++		+++	+++	--	--	--
Селитебный	---	+-		+	+	+++	+++
Транспортный	---	+++	+		+	+	+
Сельскохозяйственный	---	---	+	+		-	0
Военный	+++	---	+++	+	-		0
Промышленный	---	---	+++	+	0	0	

Взаимодействие разных видов природопользования можно рассматривать как на региональном - в данном случае, общекрымском уровне- так и на локальном. В последнем случае можно показать территориальное расположение различных типов природопользования, выявить, какие из них тяготеют к побережью (что обуславливает потенциальный конфликт между ними за «права выхода к морю»), какие- нет. Для примера приводится картосхема (рисунок 4), на которой показано природопользование на небольшом участке в районе поселка Любимовка к северу от Севастополя.

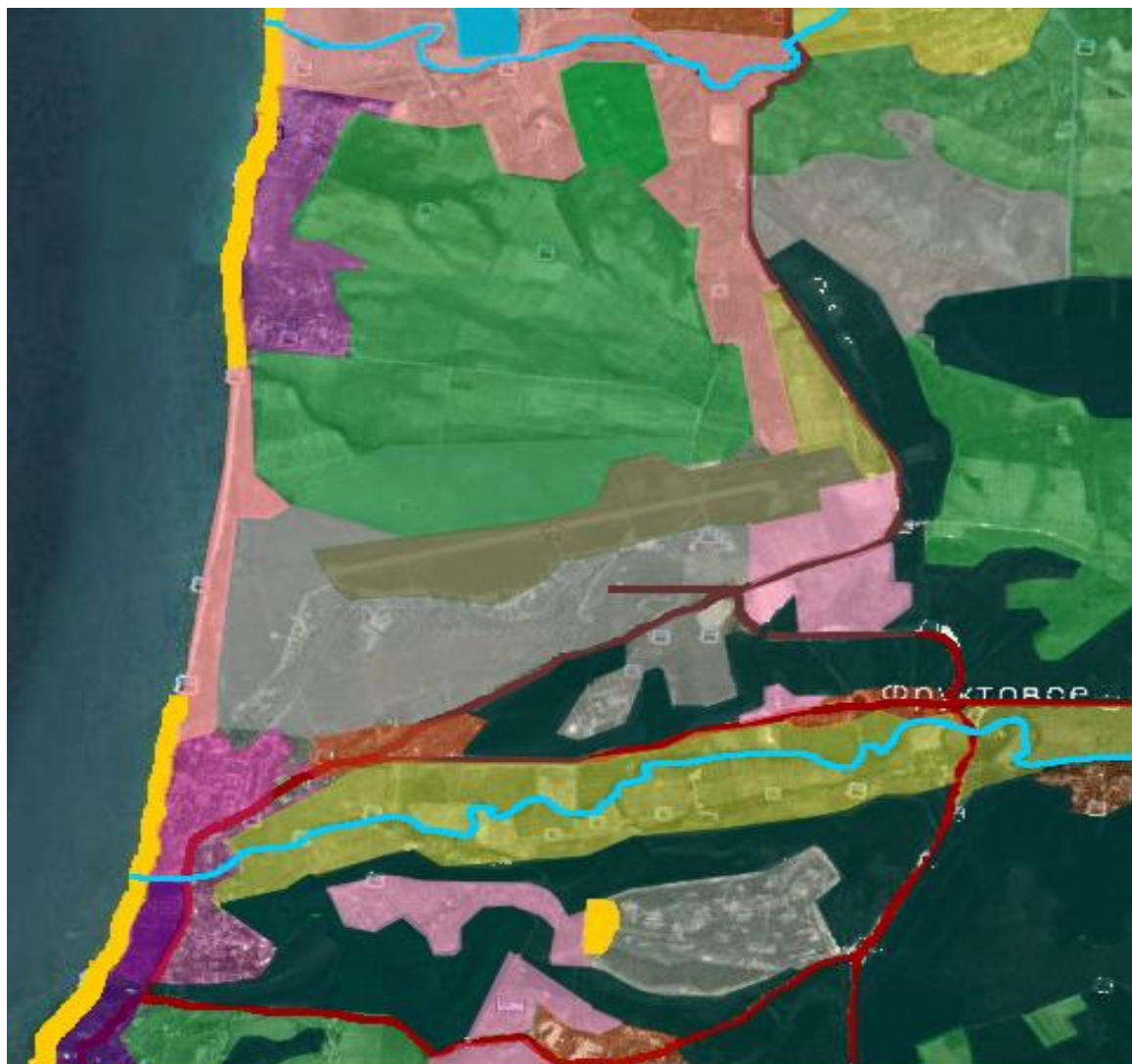


Рис.4 –Типы природопользования на ключевом участке в районе Севастополя и легенда к нему



## Типы природопользования и их пространственное распределение

	Сельскохозяйственное (пашня)		Промышленное
	Лесохозяйственное		Рекреационное
	Специальное (военное)		Селитебно-рекреационное
	Сельскохозяйственное (сады)		Селитебное
	Сельскохозяйственное (виноградники, Алуштинский участок)		Природоохранное
	Участки берега, в наибольшей степени используемые для рекреации		Слабоиспользуемые или неиспользуемые территории
	Пути сообщения		Внутренние воды (реки, лагуны, лиманы и пр.)

По рисунку видно, что рекреационное и, в меньшей степени, селитебное природопользование тяготеют к побережью, тогда как сельскохозяйственное и лесохозяйственное - нет. Кроме перечисленных, к берегу часто тяготеют военное (специальное), в некоторых случаях - транспортное и природоохранное.

### Выводы.

1. Для Крыма можно выделить не менее сорока существенно отличных друг от друга и автономных в большей или меньшей степени береговых морфосистем.

2. Применение пространственного подхода позволяет повысить эффективность управления природопользованием, так как он помогает определить пространственные границы того или иного воздействия человека на природу.

3. Влияние человека на природную компоненту береговых морфосистем многообразно и зависит от многих факторов, в частности, интенсивности хозяйственного освоения территории, структуре природопользования на ней, а также от характерных особенностей самих береговых морфосистем.

4. Между многими типами природопользования разгораются явные и скрытые конфликты, в особенности между теми из них, которые тяготеют к береговой линии.

### Литература

1. Игнатов Е.И., Орлова М.С., Санин А.Ю. Береговые морфосистемы Крыма.- Севастополь: НПП «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2014.-- 267с.
2. Патийчук И.О. Физико-географические особенности и геоэкологическое состояние природной среды полуострова Крым: Автореф. дис. канд. геогр. наук. М., 2011.-- 27 с.
3. Прыгунова И.Л. Рекреационные территории в структуре экологического каркаса Крыма: дис. канд. геогр. наук. М., 2005. -- 159с.

### References

1. Ignatov E.I., Orlova M.S., Sanin A.Ju. Beregovyye morfosistemy Kryma.- Sevastopol': NPC «JeKOSI-Gidrofizika», 2014.-- 267s.
2. Patijchuk I.O. Fiziko-geograficheskie osobennosti i geojekologicheskoe sostojanie prirodnoj sredy poluostrova Krym: Avtoref. dis. kand. geogr. nauk. M., 2011.-- 27 s.
3. Prygunova I.L. Rekreativnyye territorii v strukture jekologicheskogo karkasa Kryma»: dis. kand. geogr. nauk. M., 2005. -- 159s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.051

Паламарчук Н.А.

ORCID: 0000-0002-1825-0097, Аспирант,

Московский государственный университет геодезии и картографии

**ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ СХЕМ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА АДМИНИСТРАТИВНОГО РАЙОНА  
В УКРАИНЕ***Аннотация*

*В статье рассмотрены три вида подходов к разработке схем землеустройства административного района Украины: эколого-ландшафтный, эколого-экономический и интегральный. Доказывается, что для условий Украины наиболее целесообразно подходить к разработке схем землеустройства с точки зрения интегрального подхода.*

**Ключевые слова:** схема землеустройства, интегральный подход, устойчивый агроландшафт, агропромышленные группы почв.

Palamarchuk N.A.

ORCID: 0000-0002-1825-0097, Postgraduate student,

Moscow State University of Geodesy and Cartography

**APPROACHES IN DEVELOPMENT LAND MANAGEMENT SCHEMES OF THE ADMINISTRATIVE  
DISTRICT IN UKRAINE***Abstract*

*The article describes three kinds of approaches to the development of land management schemes administrative district of Ukraine: ecological and landscaping, ecological, economic and integral. It is proved that the conditions for Ukraine's most appropriate approach to the development of land management schemes in terms of an integrated approach.*

**Keywords:** land management scheme, an integral approach, a steady agrolandscape, agro-industrial groups of soils.

**П**ланирование и организация территорий – одна из наиболее важных составляющих стратегии территориального развития. В Украине планирование территории проводится на 4 уровнях: государственный, региональный, местный и локальный [1]. Каждому уровню соответствуют определенные виды работ и документация.

Данное исследование посвящено региональному уровню, а именно разработке схемы землеустройства административного района (далее – схема землеустройства). Цель работы – усовершенствование методов разработки схем землеустройства, как основного механизма, регулирующего планирование и охрану территории на районном уровне.

Схема землеустройства является научно обоснованным документом, в котором решается вопрос рационального использования и охраны земель на уровне района как базовой кадастровой единицы. Этот документ содержит решения проблем эколого-безопасного землепользования с учетом экономических, экологических и ландшафтных аспектов использования сельскохозяйственных земель.

Главная задача разработки схемы землеустройства – создание специального фонда земель в целях последующего его перераспределения для равноправного развития различных форм хозяйствования на земле, формирования многоукладной экономики, рационального использования и охраны земель. Таким образом, в результате разработки схемы землеустройства административного района устанавливается организационно-территориальная структура его развития.

В методических рекомендациях Российской Федерации и Украины, посвященных планированию развития территории, выделяют два основных подхода к разработке схем землеустройства: эколого-ландшафтный и эколого-экономический [2,3].

*Эколого-ландшафтный подход* базируется на признанных классических положениях о землеустройстве, его определении как социально-экономическом и эколого-хозяйственном процессе и комплексе мероприятий по формированию объективно обусловленных систем землевладения (землепользования) и земельных отношений, территориальной организации сельскохозяйственного, промышленного и иного производства с учетом охраны природной среды.

*Эколого-экономический подход* разработки схемы землеустройства способствует созданию устойчивых агроландшафтов и позволяет решать экономические задачи организации территории, не нарушая ее экологической целостности.

Предлагаемый автором данной статьи *интегральный подход* к разработке схем землеустройства основан на объединении основных элементов эколого-ландшафтного и эколого-экономического подходов и включает в себя следующие виды работ (рисунк 1):

- формирование эколого-экономической модели устойчивых агроландшафтов и их агротехнологических групп;
- оптимизацию сельскохозяйственных землепользований.

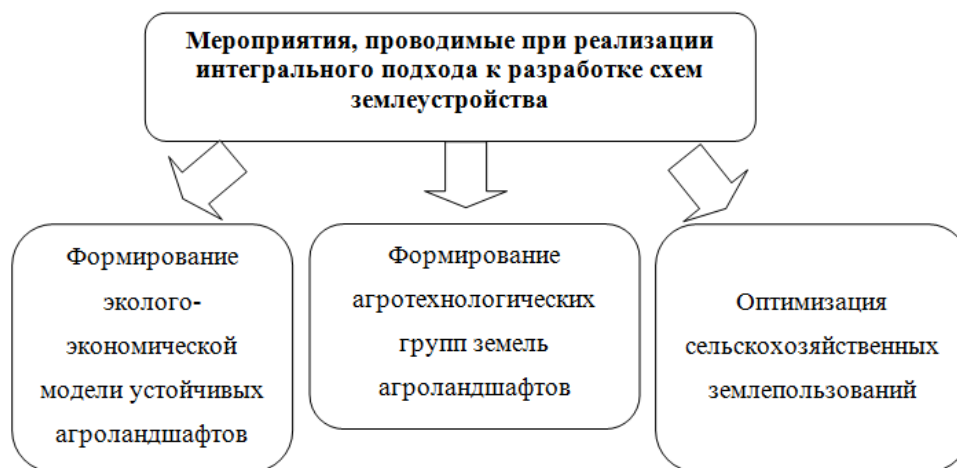


Рис. 1 – Виды работ при разработке схем землеустройства на основе интегрального подхода

*Экологически устойчивый агроландшафт* – это способность местности поддерживать сформированную структуру ее агроэкосистемы, заданные производительные и социальные функции, независимо от негативных воздействий внешних, в т.ч. антропогенных, факторов.

Экологически устойчивые агроландшафты позволяют надежно защитить почвы от деградации и, прежде всего, от эрозии и дефляции. Для этого требуется предельное уменьшение эрозионного поверхностного стока и постоянное во времени торможение ветрового потока. Достичь такого состояния агроэкосистемы местности можно путем реализации эффективных защитных почвенно-мелиоративных мероприятий постоянного действия. Со временем должна быть сформирована защитная почвенно-мелиоративная пространственная структура культурного агроландшафта с соответствующим оптимальным составом угодий.

Как известно, основой почвозащитной системы земледелия является противоэрозионная организация территории, а в условиях пересеченного, сложного рельефа – контурная организация территории. Последняя заключается в создании экологически однородных рабочих участков с учетом потенциального размещения по направлению горизонталей местности постоянных и временных линейных базисных рубежей территории (лесополосы, дороги, гидротехнические сооружения, буферные полосы). Контурная организация территории искусственно расчленяет эрозионно-опасную площадь на отдельные участки с целью ослабления отрицательного «лавиного эффекта» стока вод, разрушающего почву.

В целях формирования *агротехнологических групп земель агроландшафтов* пахотные земли распределяются по агротехнологическим группам (таблица 1).

Таблица 1 – Агротехнологические группы почв по пригодности их использования в сельскохозяйственном производстве

№ п.п.	Наименование технологических групп земель	Технические характеристики			Рекомендации
		Уклон склона, (°)	Эродированность	Шифры агропроизводственных групп грунтов	
1.	Универсальная группа I	0° - 3°	Несмытые и слабосмытые	61, 65, 71, 74, 82, 85, 121, 209	Тип севооборота - полевой; интенсивное земледелие.
2.	Почвозащитная группа II	3° - 5° (юг)	Слабосмытые	65, 74, 75, 85, 86, 99, 209	Тип севооборота - грунто-защитный; применение противоэрозионных обработок почвы, проектирование полевых защитных и стокорегулирующих лесополос.
3.	Группа консервации III	≥ 5°	Сильно-смытые	76, 87, 101, 103, 104, 139	Выведение из интенсивного использования в сельскохозяйственном производстве, проведение консервации земель
4.	Гидроморфная группа IV	Запавы		121, 133, 134, 135, 141	Тип севооборота - кормовой, овощной.

Земли I-ой агротехнологической группы образуют полнопрофильные и слабодеградированные почвы на плато и склонах до 3°, которые могут использоваться для размещения зерно-паро-пропашных севооборотов и выращивания культур по интенсивным технологиям. В группу включены широкие водораздельные плато с уклоном 0-1°, однокатные склоны простой формы с уклоном 1-2°, однокатные склоны сложной формы (1-3°), днища узких неглубоких балок (наклоны 0-1°);

Земли II агротехнологической группы образуют склоны 3-5° со слабо и среднедеградируемыми почвами, используемые с применением биологических принципов земледелия для выращивания культур сплошного посева и многолетних трав, то есть зерно-травяных или травяно-зерновых севооборотов. В группу включены узкие эрозионно-опасные плато 0-1°, односкатные склоны

простой формы 3-5°, склоны сложной формы с угловыми наклонами 3-5°, Односкатные склоны простой формы 5-7°;

Земли III агротехнологической группы образуют сильнодеградируемые почвы, подлежащие выведению из сельскохозяйственной обработки путем залужения или облесения. В группу включены односкатные склоны сложной формы (наклоны 5-7°), односкатные склоны простой формы (наклоны 7-10°);

Земли IV-ой агротехнологической группы образуют намытые болотные почвы речных пойм, используемые в кормовых севооборотах [4].

В целом классификация земель по их пригодности для выращивания сельскохозяйственных культур дает возможность определить правильное направление и характер использования земельных ресурсов сельского хозяйства на базе научно обоснованных севооборотов.

*Оптимизация сельскохозяйственного землепользования* заключается в рациональном и эффективном использовании земель сельского хозяйства.

Для этого границы массивов землепользований должны устанавливаться с учетом недопущения географической и физической чересполосицы, в том числе вызванной отчуждением техногенно-загрязненных земель. Как правило, границы территорий должны согласовываться с границами природных элементов ландшафтов (лесами, каналами, дорогами с твердым покрытием, границами участков определенной плотности техногенного загрязнения территории). Не рекомендуется разделять между несколькими хозяйствами первичные водосборные площади, где требуется создание законченного противоэрозионного комплекса [5].

В процессе изменения структуры землепользований (реструктуризации массивов землепользований) необходимо исходить из следующих требований:

- создание территориальных условий достижения высокой эффективности производства;
- массивы этих землепользований должны иметь удобный выход на дороги с твердым покрытием;
- площади отдельных массивов земель и их взаимное расположение должны обеспечивать возможности согласованного размещения групп усадеб крестьянских (фермерских) хозяйств;
- отдельные земельные участки располагаются в местах, благоприятных в инженерно-строительном, санитарном, эстетическом отношениях для расположения усадеб фермерских хозяйств;
- не должны ухудшаться условия деятельности других хозяйств;
- отдельные земельные участки должны быть достаточными для организации не менее одного товарного хозяйства определенной специализации [6].

Интегральный подход к разработке схемы землеустройства наиболее целесообразен. Он предусматривает необходимые меры по повышению производительности и охране земель, стабилизации агроландшафтов, оптимизации структуры угодий, консервации деградированных земель. При этом разрабатываются предложения по созданию благоприятных организационно-территориальных условий для ведения сельскохозяйственного производства, определяются охранные и санитарные зоны режимных объектов с соответствующими ограничениями в использовании и распоряжении землей.

### Литература

1. О регулировании градостроительной деятельности. [Электронный ресурс]: Закон Украины от 15.11.1997 N 143-ФЗ (ред. от 09.12.2015)]. // Официальный вестник Украины, 2011 г., №34, ст. 1404; 2015 г., №78, ст. 2595. Режим доступа: [http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/3038-17].
2. Приказ Государственного агентства земельных ресурсов Украины Об утверждении Методических рекомендаций по разработке схем землеустройства и технико - экономических обоснований использования и охраны земель административно - территориальных единиц. [Электронный ресурс]: от 02.10.2013, № 395. // Официальный вестник Украины, 2013 г. Режим доступа: [http://goo.gl/Yw7mks].
3. Методические рекомендации по составлению схемы землеустройства административного района. [Электронный ресурс]: от 18 июня 1991 года (ред. 01.07.2011). Режим доступа: [http://goo.gl/hIq3ii].
4. Ковалев Н.Г., Ходырев А.А., Иванов Д.А., Тюлин В.А. Агроландшафтоведение. Москва – Тверь, 2004, 490 с.
5. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. - М.: Колос, 1996, 368 с.
6. Николаев В. А. Основы учения об агроландшафтах // Агроландшафтные исследования. Методология, методика, региональные проблемы. М.: Изд-во МГУ, 1992. С. 4 – 57.

### References

1. The regulation of urban development. [Electronic resource]: the Law of Ukraine from 15.11.1997 N 143-FZ (as amended on 12.09.2015.)). // Official Bulletin of Ukraine, 2011, №34, Art. 1404; 2015, №78, Art. 2595. Access: [http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/3038-17].
2. Order of the State Agency of Land Resources of Ukraine On Approval of the recommendations on the development of land management schemes and technical - economic justification of use and protection of lands of the administrative - territorial units. [Electronic resource]: from 02.10.2013, № 395. // Official Bulletin of Ukraine, 2013. Access: [http://document.ua/pro-zatverdzhennja-metodichnih-rekomendacii-shodo-rozroblenn-doc164153.html] .
3. Guidelines for the charting of land management administrative area. [Electronic resource]: from 18 June 1991 (01.07.2011 Ed.). Access: [http://goo.gl/hIq3ii].
4. Kovalev NG, Hodyrev AA, Ivanov DA, VA Tyulin Agrolandscapevedenie. Moscow - Tver, 2004, 490 p.
5. VI Kiryushin Ecological bases of agriculture. - M.: Ear, 1996, 368 p.
6. Nikolaev VA Basic Teaching on agricultural landscapes // agrolandscape research. Methodology, methods, regional problems. M.: MGU, 1992. P. 4 – 57.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.036

Парамонов Г.П.<sup>1</sup>, Должиков В.В.<sup>2</sup><sup>1</sup> Доктор технических наук, профессор, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,<sup>2</sup> Аспирант, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВОЛНОВОГО ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ВЗРЫВЕ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ С УЧЕТОМ НАПРАВЛЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВА****Аннотация**

*В работе приводятся результаты теоретического исследования формирования волнового поля напряжений при взрыве системы скважинных зарядов. Предложена методика расчета волнового поля напряжений. Установлено влияние интервала замедления между рядами скважин и направлением инициирования на параметры волн напряжений.*

**Ключевые слова:** дробление, волновой фактор взрыва, схема инициирования, поле напряжений, направление действия взрыва, интервал замедления.

Paramonov G.P.<sup>1</sup>, Dolzhikov V.V.<sup>2</sup><sup>1</sup> PhD in Engineering, professor, National Mineral Resources University (Mining University), <sup>2</sup> Postgraduate student, National Mineral Resources University (Mining University)**CALCULATION OF WAVE FIELD STRENGTH IN THE EXPLOSION OF BLASTHOLE CHARGES GIVEN THE DIRECTION OF EXPLISIVE ACTION****Abstract**

*The paper presents the results of theoretical studies of formation of the wave field system voltage in the explosion of blasthole charges. The method of calculation of wave stress field. The effect of slowing down the interval between the rows of holes and direction of the initiation of the parameters of stress waves.*

**Keywords:** crushing, the wave of the explosion factor, initiating the scheme, the stress field, the direction of action of the explosion, the deceleration interval.

Одна из основных задач при производстве взрывных работ – получить горную массу определенного гранулометрического состава. Решение этой задачи возможно на основе полного изучения механизма разрушения среды при приложении импульсивных нагрузок, который позволяет определить оптимальные параметры импульса в конкретных горнотехнических условиях. Важную роль в механизме разрушения горных пород взрывом играют волны напряжения.

Методика расчета параметров волн напряжения была разработана авторами работ [1,2]. Данная методика совершенствовалась в работах [3,4,5].

Рассмотренные алгоритмы и программы были сильно ориентированы на типы вычислительной техники и были не очень приспособлены к проведению большого объема расчётов.

Автор работы [3] попытался учесть скорость детонации и реальную длину заряда. Он рассчитал геометрические параметры волнового фронта, возникающего вокруг заряда цилиндрической симметрии, ввёл и экспериментально определил скорость уменьшения конического участка волнового фронта. Однако, на этапе определения влияния конструктивных параметров заряда цилиндрической симметрии на формирование поля напряжений в безграничной среде, он не учёл такой важный параметр как диаметр заряда. В результате, предложенный им расчёт даёт возможность лишь качественно оценить форму волнового фронта, в зависимости от длины заряда и скорости детонации.

Автором работы [4] были устранены эти недостатки, но рассматривала процесс формирования поля напряжений от 1 удлинённого заряда, что недостаточно полно описывает реальную картину влияния напряжений на разрушение горного массива, т.к. в практике используется групповое взрывание скважинных зарядов.

В работе [5] предложена методика численного расчета параметров волнового поля напряжений от четырех скважинных зарядов. Однако, это методика не учитывала такие важные параметры БВР, как направление инициирования, количество точек инициирования. Кроме того, рассчитывались только радиальные напряжения или составляющие волны напряжений по координатным осям, что затрудняло анализ по всему расчётному полю.

В связи с изложенным, нами предлагается методика, позволяющая не только считать напряженное состояние среды от взрыва скважинного заряда или простейших систем скважинных зарядов, но и численно считать главные напряжения с учетом расположения точек инициирования, последовательности инициирования, интервала замедления между зарядами, неограниченного числа скважин, различных БВ, конструкций, в разных точках плоскости.

Алгоритм расчёта полей напряжения достаточно прост и состоит из следующих шагов.

**Шаг 1.** Для некоторой интересующей нас точки наблюдения рассчитываем зависимости напряжения от времени для единичного скважинного заряда  $k_1$  в координатах  $(R_{k1}, \varphi)$  (рис.1). Напряжения от каждого элементарного заряда рассчитываются по методике, представленной в работе [1] и далее они пересчитываются в системе координат  $(R_{k1}, N, Z)$  по формулам:



$$\begin{cases} \sigma_x(r,t) = \sum_{i=1}^n [\sigma_{xi}(r_i, z, t) \cos^2 \theta_i + \sigma_{zi}(r_i, z, t) \sin^2 \theta_i] \\ \sigma_y(r,t) = \sum_{i=1}^n \sigma_{yi}(r_i, z, t) \\ \sigma_z(r,t) = \sum_{i=1}^n [\sigma_{xi}(r_i, z, t) \sin^2 \theta_i + \sigma_{zi}(r_i, z, t) \cos^2 \theta_i] \end{cases}$$

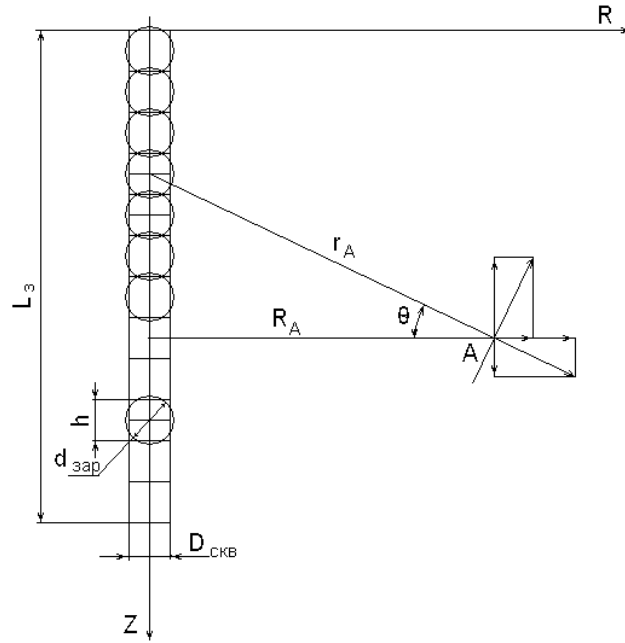


Рис. 1 – Схема расчета поля напряжений, взрывом скважинного заряда

**Шаг 2.** Аналогично рассчитываем поле напряжений, создаваемое каждым из скважинных зарядов  $k_i$  в своих координатах ( $R_{ki}$ ,  $\varphi$ ,  $Z$ ) с учётом времени замедления, точек инициирования и других особенностей  $i$ -го заряда. Затем пересчитываем напряжения от каждого из скважинных зарядов в единой системе координат ( $X, Y, Z$ ) – (рис.2) и находим суммарные напряжения в этой системе координат.

$$\begin{cases} \sigma_x(r,t) = \sum_{i=1}^n [\sigma_{xj}(r_j, y, t) \cos^2 \alpha_j + \sigma_{yj}(r_j, y, t) \sin^2 \alpha_j] \\ \sigma_y(r,t) = \sum_{i=1}^n [\sigma_{xj}(r_i, y, t) \sin^2 \alpha_j + \sigma_{yj}(r_j, y, t) \cos^2 \alpha_j] \\ \sigma_z(r,t) = \sum_{i=1}^n \sigma_{zj}(r_i, z, t) \end{cases}$$

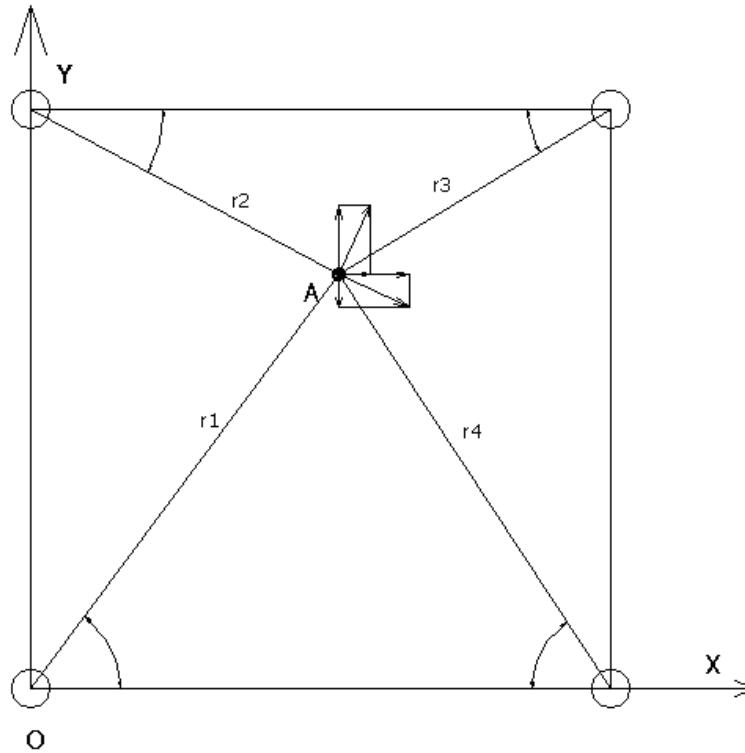


Рис. 2 –Единая система координат для четырех зарядов

**Шаг 3.** После этого находим главные напряжения

В предыдущих методиках рассчитывались проекции напряжений на координатные оси. В данной методике был сделан переход к главным напряжениям, для более точной оценки влияния параметров поля напряжения на массив горных пород. Это позволяет напрямую оценивать зону разрушения по критерию максимальных растягивающих напряжений.

В трех мерном случае уравнения, отвечающие за преобразование координатных осей, будут иметь вид [5]:

$$\sigma_{x'} = l_1^2 \sigma_x + m_1^2 \sigma_y + n_1^2 \sigma_z + 2l_1 m_1 \tau_{xy} + 2m_1 n_1 \tau_{yz} + 2n_1 l_1 \tau_{zx},$$

$$\sigma_{y'} = l_2^2 \sigma_x + m_2^2 \sigma_y + n_2^2 \sigma_z + 2l_2 m_2 \tau_{xy} + 2m_2 n_2 \tau_{yz} + 2n_2 l_2 \tau_{zx},$$

$$\sigma_{z'} = l_3^2 \sigma_x + m_3^2 \sigma_y + n_3^2 \sigma_z + 2l_3 m_3 \tau_{xy} + 2m_3 n_3 \tau_{yz} + 2n_3 l_3 \tau_{zx},$$

$$\tau_{x'y'} = l_1 l_2 \sigma_x + m_1 m_2 \sigma_y + n_1 n_2 \sigma_z + (l_1 m_2 + m_1 l_2) \tau_{xy} + (m_1 n_2 + n_1 m_2) \tau_{yz} + (n_1 l_2 + l_1 n_2) \tau_{zx},$$

$$\tau_{y'z'} = l_2 l_3 \sigma_x + m_2 m_3 \sigma_y + n_2 n_3 \sigma_z + (l_2 m_3 + m_2 l_3) \tau_{xy} + (m_2 n_3 + n_2 m_3) \tau_{yz} + (n_2 l_3 + l_2 n_3) \tau_{zx},$$

$$\tau_{z'x'} = l_3 l_1 \sigma_x + m_3 m_1 \sigma_y + n_3 n_1 \sigma_z + (l_3 m_1 + m_3 l_1) \tau_{xy} + (m_3 n_1 + n_3 m_1) \tau_{yz} + (n_3 l_1 + l_3 n_1) \tau_{zx},$$

где:  $x, y, z$  – первоначальные координатные оси,  $x', y', z'$  – новые координатные оси,  $l, m, n$  – направляющие косинусы между осями.

Для напряженного состояния существуют три взаимно перпендикулярные главные площадки, для которых составляющие нормального напряжения имеют стационарное значение (максимум, минимум или минимакс); компоненты же касательного напряжения в этих площадках равны нулю. Такие нормальные напряжения будут главными напряжениями.

$$l(\sigma_x - \sigma) + m\tau_{xy} + n\tau_{xz} = 0,$$

$$l\tau_{xy} + m(\sigma_y - \sigma) + n\tau_{yz} = 0,$$

$$l\tau_{xz} + m\tau_{yz} + n(\sigma_z - \sigma) = 0.$$

Эти уравнения позволяют определить направляющие косинусы  $l, m, n$  для главных площадок. В силу равенства  $l^2 + m^2 + n^2 = 1$  величины  $l, m, n$  не могут одновременно обратиться в ноль. Уравнения являются однородными линейными уравнениями относительно  $l, m, n$  и дают решения, отличные от нуля в том случае, если детерминант этих уравнений равен нулю. Вычисляя этот детерминант и приравнявая его к нулю, приходим к следующему кубическому уравнению относительно:

$$\sigma^3 - (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)\sigma^2 + (\sigma_x\sigma_y + \sigma_x\sigma_z + \sigma_y\sigma_z - \tau_{xy}^2 - \tau_{yz}^2 - \tau_{xz}^2)\sigma - (\sigma_x\sigma_y\sigma_z + 2\tau_{xy}\tau_{yz}\tau_{xz} - \sigma_x\tau_{yz}^2 - \sigma_y\tau_{xz}^2 - \sigma_z\tau_{xy}^2) = 0$$

Данное уравнение решается методом половинного деления. Три корня этого уравнения дают значения трех главных напряжений.

Таким образом, получаем зависимости главных напряжений от времени для некоторой расчётной точки.

**Шаг 4.** Выбираем максимальные значения главных напряжений для этой точки и повторяем расчёт для точек в некотором выбранном сечении. Далее при выполнении всех расчетов, получаем распределение максимальных главных напряжений в выбранном сечении горного массива. Иными словами, сразу получаем картину разрушения породы в выбранном сечении по критерию максимальных растягивающих и сжимающих напряжений.

Разработанная методика реализована в программной среде PASCAL.

Исходные данные, необходимые для расчёта: длина заряда, м; теплота взрывчатого превращения ВВ, Дж; скорость детонации, м/с; координата верхнего конца заряда по оси Z, м; длина заряда, м; диаметр заряда, м; скорость продольной волны, м/с; скорость поперечной волны, м/с; плотность горной породы, кг/м<sup>3</sup>; координаты точки наблюдения А, количество зарядов, шт.; количество точек инициирования, шт.; координаты точек инициирования; время замедления при инициировании между зарядами и по заряду;

После проведения всех расчетов получаем численные данные формирования поля напряжения при заданных параметрах БВР.

На рис. 3 представлено волновое поле напряжений при взрыве системы скважинных зарядов для условий карьера «Прудянский» месторождения Пруды-Моховое-Ясинское.

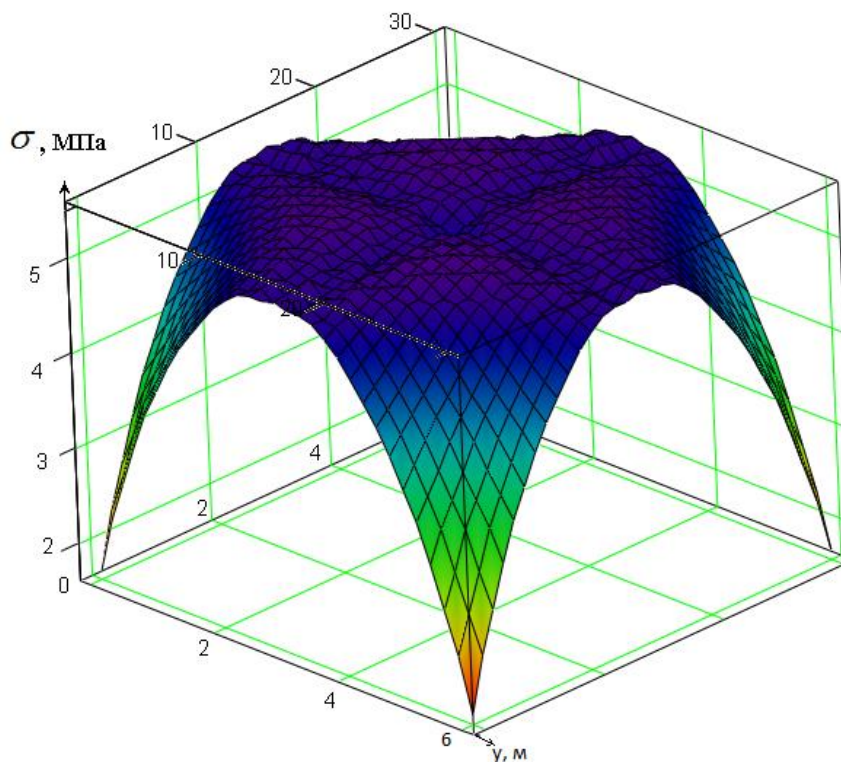


Рис. 3 – Волновое поле напряжений при взрыве скважинных зарядов

Выводы:

1. Разработана методика расчета параметров волн напряжений, позволяющая численно смоделировать напряженное состояние массива от взрыва системы скважинных зарядов с учетом последовательности их инициирования.
2. Предложенная методика позволяет оценить влияние каждого из параметров БВР на формирование поля напряжений.
3. Данная методика прошла апробацию при производстве буровзрывных работ на карьере «Прудянский» месторождения Пруды-Моховое-Ясинское и результаты расчета и опытных взрывов показали удовлетворительную сходимость.

#### Литература

1. Боровиков В.А., Ванягин И.Ф. К расчету параметров волны напряжения при взрыве удлиненного заряда в горных породах. Взрывное дело, Сб. 76/33, М., Недра, 1976.
2. Боровиков В.А., Ванягин И.Ф., Менжулин М.Г., Цирель С.В.. Волны напряжений в обводненном трещиноватом массиве./ Учебное пособие/Ленинград, 1989.
3. Ермолаев И.Ю. Автореферат на соискание уч. ст. к.т.н. дис., СПб, СПбГГИ (ТУ), 1992 г.
4. Стоянова Т.В., Управление интенсивностью процесса разрушения при отбойке гранита на щебень, Дис. К.т.н., СПб., СПбГИ, 1998 г.
5. Ван Цзи-де. Прикладная теория упругости. М., 1959 г.

## References

1. Borovikov V.A. Vanyagin I.F. K raschetu parametrov volni napryajeniya pri vzrive udlinennogo zaryada v gornih porodah. Vzrivnoe delo SPb. 76/33 M. Nedra\_ 1976.
2. Borovikov V.A. Vanyagin I.F. Menjulin M.G. Cirel S.V. Volni napryajenii v obvodnennom treschinovatom massive./Uchebnoe posobie/Leningrad 1989.
3. Ermolaev I.Y. Avtoreferat n asoiskanie uch. st.k.t.n. dis. SPb SPbGGI(TU), 1992 g.
4. Stoyanova T.V. Upravlenie intensivnostyu processa razrusheniya pri otboike granite na scheben Dis. K.t.n. SPb. SPGGI 1998 g.
5. Van Czi de. Prikladnaya teoriya uprugosti. M. 1959 g.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.025

Парамонов Г.П.<sup>1</sup>, Лисевич В.В.<sup>2</sup><sup>1</sup>Доктор технических наук, <sup>2</sup>Аспирант, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАЗВАЛА ГОРНОЙ МАССЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ***Аннотация*

*В статье предложена система автоматизированного прогнозирования развала взорванной горной массы «РазвалПлюс» при производстве взрывных работ. Представлены результаты натурных испытаний для условий месторождения гранито-гнейсов «Пруды-Моховое-Яскинское», которые показывают удовлетворительную сходимость с расчетными значениями.*

**Ключевые слова:** взрывные работы, автоматизированное проектирование, развал взорванной горной массы, взрыв.

Paramonov G.P.<sup>1</sup>, Lisevich V.V.<sup>2</sup><sup>1</sup>PhD in Engineering, <sup>2</sup>Postgraduate Student, National Mineral Resources University (University of Mines)**FORECASTING OF PARAMETERS OF A ROCK MASS COLLAPSE WHEN BLASTING WORK***Abstract*

*In the article the automated system of forecasting of the blasted rock mass collapse "RazvalPlyus" in the production of blasting. The results of field tests to field conditions granite-gneiss «Prudy-Mohovoe-Yaskinskoe» that show satisfactory agreement with the calculated values.*

**Keywords:** blasting work, computer-Aided design, the collapse of the blasted rock mass, explosion.

**В** настоящее время невозможно себе представить горную промышленность без применения буровзрывных работ.

Взрывные работы, являются основным средством отделения горной породы от массива и дробления горной массы при добыче полезного ископаемого. Следует отметить, что формирование развала отбитой горной породы взрывом влияет на последующие технологические операции горного производства, а следовательно на себестоимость и безопасность горных работ.

Процесс образования развала отбитой горной массы взрывом напрямую связан с процессами дробления и отбойкой горной породы.

Этому направлению посвящено достаточно большой объем исследований, однако проанализировав результаты научных работ различных авторов можно увидеть, что к настоящему моменту времени нет единого общепризнанного представления о физическом процессе формирования развала горной массы при взрывании скважинных зарядов на карьерах строительных материалов.

Предпринимавшиеся попытки теоретического решения этой задачи в увязке со сложной проблемой дробления горных пород взрывом не привели к разработке пригодных для практики расчетных методов прогнозирования параметров развала.

Невозможность игнорирования существующей проблематики, указанной выше, явилось причиной необходимости создания программного обеспечения для прогнозирования формирования развала взорванной горной массы «РазвалПлюс».

Основой для программного комплекса легка среда быстрой разработки приложения RADStudioXE, которая объединяет DelphiXE и C++ BuilderXE в единую интегрированную среду разработки и позволяет создавать native-приложения, работающие на всех четырех популярных платформах: Android, iOS, Windows и OS X. Создание приложений осуществляется с помощью одной и той же базы исходного кода, без потери качества приложений, производительности и доступности корпоративных или облачных ресурсов.

Для апробации разработанной автоматизированной системы прогнозирования развала отбитой горной породы, были проведены натурные эксперименты на месторождении гранито-гнейсов «Пруды-Моховое-Яскинское».

В процессе производства массового взрыва была произведена съемка подготавливаемого блока, а также отбитой горной массы при помощи компактного, импульсного высокоскоростного лазерного сканера геодезического класса точности, с двухосевым компенсатором, расширенным полем зрения, встроенной видеокамерой и лазерным центриром Leica C10

При помощи данного сканера была сделана съемка интересующего нас участка, с нескольких точек. Съемка с разных углов обзора обеспечивает наибольшую точность, что в высокой степени влияет на качество полученного результата.

Сканирование проводилось на стадии подготовки взрыва, а также после проведения взрывных работ. Таким образом, появилась возможность определить параметры формирования развала отбитой горной массы и сопоставить объем в плотном теле к объему в рыхлом теле, то есть определить коэффициент разрыхления горного массива при определенных параметрах буровзрывных работ.

Облако точек представляет собой точную цифровую копию реального карьера на дату съемки. По облаку точек с использованием САПР возможно определять объем вынутой породы, строить сечения, определять структурные линии. Созданная документация пригодна для решения проблем при ведении открытых горных работ, а также для планирования вскрышных и добычных работ и других производственных задач.

Для решения дальнейших задач необходимо использование дополнительного программного обеспечения, например Surpac.

Surpac - это наиболее популярное в мире программное обеспечение для геологоразведки, моделирования и подсчета запасов, использования и передачи рудничной информации, проектирования горных выработок, добычных работ и природоохранных исследований. SurpacVision дает возможность работать с данными всех известных программных продуктов и объектами, созданными при помощи большинства горнодобывающих и геоинформационных программ.

На рисунке 1 представлен участок предполагаемых работ. Построенная модель демонстрирует структуру карьерного поля согласно установленному на предприятии проекту производства работ, без учета находящихся на уступах объемах необработанной горной массы.

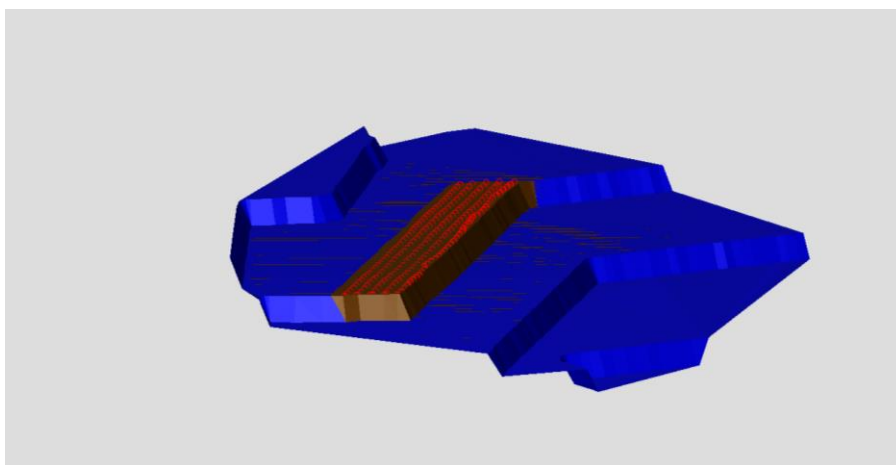


Рис.1 – Контур блока с нанесенными на него скважинами без учета находящейся горной массы на отрабатываемых уступах

Такая модель наглядно демонстрирует участок подготовки горной массы к выемке при производстве взрывных работ. Однако, для учета всех факторов оказывающих влияние на подготовку бурения и взрывания, необходимо опираться на съемку поверхности карьерного поля накануне предполагаемой даты проведения работ.

На рисунке 2 наглядно показано как изменяется участок, на котором производилась отбойка горной породы. Инженер в любой момент времени может загрузить данные в персональный компьютер и проанализировать результаты проведенной работы, в том числе определить объемы взорванной горной массы.

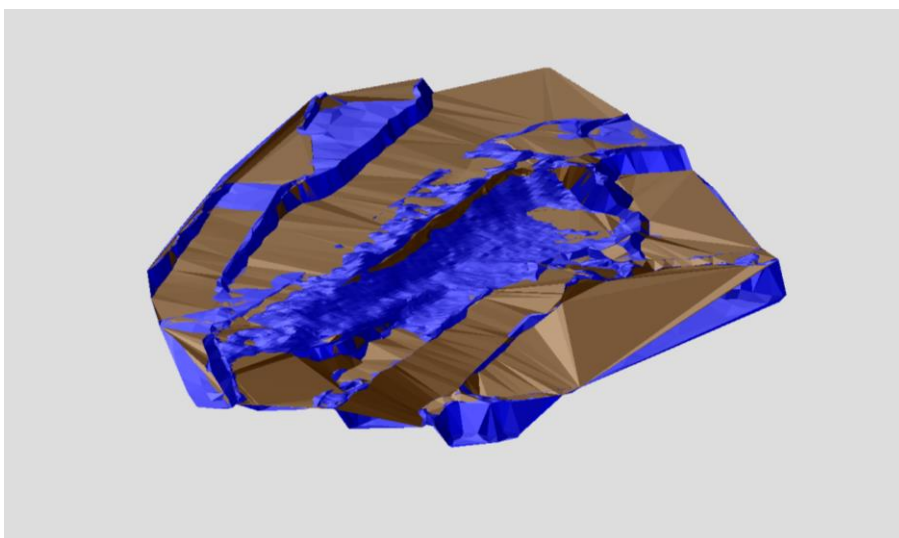


Рис. 2 – Поверхность участка производства работ; коричневый цвет – поверхность до взрыва; синий цвет – поверхность после взрыва

Однако основными интересующими нас показателями являлись параметры сформированного развала отбитой породы. Для их определения использовалась такая функция как «Построение разреза».

На представленном разрезе (рис. 3) показан основной принцип отображения, но после детального изучения всех показателей были определены параметры формирования развала.

При наложении двух поверхностей «до взрыва» и «после взрыва» появляется возможность отчетливо увидеть как изменилась обрабатываемая поверхность уступа.

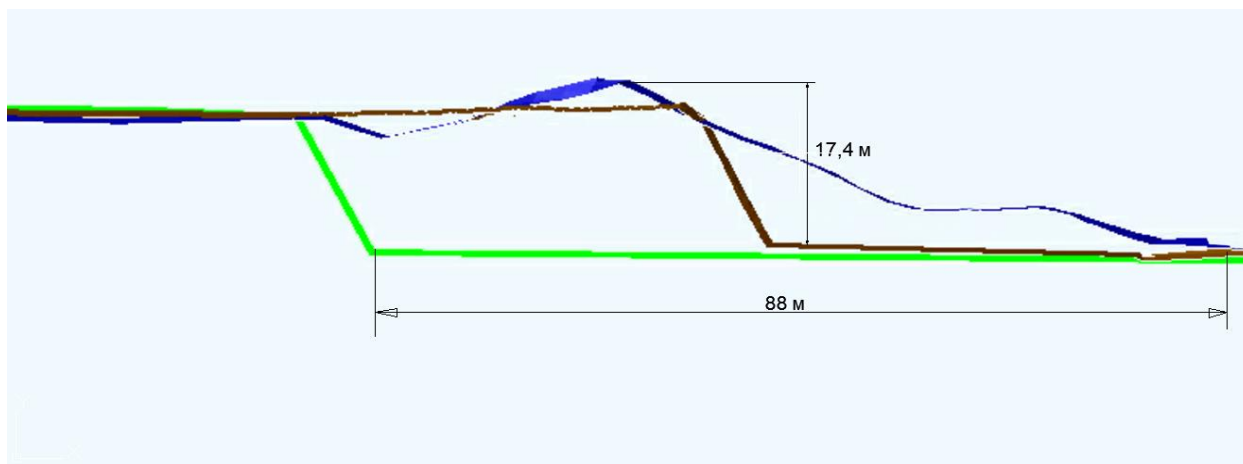


Рис. 3 – Разрез демонстрирующий развал горной массы

Для наглядности, на рисунке 3 зеленым цветом представлена отметка горизонта, на который необходимо выйти после производства работ. Определяется данная отметка планом развития горных работ.

Предварительно перед производством взрывных работ месторождении было произведено моделирование взрывных работ на программе «РазвалПлюс». Все параметры соответствовали фактическим значениям.

Результат работы автоматизированной системы прогнозирования развала можно видеть на рисунке 4.

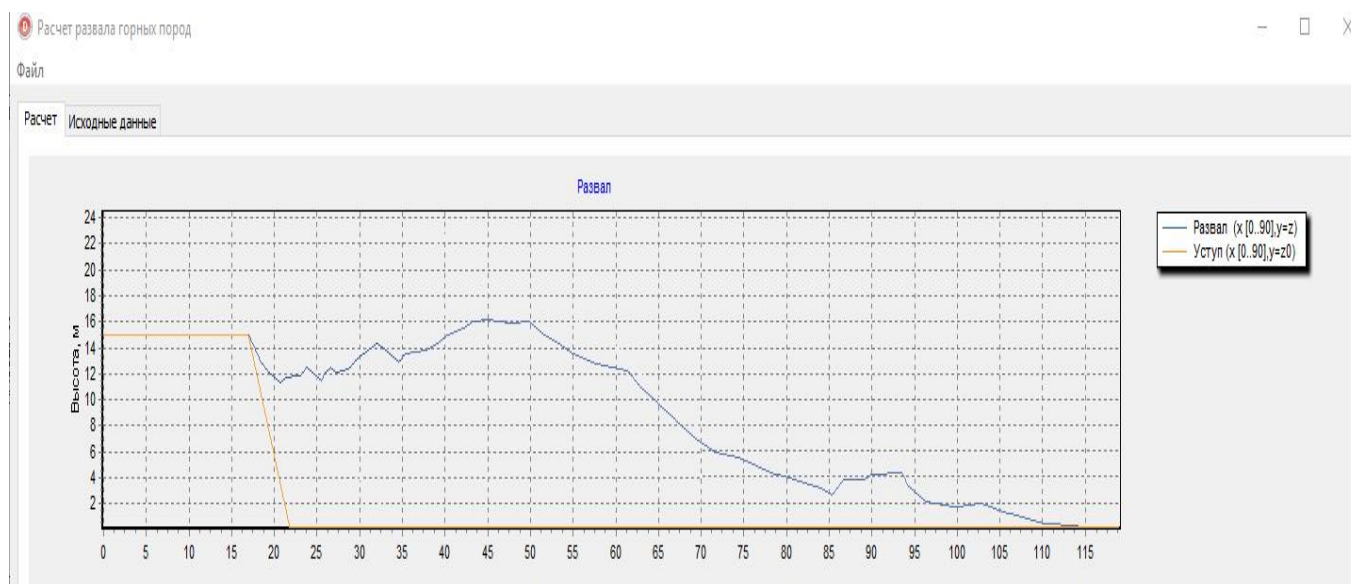


Рис. 4 – Контур развала взорванной горной массы построенный при помощи автоматизированной системы «РазвалПлюс»

Затем сопоставляя полученные результаты съемки и расчетов, мы можем наглядно увидеть насколько точно осуществляется прогнозирование развала взорванной горной массы (Таблица 1).

Таблица 1

Отметка сетки измерения, м	Значение высотной отметки контура развала в РазвалПлюс, м	Значение высотной отметки контура развала фактической съемка Suprac, м	Погрешность, м
20	12	13	1
25	12	12,3	0,3
30	13,7	13,8	0,1
35	13,7	15	1,3
40	15	16	1
45	16,1	17	0,9
50	16	16,3	0,3
55	13,8	14	0,2
60	12,2	11,9	0,3
65	9,9	9,9	0
70	6,8	7,6	0,8
75	5,4	4,9	0,5
80	4,1	4	0,1
85	3	3,8	0,8
90	4,1	4	0,1
95	3	2,9	0,1
100	1,9	1,3	0,6
105	1,2	0,4	0,8
110	0,3	0	0,3
115	0	0	0

Таким образом, средний показатель погрешности составляет 0,475 м.

Учитывая очень большое количество факторов влияющих на процесс формирования развала отбитой породы, полученные расчетные значения показали удовлетворяющую сходимость вычислений относительно фактических результатов.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Разработанное программное обеспечение прогнозирования параметров развала взорванной горной массы позволяет оптимизировать производительность буровзрывных работ для различных условий взрывания.
2. Выбор параметров буровзрывных работ, которые обеспечат необходимую форму развала, рекомендуется осуществлять при помощи программного обеспечения «РазвалПлюс»

#### Литература

1. Трансформация структуры горных массивов при взрывных работах на карьерах /А.В. Гальянов, В.Н. Рождественский, А.Н. Блинов– Екатеринбург, Институт горного дела УрО РАН, 1999, 140с.
2. Ракишев Б.Р. Прогнозирование технологических параметров взорванных пород на карьерах. – Алма-Ата: Наука, 1983.–239 с.
3. Сван ,Т. Секреты 31–разрядного программирования на Delphi. Диалектика. - М., 1996, 510с.
4. Боровиков, В.А. Моделирование действия взрыва при разрушении горных пород / В.А. Боровиков, И.Ф. Ванягин. – М.:Недра,1990, – 231 с.
5. Осипов, Д.Л. Delphi XE2. – СПб.:БХВ-Петербург, 2012. – 912 с.
6. Копылов С.В. Методика расчета параметров развала породы на карьерах. // Неделя горняка 2004.
7. Копылов С.В. Казаков Н.Н. О компьютерной методике расчета параметров развала при отбойке породы на карьерах. Материалы докладов. 2005 г. (г. Кременчуг).

#### References

1. Transformaciya struktury gornyh massivov pri vzryvnyh rabotah na karerakh. /A.V. Galyanov, V.N. Rozhdestvenskiy, A.N. Blinov– Ekaterinburg, Institut gornogo dela UrO RAN, 1999, 140s.
2. Rakishev B.R. Prognozirovaniye tehnologicheskikh parametrov vzorvannykh porod na karerakh. – Alma-Ata: Nauka, 1983.–239 s.
3. Svan ,T. Sekrety 31–razryadnogo programmirovaniya na Delphi. Dialektika. - M., 1996, 510s.
4. Borovikov, V.A. Modelirovaniye deystviya vzryva pri razrushenii gornyh porod / V.A. Borovikov, I.F. Vanyagin. – M.:Nedra,1990, – 231 s.
5. Osipov, D.L. Delphi HE2. – SPb.:BHV-Peterburg, 2012. – 912 s.
6. Kopylov S.V. Metodika rascheta parametrov razvala porody na karerakh. // Nedelya gornyaka 2004.
7. Kopylov S.V. Kazakov N.N. O kompyuternoy metodike rascheta parametrov razvala pri otboyke porody na karerakh. Materialy dokladov. 2005 g. (g. Kremenchug).



DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.013

Подопригора Д.Г.<sup>1</sup>, Мардашов Д.В.<sup>2</sup><sup>1</sup> Аспирант, <sup>2</sup> доцент, кандидат технических наук, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»**КИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН, ВСКРЫВШИХ ТЕРРИГЕННЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ С ПОВЫШЕННОЙ КАРБОНАТНОСТЬЮ****Аннотация**

В статье авторами освещаются основные физико-химические параметры разработанного в лаборатории «Повышение нефтеотдачи пластов» Горного университета кислотного состава для освоения добывающих скважин, вскрывших высокотемпературные низкопроницаемые терригенные коллекторы нефти с повышенной карбонатностью. Проводится сравнение физико-химических параметров традиционного глинокислотного раствора с разработанным и показаны его преимущества. Приведены результаты лабораторных исследований по определению степени влияния фильтратов буровых растворов на фильтрационные характеристики кернов одного из нефтегазоконденсатных месторождений Западной Сибири. Изучена способность разработанного кислотного состава в сравнении с традиционной глинокислотой восстанавливать и улучшать проницаемость пород-коллекторов после воздействия на них фильтраатами буровых растворов.

**Ключевые слова:** буровой раствор, фильтрат бурового раствора, кислотный состав, глинокислота, кислотное освоение скважин, низкопроницаемый терригенный коллектор, повышенная карбонатность.

Podoprighora D.G.<sup>1</sup>, Mardashov D.V.<sup>2</sup><sup>1</sup> Postgraduate student, <sup>2</sup> Associate professor, PhD in Engineering, National Mineral Resources University (University of Mines)**ACID COMPOSITION FOR THE DEVELOPMENT OF OIL WELLS THAT DISCOVER TERRIGENOUS RESERVOIRS WITH HIGH CARBONATE CONTENT****Abstract**

The article highlights the main physical and chemical parameters developed in the laboratory "EOR" Mining University acid composition for the development of the production wells that discover high-temperature low-permeability clastic oil reservoirs with high carbonate content. A comparison of physicochemical parameters of a traditional mud acid solution developed and shown its advantages. The results of laboratory studies to determine the degree of influence of filtrates of drilling fluids on the filtration characteristics of the cores of one of oil and gas condensate fields in Western Siberia. The authors studied the ability of the developed acid composition in comparison with the conventional mud acid to restore and improve the permeability of reservoir rocks after exposure to filtrates of drilling fluids.

**Keywords:** mud, mud filtrate, acid composition, mud acid, acid well completion, low-permeability terrigenous reservoir, high carbonate content.

В настоящее время большинство крупных нефтяных месторождений Российской Федерации (РФ) находится на поздней стадии разработки, и, как следствие, снижается доля запасов, приуроченных к коллекторам с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС) и относительно простым строением. В связи с этим, значительную роль играет вовлечение в эксплуатацию трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ) нефти. На долю ТРИЗ нефти в РФ приходится 67 % от разведанных, из которых на высоковязкие нефти – 13 %, а на низкопроницаемые коллекторы – 38 % (около 90 % которых приурочены к Западно-Сибирской, Волго-Уральской и Тимано-Печорской нефтегазоносным провинциям) [1, 6, 10, 16]. Согласно [3, 5, 7, 9, 11, 12, 13] проблема восполнения запасов углеводородов может быть решена за счет вовлечения в разработку месторождений, приуроченных к территориям Восточной Сибири, Дальнего Востока, континентального шельфа, коллекторам с низкой проницаемостью, баженовским, хадумским, абалакским, ачимовским, тюменским и доманиковым продуктивным отложениям (рис. 1).



Рис. 1 – Расположение основных групп трудноизвлекаемых запасов нефти в Российской Федерации



Если обратить внимание на процентные соотношения, приходящиеся на те или иные трудноизвлекаемые запасы нефти, то можно сделать вывод о том, что основная их часть содержится в продуктивных отложениях тюменской свиты – 32 %, в низкопроницаемых коллекторах – 31 % и в залежах, содержащих сверхвысоковязкую нефть, – 21 % [5].

Главным нефтегазодобывающим регионом РФ является Западная Сибирь. Основные залежи, вмещающие практически все запасы нефти и газа, включая трудноизвлекаемые в этом регионе, приурочены к терригенным породам-коллекторам [8]. В свою очередь терригенные коллекторы, вмещающие нефть, представляют собой песчаники, пески, алевролиты и алевроиты, связанные между собой минеральным веществом – цементом [14]. Для терригенных коллекторов Западной Сибири характерен глинистый, либо карбонатно-глинистый цемент [2]. Часто встречается коллекторы с повышенной карбонатностью – 5 % и более [15, 17]. Так как большая часть вовлеченных в разработку запасов нефти, в том числе трудноизвлекаемых, залегает в Западной Сибири, и содержание карбонатного материала во вмещающих их коллекторах часто превышает 5 %, то приведем несколько примеров таких объектов, расположенных на данной территории.

К примеру, продуктивные отложения Красноленинского и Шаимского районов тюменской свиты, приуроченные к пластам Ю<sub>2</sub>, Ю<sub>4</sub>, Ю<sub>5</sub>, представлены терригенными коллекторами с содержанием карбонатно-глинистого цемента 5-21 % [4]. На Вынгапуровском нефтегазоконденсатном месторождении в верхней части тюменской свиты выделяется группа продуктивных пластов ЮВ<sub>2</sub>-ЮВ<sub>7</sub>. Песчаники от светло-серых до темно-серых, иногда зеленовато-серых, от тонко- до среднезернистых, средней крепости, встречаются рыхлые разности, полимиктовые, плотные, слабослюдистые, нередко карбонатизированные. Цемент глинистый и карбонатно-глинистый, участками карбонатный. В пределах Еты-Пуровского нефтегазоконденсатного месторождения карбонатность в коллекторах пластов БП доходит до 6,5 %. В коллекторах ачимовских отложений (пласты БП<sub>13-16</sub>) карбонатность достигает значений 14 %. Карбонатность в коллекторах пластов Ю<sub>1</sub><sup>1-2</sup> доходит до 11 %, пластов Ю<sub>2</sub> не превышает 13,4 %. Таким образом, терригенные породы-коллекторы, расположенные на территории Западной Сибири, в основном имеют полиминеральный цементирующий материал, включающий глины и карбонаты.

Также при вводе в разработку залежей, представленных низкопроницаемыми терригенными коллекторами с повышенной карбонатностью, имеется проблема загрязнения призабойной зоны бурящихся добывающих скважин в процессе первичного и вторичного вскрытий, цементировании обсадных колонн и т.д. В целях восстановления и улучшения проницаемости призабойной зоны, кислотное воздействие осуществляют уже на этапе освоения выводимых из бурения скважин, что незначительно увеличивает стоимость работ по проводке скважины.

Кислотный состав (КС), применяемый на этапах освоения, нужно подбирать с учетом таких параметров, как: фильтрационно-емкостные свойства коллектора; его минералогический состав; пластовая температура; причина снижения проницаемости призабойной зоны. В лаборатории «Повышение нефтеотдачи пластов» Горного университета был разработан кислотный состав, который можно применять в условиях высокотемпературных низкопроницаемых терригенных коллекторов с повышенной карбонатностью (5 % и более). Данный кислотный состав представляет собой смесь соляной, муравьиной кислот, бифторида аммония и функциональных добавок. Разработанная кислотная композиция обладает следующими преимуществами, в сравнении с традиционной глинокислотой (10 % HCl + 1,5 % HF):

1. Практически не дает осадков фторидов кальция ( $\text{CaF}_2\downarrow$ ), что особенно важно в условиях рассматриваемых коллекторов.
2. Удерживает значительное количество трехвалентного железа в своем составе, предотвращая выпадение гидроокиси железа в поровом пространстве коллектора.
3. Медленно реагирует с породообразующими минералами при высоких температурах, что позволяет воздействовать на удаленные зоны пласта.
4. Обладает низким межфазным натяжением на границе «КС – керосин».
5. Обладает низкой коррозионной активностью при высоких температурах (95°C).
6. Позволяет проводить обработку терригенных коллекторов с повышенной карбонатностью в одну стадию, без предварительной солянокислотной обработки.

Сравнение основных физико-химических параметров разработанного кислотного состава с традиционной глинокислотой представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение физико-химических параметров разработанного кислотного состава с традиционной глинокислотой

Кислотный состав	Межфазное натяжение на границе с керосином, мН/м	Скорость коррозии стали при 20 / 95 °С, г/(м <sup>2</sup> ·ч)	Количество FeCl <sub>3</sub> , не приводящее к образованию осадка Fe(OH) <sub>3</sub> , при 95 °С, г	Термостабильность при 95 °С	Осадкоудерживающая способность по отношению к CaF <sub>2</sub> в течение 3 ч, %	Средняя скорость растворения кварцевого стекла, г/(м <sup>2</sup> ·ч) /доля растворенного кварцевого стекла, % (за 3 ч при 95 °С)	Средняя скорость растворения карбоната, г/(м <sup>2</sup> ·ч) /доля растворенного карбоната, % (за 3 ч при 95 °С)	Доля растворенного каолинита за 3 ч при 95 °С, %
Традиционная глинокислота (10 % HCl + 1,5 % HF)	11,4	1,07/205	0,06	Стаб.	79	49/9,7	4790/24,5	10,1
Разработанный кислотный состав	0,76	0,02/0,65	0,64	Стаб.	99	28/5,0	3920/43,7	4,3

Таким образом, разработанный КС по всем исследованным параметрам превосходит традиционную глинокислоту. При этом разработанный КС обладает меньшей средней скоростью реакции с карбонатом, растворяя его при этом в большей степени практически в 2 раза. Это говорит о том, что растворение карбоната разработанным кислотным составом идет равномернее и на протяжении 3-х часов, в то время как традиционная глинокислота нейтрализуется уже через 30 минут после начала эксперимента. Также стоит отметить, что разработанный кислотный состав реагирует медленнее с кварцевым стеклом и каолинитом, что будет способствовать снижению вероятности разуплотнения терригенного коллектора.

Следующим этапом исследований было проведение фильтрационных экспериментов на образцах естественных кернов с целью сравнения эффективности применения разработанного КС и традиционной глинокислоты.

Образцы керна представляли собой терригенную породу с повышенным содержанием карбонатов (более 5 %). Основными задачами исследований являлась оценка влияния фильтратов буровых растворов (ФБР) на фильтрационные характеристики образцов естественного керна при моделировании процессов первичного вскрытия продуктивных пластов в термобарических пластовых условиях, и способность кислотных составов восстанавливать и улучшать ФЕС коллекторов. В качестве фильтрата бурового раствора использовался водный раствор 3 %-го KCl с добавлением поверхностно-активного вещества для снижения его отрицательного влияния на ФЕС пород-коллекторов.

Фильтрационные исследования проводились на установке Autoflood-700 (Vinci technologies, Франция) в условиях продуктивного пласта одного из нефтегазоконденсатных месторождений (НГКМ) Западной Сибири при моделировании процессов первичного вскрытия и кислотного освоения. Пластовыми условиями проведения лабораторных фильтрационных экспериментов являлись:

- репрессия при моделировании «динамического» режима (моделирование процесса проникновения ФБР в ПЗП при первичном вскрытии пласта) фильтрации ФБР – 2 МПа;
- репрессия при моделировании «статического» режима (моделирование процесса остановки бурения скважины и выполнения спускоподъемных операций) фильтрации ФБР – 1,5 МПа;
- пластовая температура – 77 °С;
- пластовое давление – 25,2 МПа;
- фазовая проницаемость по керосину –  $2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>;
- вязкость керосина при пластовой температуре – 0,53 мПа·с.

Лабораторные фильтрационные эксперименты проводились согласно следующим этапам:

I. Моделирование естественных (исходных) фильтрационных свойств продуктивного пласта (закачка в керна керосина, определение исходной проницаемости керна по керосину).

Подготовленный образец естественного керна помещался в кернадержатель фильтрационной установки AutoFlood 700 (Vinci technologies), где создавались термобарические условия, максимально приближенные к пластовым исследуемого эксплуатационного объекта. После этого производилась фильтрация керосина через керна. При этом измерялась исходная фазовая проницаемость керна по керосину в режиме постоянного расхода (0,5 см<sup>3</sup>/мин) до

стабилизации градиента давления при пластовой температуре исследуемого эксплуатационного объекта. Направление фильтрации при этом было «прямое».

II. Моделирование процесса проникновения ФБР в ПЗП при первичном вскрытии продуктивного пласта (закачка в керн ФБР).

В режиме постоянного перепада давления («динамическая» репрессия – 2 МПа и «статическая» репрессия – 1,5 МПа) производилась закачка ФБР в керн. Направление фильтрации при этом было «обратное». Продолжительность закачки составляла 4 часа при репрессии 2 МПа и столько же при репрессии 1,5 МПа, а также выдержка в статических условиях без репрессии в течение 8 часов.

III. Моделирование процесса работы добывающей скважины после операций по первичному вскрытию и освоению (закачка в керн керосина, определение коэффициента относительного изменения проницаемости образца керна по керосину после II-го этапа – оценка влияния ФБР на фильтрационные характеристики керна).

По истечении 16 часов (II этап) в режиме постоянного перепада давления (4 МПа) производилась фильтрация керосина в керн до стабилизации расхода (моделирование депрессии работающей добывающей скважины). После этого осуществлялся замер фазовой проницаемости керна по керосину в режиме постоянного расхода (0,5 см<sup>3</sup>/мин) до стабилизации градиента давления. Направление фильтрации при этом было «прямое».

IV. Моделирование процесса кислотного освоения скважины после первичного вскрытия пласта (закачка в керн КС).

В режиме постоянного расхода (0,5 см<sup>3</sup>/мин) производилась закачка в керн КС. Всего через образец керна прокачивалось 5 поровых объемов КС. Направление фильтрации при этом было «обратное».

V. Моделирование процесса работы добывающей скважины после операции по её кислотному освоению (закачка в керн керосина, определение коэффициента относительного изменения проницаемости образца керна по керосину после IV-го этапа – оценка влияния КС на фильтрационные характеристики керна).

В режиме постоянного перепада давления (4 МПа) производилась фильтрация керосина в керн до стабилизации расхода (моделирование депрессии работающей добывающей скважины). После этого осуществлялся замер фазовой проницаемости керна по керосину в режиме постоянного расхода (0,5 см<sup>3</sup>/мин) до стабилизации градиента давления. Направление фильтрации при этом было «прямое».

Направление закачки и фильтрации рабочих жидкостей в исследуемых образцах керна соответствовало реальному направлению движения пластового флюида (керосина) и закачиваемых технологических жидкостей (ФБР и КС) в добывающих скважинах: прямая фильтрация соответствовала процессу притока флюида из пласта в скважину и, в дальнейшем, процессу «освоения» скважины; обратная фильтрация моделировала процесс первичного вскрытия и кислотного освоения скважины.

Обработка результатов фильтрационных исследований заключалась в следующем:

- определялись градиенты давления при фильтрации керосина до и после закачки ФБР (и КС) в керн, на основе которых рассчитывались коэффициенты фазовых проницаемостей по керосину до и после закачки исследуемого состава в керн;
- выполнялся расчет коэффициента относительного изменения проницаемости керна после его обработки ФБР и КС:

$$\bar{k} = \frac{k_2 - k_1}{k_1} \cdot 100,$$

где  $\bar{k}$  – коэффициент относительного изменения проницаемости, %;  $k_1$  – проницаемость по керосину до процесса «первичного вскрытия» (или «кислотного освоения»), мкм<sup>2</sup>;  $k_2$  – проницаемость по керосину после процесса «первичного вскрытия» (или «кислотного освоения»), мкм<sup>2</sup>.

Положительное значение коэффициента относительного изменения проницаемости означает увеличение проницаемости образца керна относительно его исходного значения, а отрицательное – уменьшение проницаемости.

Данные об используемых в фильтрационных исследованиях образцах керна и технологических жидкостях сведены в таблицу 2. Полученные результаты фильтрационных экспериментов отображены в таблице 3. Процесс проведения лабораторных фильтрационных исследований разработанного кислотного состава и традиционной глиноуксусной в условиях продуктивного пласта НГКМ Западной Сибири представлен на рисунках 2 и 3. Графики представлены в виде зависимостей изменения градиентов давления закачки керосина, ФБР и КС от количества их поровых профильтрованных объемов.

Таблица 2 – Параметры используемых в фильтрационных экспериментах образцах керна и технологических жидкостей

№ керна	Длина, см	Диаметр, см	Жидкость насыщения керна	Вязкость керосина, мПа·с	Плотность керосина, г/см <sup>3</sup>	Поровый объем, см <sup>3</sup>	Исходная прониц. керна по кер., ·10 <sup>-3</sup> мкм <sup>2</sup>
1	9	3	Керосин	0,53	0,74	11,3	3,1
2	9,3	3	Керосин	0,53	0,74	11,7	2,4

Таблица 3 – Результаты фильтрационных исследований при моделировании процесса кислотного освоения добывающей скважины после первичного вскрытия с использованием разработанного кислотного состава и традиционной глиноукислоты

Параметр	Единица измерения	До закачки ФБР (I этап)	После закачки ФБР (III этап)	После закачки разработанного КС/традиционной глиноукислоты (V этап)
Градиент давления закачки керосина при расходе 0,5 см <sup>3</sup> /мин (керна № 1/2)	МПа/м	2,1/2,8	2,6/3,8	0,7/3,4
Проницаемость по керосину (керна № 1/2)	·10 <sup>-3</sup> мкм <sup>2</sup>	3,1/2,4	2,5/1,6	9,7/1,95
Коэффициент относительного изменения проницаемости керна по керосину (керна № 1/2)	%	<b>-19/-33</b>		<b>+288/-22</b>
Количество прокачанных поровых объемов ФБР и кислотного состава (керна № 1/2)	ед.	8,2/5,1		5/5

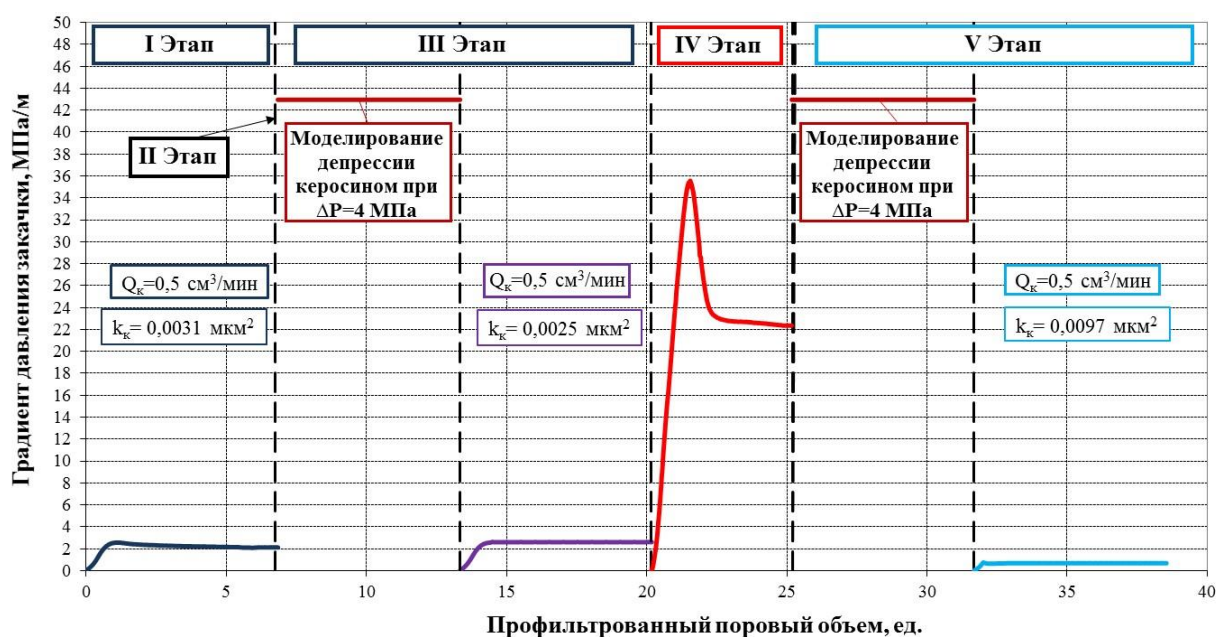


Рис. 2 – Зависимость градиентов давления закачки керосина, ФБР и разработанного КС от количества профильтрованных их поровых объемов

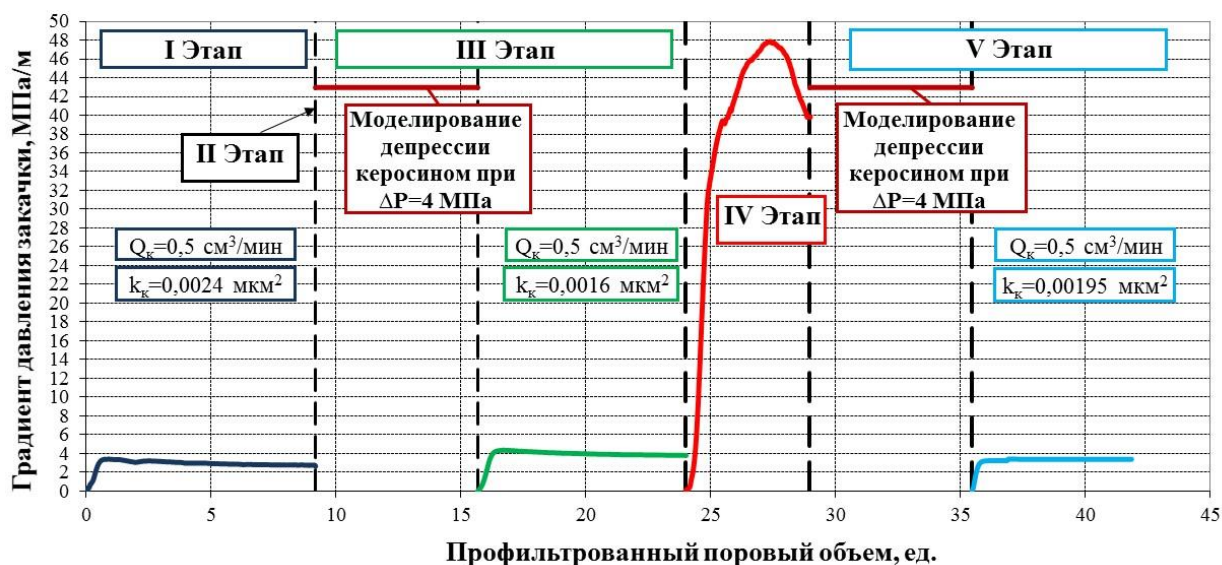


Рис. 3 – Зависимость градиентов давления закачки керосина, ФБР и традиционной глиноукислоты от количества профильтрованных их поровых объемов

Анализ результатов проведенных фильтрационных исследований показал следующее:

1. При моделировании процесса первичного вскрытия продуктивного пласта путем закачки в керн ФБР (водного раствора 3 % КСІ с ПАВ) происходит снижение значений исходной фазовой проницаемости по керосину на 19 и 33 %, соответственно двум экспериментам.

2. При моделировании процесса кислотного освоения скважины после первичного вскрытия пласта путем закачки в керн разработанного КС и традиционной глиноукислоты получены следующие результаты:

- разработанный КС обеспечивает не только восстановление исходной фазовой проницаемости керна по керосину, но и приводит к ее росту на 288 %, т.е. способствует улучшению фильтрационной характеристики породы-коллектора примерно в 3 раза;
- традиционная глиноукислота не обеспечивает даже полного восстановления исходной фазовой проницаемости керна по керосину в сравнении с разработанным КС, способствуя улучшению фильтрационной характеристики породы-коллектора, подвергнутой воздействию ФБР, лишь на 11 %.

#### Выводы:

1. Для повышения эффективности эксплуатации добывающих скважин после первичного вскрытия продуктивного пласта рекомендуется проводить кислотное освоение с использованием разработанной композиции, представляющей собой смесь соляной, муравьиной кислот, бифторида аммония и функциональных добавок. Данный состав предназначен для кислотного освоения нефтяных скважин, вскрывших высокотемпературные (до 95 °С) низкопроницаемые терригенные коллекторы с повышенной карбонатностью.

2. Разработанный КС обладает низким межфазным натяжением на границе с керосином и низкой скоростью коррозии. Также данный состав обладает низкими скоростями взаимодействия с минералами коллектора (карбонатом и кварцем) и высокой осадкоудерживающей способностью (по отношению к фторидам кальция и гидроокиси железа), что способствует глубокой обработке удаленных участков ПЗП и снижает вероятность образования большеобъемных вторичных осадков.

3. Разработанный КС способствует восстановлению и значительному повышению (примерно в 3 раза) проницаемости терригенной породы-коллектора по керосину после воздействия на нее фильтратом бурового раствора. В то же время традиционный глиноукислотный раствор не обеспечивает даже восстановления исходной проницаемости керна по керосину.

#### Литература

1. Алтунина Л.К., Кувшинов В.А., Кувшинов И.В. Физико-химические технологии с применением гелей, золь и композиций ПАВ для увеличения нефтеотдачи месторождений на поздней стадии разработки. – Режим доступа: [https://geors.ru/media/pdf/04\\_Altunina\\_n\\_s.pdf](https://geors.ru/media/pdf/04_Altunina_n_s.pdf).
2. Гайворонский И.Н. Коллекторы нефти и газа Западной Сибири. Их вскрытие и опробование / И.Н. Гайворонский, Г.Н. Леоненко, В.С. Замахеев. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2000, 364 с.
3. Гаврилов В.П. Состояние ресурсной базы нефтедобычи в России и перспективы ее наращивания / В. П. Гаврилов, Е.Б. Грунис. // Геология нефти и газа, 2012, №5. – Режим доступа: [http://www.gubkin.ru/faculty/geology\\_and\\_geophysics/chairs\\_and\\_departments/geology/Resource%20base%20conditions.pdf](http://www.gubkin.ru/faculty/geology_and_geophysics/chairs_and_departments/geology/Resource%20base%20conditions.pdf).
4. Злобина О.Н. Строение, состав и обстановки формирования юрских отложений приуральской части Западной Сибири в связи с нефтегазоносностью региона: диссертация ... кандидата геолого-минералогических наук: 25.00.06 / Злобина Ольга Николаевна. – Новосибирск, 2009. – 300 с.
5. Клубков С. Стимулирование разработки ТРИЗ поможет поддержать уровень добычи нефти в России // Oil & Gas Journal Russia. Спецвыпуск: Трудноизвлекаемые и нетрадиционные запасы, 2015, № 6-7, с. 6-11.
6. Подопригора Д.Г. Лабораторные исследования изменения фильтрационно-емкостных свойств полимиктовых песчаников при их вскрытии с использованием полимерного бурового раствора / Д.Г. Подопригора, А.В. Петухов, О.Б. Сюев // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2015, Т. 10. – Режим доступа: [http://ngtp.ru/rub/12/10\\_2015.pdf](http://ngtp.ru/rub/12/10_2015.pdf).
7. Презентация А.В. Новака «Итоги работы Минэнерго России и основные результаты функционирования ТЭК в 2014 году. Задачи на среднесрочную перспективу». – Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/node/92/>.
8. Перспективная неоднородность // Сибирская нефть. Приложение «Технологии», 2013, № 100. – Режим доступа: <http://old.gazpromneft.dzeta.3ebra.com/sibneft-online/archive/2013-april-projects/1094495/>.
9. Презентация Ю.А. Кузьмина «Критерии идентификации и характеристика залежей с трудноизвлекаемыми запасами нефти». – Режим доступа: [http://www.petroleum.ru/src/Listeners.Item/31\\_material/1916837563/kuzmin.pdf](http://www.petroleum.ru/src/Listeners.Item/31_material/1916837563/kuzmin.pdf).
10. Роцин П.В. Обоснование комплексной технологии обработки призабойной зоны пласта на залежах высоковязких нефтей с трещинно-поровыми коллекторами: диссертация ... кандидата технических наук: 25.00.17 / Роцин Павел Валерьевич. – Санкт-Петербург, 2014. – 112 с.
11. Резерв добычи // Сибирская нефть. Приложение «Технологии», 2013, № 100. – Режим доступа: [http://gazpromneft.dzeta.3ebra.com/sibneft-online/archive/2013-april-projects/1094492/?sphrase\\_id=104567/](http://gazpromneft.dzeta.3ebra.com/sibneft-online/archive/2013-april-projects/1094492/?sphrase_id=104567/).
12. Сланцевая нефть: российская альтернатива // Сибирская нефть. Приложение «Технологии», 2013, № 100. – Режим доступа: [http://old.gazpromneft.dzeta.3ebra.com/sibneft-online/archive/2013-april-projects/1094493/?sphrase\\_id=53/](http://old.gazpromneft.dzeta.3ebra.com/sibneft-online/archive/2013-april-projects/1094493/?sphrase_id=53/).
13. Сложности построения // Сибирская нефть. Приложение «Технологии», 2013, № 100. – Режим доступа: [http://gazpromneft.dzeta.3ebra.com/sibneft-online/archive/2013-april-projects/1094494/?sphrase\\_id=104613/](http://gazpromneft.dzeta.3ebra.com/sibneft-online/archive/2013-april-projects/1094494/?sphrase_id=104613/).
14. Ханин А. А. Породы-коллекторы нефти и газа и их изучение. М.: Недра, 1969, 368 с.
15. Цыганков В.А. Разработка кислотных составов для низкопроницаемых терригенных коллекторов с повышенным содержанием карбонатов: диссертация ... кандидата технических наук: 02.00.11 / Цыганков Вадим Андреевич. – Москва, 2011. – 162 с.
16. Якуцени В.П. Динамика доли относительного содержания трудноизвлекаемых запасов нефти в общем балансе / В.П. Якуцени, Ю.Э. Петрова, А.А. Суханов // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2007, Т. 2, 329 с.



17. McLeod H.O., Coulter A.W. The Use of Alcohol in Gas Well Stimulation // paper SPE 1663, presented at the SPE Eastern Regional Meeting, Columbus, Ohio, USA. - 1966.

### References

1. Altunina L.K., Kuvshinov V.A., Kuvshinov V.I. Physico-chemical technology with the use of gels, sols and compositions of surfactants for enhanced oil recovery fields in the late stage of development. – Access mode: [https://geors.ru/media/pdf/04\\_Altunina\\_n\\_s.pdf](https://geors.ru/media/pdf/04_Altunina_n_s.pdf).
2. Gaivoronsky I.N. The reservoirs of oil and gas of Western Siberia. The autopsy and testing / I.N. Gayvoronsky, G.N. Leonenko, V.S. Zamaraev. – M.: ZAO «Geoinformmark», 2000, 364 p.
3. Gavrilov V.P. the State of the resource base of oil production in Russia and prospects of its increase / V.P. Gavrilov, E.B. Grunis. // Geology of oil and gas, 2012, №5. – Access mode: [http://www.gubkin.ru/faculty/geology\\_and\\_geophysics/chairs\\_and\\_departments/geology/Resours e%20base%20conditions.pdf](http://www.gubkin.ru/faculty/geology_and_geophysics/chairs_and_departments/geology/Resours e%20base%20conditions.pdf).
4. Zlobina O.N. Structure, composition and environment of formation of the Jurassic deposits of the Urals region of Western Siberia in connection with the petroleum potential of region: the dissertation ... of candidate of geological-mineralogical Sciences: 25.00.06 / Zlobina Olga. – Novosibirsk, 2009. – 300 p.
5. Klubkov C. Stimulate the development of TRIZ will help to maintain the level of oil production in Russia // Oil & Gas Journal Russia. Special issue: unconventional reserves, 2015, No. 6-7, pp. 6-11.
6. Podoprigora D.G. a Laboratory study of changes in filtration-capacitive properties of sandstones polimerowych when they are opened with the use of polymer drilling mud / D.G. Podoprigora, A.V. Petukhov, O.B. Syuzev // Neftegazovaya Geologiya. Theory and practice, 2015, Vol. 10. – Access mode: [http://ngtp.ru/rub/12/10\\_2015.pdf](http://ngtp.ru/rub/12/10_2015.pdf).
7. Presentation A.V. Novak «Performance of the Ministry of energy and the main results of functioning of FEC in 2014. Tasks for the medium term». – Access mode: <http://minenergo.gov.ru/node/92/>.
8. Prospective heterogeneity //Siberian oil. The App «Technology», 2013, No. 100. – Access mode: <http://old.gazpromneft.dzeta.3ebra.com/sibneft-online/arhive/2013-april-projects/1094495/>.
9. Presentation A. Kuzmin, «Criteria for the identification and characterization of deposits with hard to recover oil reserves». – Access mode: [http://www.petroleum.ru/\\_src/Listeners.Item/31\\_material/1916837563/kuzmin.pdf](http://www.petroleum.ru/_src/Listeners.Item/31_material/1916837563/kuzmin.pdf).
10. Roschin P.V. Substantiation of the complex technology of treatment of bottom-hole zone of the formation to deposits of high-viscosity oils with jointed collectors: dissertation ... of candidate of technical Sciences: 25.00.17 / Roschin Pavel Valerievich. – St. Petersburg, 2014. – 112 p.
11. The production reserve //Siberian oil. The App «Technology», 2013, No. 100. – Access mode: [http://gazpromneft.dzeta.3ebra.com/sibneft-online/arhive/2013-april-projects/1094492/?sphrase\\_id=104567/](http://gazpromneft.dzeta.3ebra.com/sibneft-online/arhive/2013-april-projects/1094492/?sphrase_id=104567/).
12. Shale oil: the Russian alternative //Siberian oil. The App «Technology», 2013, No. 100. – Access mode: [http://old.gazpromneft.dzeta.3ebra.com/sibneft-online/arhive/2013-april-projects/1094493/?sphrase\\_id=53/](http://old.gazpromneft.dzeta.3ebra.com/sibneft-online/arhive/2013-april-projects/1094493/?sphrase_id=53/).
13. The complexity of the build //Siberian oil. The App «Technology», 2013, No. 100. – Access mode: [http://gazpromneft.dzeta.3ebra.com/sibneft-online/arhive/2013-april-projects/1094494/?sphrase\\_id=104613/](http://gazpromneft.dzeta.3ebra.com/sibneft-online/arhive/2013-april-projects/1094494/?sphrase_id=104613/).
14. Khanin A.A. Rocks-collectors of oil and gas and their study. M.: Nedra, 1969, 368 p.
15. Tsygankov, V.A., Development of acid compositions for low-permeability terrigenous reservoirs with high content of carbonates: dissertation ... of candidate of technical Sciences: 02.00.11 / Tsygankov Vadim Andreevich. – Moscow, 2011. – 162 p.
16. Yakutseni V.P. Dynamics of the share of the relative content of hard-to-recover oil reserves in balance / V.P. Yakutseni, Y.E. Petrova, A.A. Sukhanov // Neftegazovaya Geologiya. Theory and practice, 2007, Vol. 2., 329 p.
17. McLeod, H. O., Coulter A. W. The Use of Alcohol in Gas Well Stimulation // paper SPE 1663, presented at the SPE Eastern Regional Meeting, Columbus, Ohio, USA. – 1966.



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.

ПРИМЕР DOI:

10.18454/IRJ.2015.0001

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

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.170

Попков В.И.<sup>1</sup>, Митина Е.В.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-9786-730X, Кандидат физико-математических наук,

Самарский государственный технический университет,

<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-4166-0887, Инженер, СамараНИПИнефть

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 15-17-00019

**КОМПЛЕКСИРОВАННАЯ ГЕОФИЗИКА МОБИЛИЗАЦИИ НЕФТЕНАСЫЩЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ  
МОДЕЛИ ОБОБЩЕННОЙ ВЯЗКОУПРУГОСТИ ПОРОВОЙ ДЕФОРМАЦИИ***Аннотация*

Миграция в совокупности с динамическими моментами насыщения оказывает существенное влияние на проницаемость и трещиноватость матрицы, энергетику порового насыщения. Трещиноватость определяет собственные формы накопления диссипативно-резонансной энергии поровой деформации петронасыщения от глубин океанов до гор. Представлен второй закон Дарси-Фика учета моментов деформации импульсов давления. Показана возможность фокусировки аккумуляции ритмов насыщения на основе пластичного уплотнения вертикально-одноосной трещиноватости.

**Ключевые слова:** дислокация, сложнопостроенный коллектор, микроструктура, сейсмическая эмиссия, комплексирование

Popkov V.I.<sup>1</sup>, Mitina E.V.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-9786-730X, PhD (physics & math), Samara State Technical University,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-4166-0887, Engineer, SamaraNIPIneft**INTEGRATED GEO-PHYSICS IN OIL-SATURATED RESERVOIR MOBILIZATION MODEL OF  
GENERALIZED VISCOUS-ELASTIC  
POROUS DEFORMATION***Abstract*

Migration in combination with saturation dynamic moments provides significant impact upon the matrix permeability and fracturing, energy of porous saturation. Fracturing defines the characteristic forms of accumulation of dissipative-resonant energy with petro-saturation of porous deformation from the ocean depths to the mountains. The authors present the second Darcy-Fick's Law to calculate the deformation moments in pressure pulses. The authors illustrate the possibility to focus saturation rhythms accumulation at the basis of plastic compaction with vertical-single axis fracturing.

**Keywords:** dislocation, complexly structured reservoir, micro-structure, seismic emission, integration.

Для поддержания уровня добычи углеводородов необходимо повышать эффективность разведки и информационных технологий. Необходимо системное научное сопровождение геомоделирования и получения информации на основе не отдельных законов Дарси, Гука, Ома и т.д., а всей совокупности физико-химических законов развития коллекторов [1, 2].

**Системные и научные законы.** Геологическая наука характеризуется множеством закономерностей и геологических законов. Развитие геологии связано с установлением природных законов и 1) системного подхода, 2) принципа иерархичности, 3) структуры геологических систем. Познания в геологии можно ускорить, если применять системную методологию не для усредненных понятий и компиляций различных научных школ и направлений, а для обобщающих теорий, способных увязать в единую цепь ранговые процессы геологических событий [1].

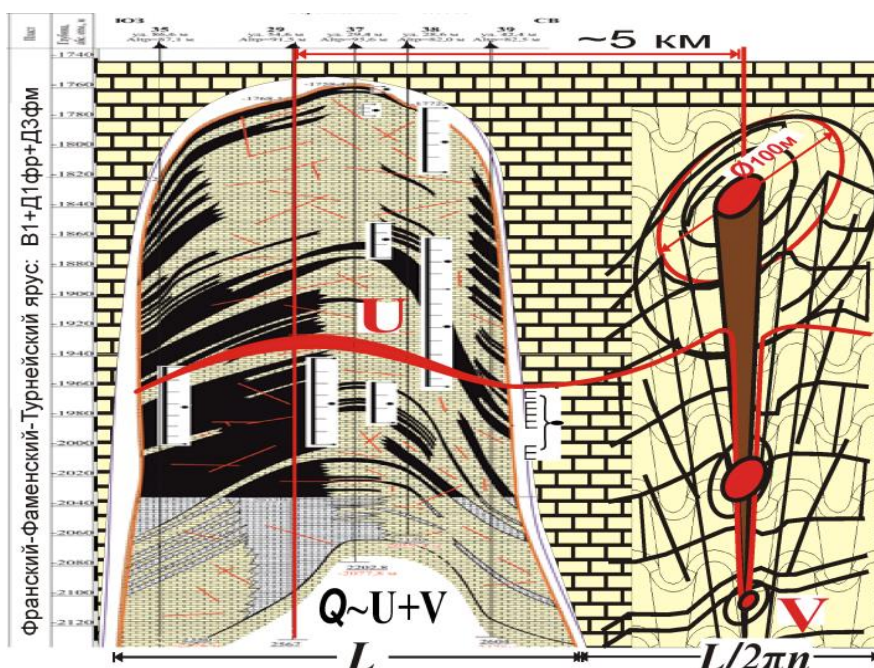


Рис. 1 – Многомасштабное сопряжение синергии геофизических ритмов сверхнизкопроницаемой матрицы осадения пласта ДЗфм с вертикальной трещиновато-одноосной трубкой глубинной миграции, уходящей в фундамент



Комплексирование геофизических ритмов является задачей адаптации маршрутов петромиграции океанов и мантии в МАК-волнах Земли. Геодинамические режимы развития циклов сводятся к зарождению в условиях низких значений напряжений горизонтального сжатия и высоких температур, усилению бокового давления и падению температур, разрядке предельно допустимых напряжений надвига и перемещений с ростом температуры, т.е. геодинамическому боковому наращиванию осаджений и напряжений. Таким образом, топологические поверхности геофизических русловых впадин определяются энергетической мобилизацией и разгрузкой сейсмической эмиссии, напряженно-деформируемого состояния континентальной коллизии субдукции, геологических блоков кристаллического фундамента. Они образуются в процессе фокусировки поверхностных сейсмических волн синергии глубинной энергии моментов мантийной деформации. Установлено, что схождение поверхностных волн сопровождается увеличением амплитуд и возрастанием плотности энергии в ней, рис. 2. При фокусировке волн происходит вертикальный разрыв земной коры и образуется расширяющийся к поверхности канал разрушения. Отсутствие идеальной цилиндрической симметрии, обусловленное неоднородностью на пути распространения волн, приводит к их дефокусировке, формированию нескольких центров схождения и образованию поля трубок [3].

Трубки миграции представляют собой вертикальные каналы в земной коре, заполненные породами глубинного происхождения и концентрациями микроэлементов. Поперечные сечения бывают округлой и неправильной формы площадью от  $10^2$  до  $10^6$  м<sup>2</sup>. С увеличением глубины площадь сечения уменьшается и на глубинах они переходят в дайки и напластования насыщения. Поперечное сечение нижней, корневой части имеет не столь регулярное строение, оно уменьшается, трубка сплющивается и переходит в подводящие дайки. В прилегающей к трубке контактной зоне породы расчленены системами вертикальных, концентрических и радиальных трещин.

Важной особенностью рассматриваемых геологических комплексов является отсутствие признаков термического воздействия на вмещающие породы и наличие их на контактных границах даек и силлов тектонического растяжения. Это означает, что углеводороды внедрились в трубки в холодном состоянии. Рассматривается механизм флюидного брекчирования. Одним из определяющих факторов является водонасыщенная трещиноватость окружающих пород до заполнения, конвективное охлаждение трубки и глубинный выброс.

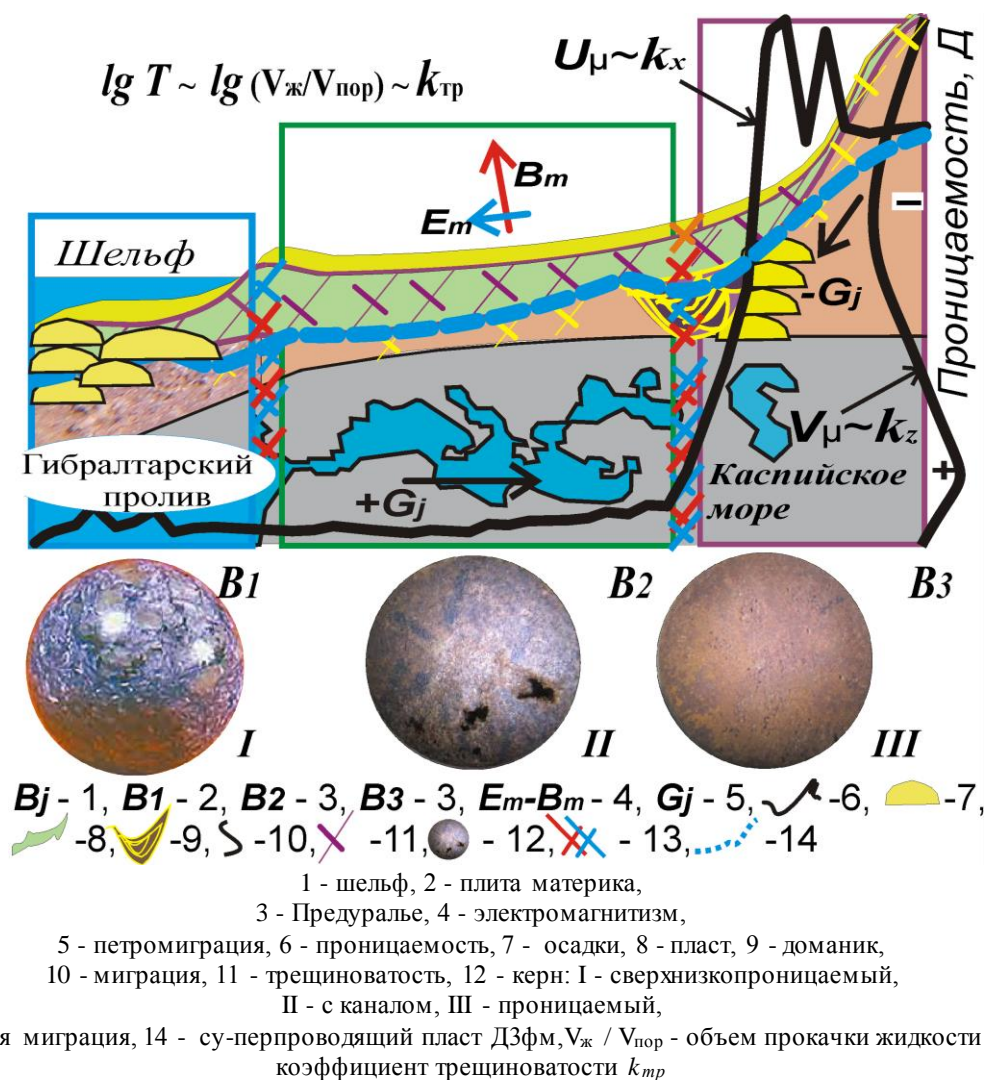


Рис. 2 – Синергия блочной проводимости и проницаемости керна

Подобная синергия обеспечивает супервысокую продуктивность скважин пласта ДЗфм Ю.Орловского месторождения. Сверхнизкопроницаемая матрица синергией высокоскоростных ритмов продольной и поперечной волн разуплотнения трещиноватости обеспечивает суммарный дебит скважин, расположенных на прямой линии с трубкой,  $\sim 1000$  м<sup>3</sup>/сут несколько лет без снижения давления. Горизонтальная трубка, непрерывно утончаясь,



пересекает пласты нижнего девона и переходит в вертикальную трубку фокусировки аккумуляции глубинной энергии. Амплитуды продольных ритмов деформации, взаимоусиливаясь поперечными, поддерживают высокий дебит скважин, расположенных в контуре трубки и на противоположной стороне.

#### Теоретическое обоснование

Задачи фильтрации затрагивают фундаментальные вопросы физики природы трения микромира атомарно-молекулярного уровня фазовых и поверхностных слоев до макромира появления необратимости в изначально обратимых во времени законах и отображения операторов рассеяния. На рис. 3, а) представлен гидродинамический процесс разгрузки потенциалов свободной энергии поверхностей  $\Sigma$  разупрочнения эллиптических  $\Gamma_T$ , параболических  $\Gamma_B$ , гиперболических  $\Gamma_Z$ , туннельных  $\Gamma_F$  структур и контактов: водо-нефтяного (ВНК)  $\Gamma_0$ , газо-нефтяного (ГНК) -  $\Gamma_F$ . Разработка горизонтальной (ГС) и вертикальной (ВС) скважинами отображается соответствующей траекторией разгрузки давлений  $\Gamma_0$  и  $\Gamma_F$  разуплотненных структур пластично-трещиноватого и упруго-уплотненного двойного порового пространства стратифицированной залежи. На рис. 3, б) представлена проницаемость туннельной 1, баллистической 2, резонансной 3 микроструктур согласно индикаторной кривой (ИК  $\phi 2-8$ ).

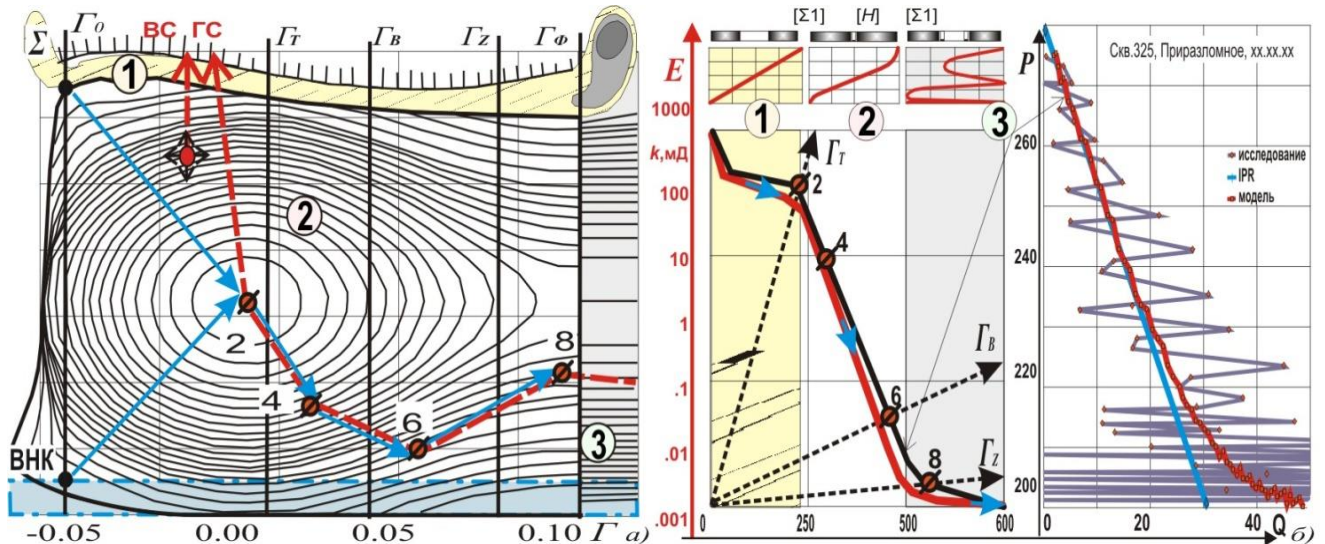


Рис. 3 – (а) Разгрузка потенциалов свободной энергии порового пространства;  
(б) проницаемой микроструктуры согласно индикаторной кривой  $\phi 2-8$

**Поверхности разрывов и трещиноватости.** На поверхностях разрыва областей непрерывных процессов между характеристиками движения и состояния на различных сторонах должны выполняться некоторые универсальные энергетические соотношения. В непосредственной близости от капиллярной поверхности вязкий слой можно достоверно описать и смоделировать пульсационными и осредненными характеристиками нестационарных уравнений Навье-Стокса. Поровая податливость в малом определяется амплитудными характеристиками поверхности, которые должны быть значительно меньше толщины вязкого подслоя фильтрации. В геологическом времени эволюционной аддитивности напластования решение выйдет далеко за пределы вязкого слоя. При этом за фронтом прохождения волнового решения будет формироваться полностью раздробленное поровое пространство той или иной формации.

#### 4D сопряжение вязкого стока и диссипативного осаждения

Представим скорость фильтрации двухслойной области (жидкость+скелет) проницаемого слоя и пульсационной скорости сдвиговой зоны с минимальной скоростью капиллярной пропитки  $l^* = v/u^*$ . Движение несжимаемой жидкости описывается системой уравнений Навье - Стокса для осредненной и пульсационных скоростей и неразрывности [4]

$$\partial u_i / \partial t + u_j u_{i,j} - \langle u_j u_{i,j} \rangle + u_j U_{i,j} + U_j u_{i,j} = -1/\rho \partial p / \partial x_i + \nu \Delta u_i, \quad u_{i,i} = 0, \quad \nu U' = u^*{}^2 + \langle u_i u_i \rangle.$$

Здесь  $\langle u_j u_{i,j} \rangle = (u_j u_{i,j}^* + u_i^* u_{i,j})/4$ ,  $*$  - комплексное сопряжение,  $i, j = x, y, z$ . Начальные условия  $U(x, 0) = U_0(x)$ . Равновесие порового скелета описывается уравнениями вязкоупругого движения дифференциального типа и обобщенного закона Гука

$$\sigma_{ij} = \mu(\xi_{i,j} + \xi_{j,i}) + \lambda \delta_{ij} \xi_{i,i}, \quad \sigma_{ij,j} = \rho \partial^2 \xi_i / \partial t^2,$$

где  $\lambda, \mu$  - обобщенные параметры вязкоупругости. На границах слоев  $q$

$$\sigma_{ij} q^{-1} n_j|_{y=hq} = \sigma_{ij} q n_j|_{y=hq}, \quad \xi_i q^{-1}|_{y=hq} = \xi_i q|_{y=hq},$$

где  $n$  - нормаль. Внешний слой неподвижный  $\xi_i|_{y=0} = 0$  или свободный  $\sigma_{ij} n_j|_{y=0} = 0$ . Сопряжение макро- и микромира определяется дополнительными граничными условиями контакта при  $\eta = (y - Y_0)/l^* = 0$ :

$$u_x = \partial \xi_x / \partial t, \quad u_y = \partial \xi_y / \partial t - \xi_y \partial U / \partial \eta, \quad -p + \partial u_y / \partial \eta = \sigma_{yy} / \rho u^*{}^2, \quad \partial u_x / \partial \eta + \partial u_y / \partial x = \sigma_{xy} / \rho u^*{}^2.$$

Здесь переменные безразмерные. Гармоническая модель вязкоупругости определяется модулями сдвига  $\mu$  и упругости  $\lambda$

$$\mu(\omega) = \mu_0 + \sum_{j=1}^n \mu_j (\omega \tau_j)^2 / (1 + (\omega \tau_j)^2) - i \sum_{j=1}^n \mu_j \omega \tau_j / (1 + (\omega \tau_j)^2), \quad \lambda(\omega) = \lambda_0 - 2/3 (\mu(\omega) + \mu_0),$$

статическими модулями  $\mu_0, \lambda_0$ , функцией релаксации  $\mu(t) = \mu_0 + \sum_{j=1}^n \mu_j e^{-t/\tau_j}$  со спектром  $\tau_j$ . Система уравнений при пренебрежении квадратичными членами пульсаций скорости допускает решение в виде волн  $F_j = F_j(y) \exp i(k_x x + k_z z - \omega t)$ , где  $F_j = u_j, p$ . Решение для скоростей и давления записывается

$$u_j(\eta) = 1/k [G_j(t) \operatorname{sh}[k(\eta - t)] dt + C_j e^{-k\eta}], \quad p(\eta) = 1/ik [G(t) \operatorname{sh}[ik(\eta - t)] dt + C_4 e^{-ik\eta}].$$

Здесь  $G_x = \Theta_x + u_y U_x' + ik_x p$ ,  $G_y = \Theta_y + p'$ ,  $G_z = \Theta_z + ik_z p$ ,  $\Theta_i = -i(k U_i - \omega) u_i$ ,  $G = -ik_x U_x' u_y$ . Из условия сопряжения скоростей пульсаций и Дарси  $U = 1/\alpha \ln \eta + C_\alpha$  находим  $\alpha = 1/R_0 U'(R_0)$ ,  $C_\alpha = U(R_0) - \ln R_0/\alpha$ .

Поровая деформация генерирует касательные напряжения, которые при  $\tau_\omega \geq \rho u^2$  создают тягу. Усиления деформации проявляются на границах торможения формаций и упругого уплотнения скелета, где вторые моменты микроуровня и резонансных частотах становятся очень большими. Сыпучие слои при фазовых скоростях  $C/a_\mu > 1$  при  $\omega > \omega_s$  способны индуцировать только отрицательные, снижающие сопротивление трения, напряжения Рейнольдса во всем вязком слое. Амплитуды поверхностей подобных типов значительно больше вязкого слоя, а в районе собственной частоты  $\omega_k \sim 1$  - в несколько десятков раз. Смена знака напряжений указывает на изменение поляризации петромагнетизма или гидрофобности и гидрофильности, на пластичный разрыв и развитие трещиноватости.

Предельные значения сложной реологии уплотнения структур порового пространства учитываются представленным вторым законом Дарси-Фика зависимости средней скорости фильтрации от градиента давления и скоростей пульсации поровой деформации  $U = \lambda \cdot \text{grad}(p - p_{\text{cow}} - \rho g h) - D \Delta u$ , где  $p_{\text{cow}}$  – капиллярное давление,  $\lambda$  - проводимость,  $D$  - коэффициент диффузии.

### Выводы

Осредненный вязкий сток переходит в геофизическую синергию диффузионно-диссипативной пропитки при скоростях  $U = 35 u_{\text{min}} \sim 35 \cdot 10^{-7}$  м/сек независимо от вида геологической границы.

При частотах  $\omega \geq \omega_s$  единица длины колеблющейся поверхности обеспечивает компенсацию вязкого сопротивления трения. Формируются резонансно-сверхпроводящие импульсные выбросы туннелирования формаций, эволюционных переходов энергетических уровней.

Структурно-феноменологические формы капиллярно-молекулярного движения деформируемой поровой микроструктуры соответствуют всем открытым на данный момент феноменам физико-химических форм взаимодействия вещества. Для частного случая напряженно-деформируемого состояния гидродинамики поровой фильтрации в сплошной среде это соответствует мультифазовым траекториям вязких, пластичных и упругих фазовых движений.

### Литература

1. Казанцева Т.Т. Научные законы геологического развития. - Уфа. - Гилем. - 2006. - 74 с.
2. Попков В.И., Шакшин В.П. Интегрированное геолого-гидродинамическое моделирование в системном управлении разработкой нефтегазовых месторождений // Вест. СамГТУ. - № 1(18). - 2009 - с. 239-250.
3. Белов С.В., Фролов А.А. Посланцы мантийных магм // Природа. - № 11. - 1998 - с. 44-56.
4. Popkov V.I., Astafiev V.I., Shterenberg A.M., Khamitov I.G., Kolesnikov V.A., Popkova A.V. Global Hydrocarbon Energy Potential of Euro-Asia or Solution of Navier-Stokes Equation for Deformed Micro-Structure of the Earth's Porous Space // Modern Applied Science. - № 9(9). - 2015 - pp. 307-321.

### References

1. Kazantseva T.T. Scientific Laws of Geological Development. - Ufa. - Gilem. - 2006. - 74 p.
2. Popkov V.I., Shakshin V.P. Integrated Geological and Hydro-dynamic Modeling and System-like Monitoring over Oil and Gas Field development // Bulletin of Sam STU. - issue 1(18). - 2009, - pp. 239 - 250.
3. Belov S.V., Frolov A.A. The Agents of Mantle Magma // Nature. -11. -1998, - pp. 44 - 56.
4. Popkov V.I., Astafiev V.I., Shterenberg A.M., Khamitov I.G., Kolesnikov V.A., Popkova A.V. Global Hydrocarbon Energy Potential of Euro-Asia or Solution of Navier-Stokes Equation for Deformed Micro-Structure of the Earth's Porous Space // Modern Applied Science. - № 9(9). - 2015 - pp. 307-321.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.299

Чукин Р.Б.

Аспирант, Институт геомеханики и освоения недр Национальной академии наук Кыргызской Республики  
**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОХОЖДЕНИЯ ПОПЕРЕЧНОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ ЧЕРЕЗ  
 ГРУНТОВОЕ СЛОИСТОЕ ОСНОВАНИЕ**

**Аннотация**

*В статье приводятся результаты исследования прохождения поперечной сейсмической волны, через слоистое грунтовое основание, представленное численной моделью грунтовой колонны. Теоретическая значимость данных исследований заключается в возможности наглядно изучить эффекты, возникающие в результате отражения сейсмических волн от границ раздела различных грунтов и влияние этого процесса на характеристики колебаний поверхности. Приводятся результаты многофакторного анализа на примере трехслойного грунтового основания. Практическая значимость данного анализа заключается в том, что он позволяет исследовать факторы, влияющие на колебания поверхности при землетрясении, что может помочь в обеспечении сейсмической устойчивости возводимых сооружений.*

**Ключевые слова:** скорость, частота, импульс, колебание.

Chukin R.B.

Postgraduate student, Institute of geomechanics and mineral resources development  
 of Kyrgyz Republic National academy of science

**RESEARCH OF SEISMIC SHEAR WAVE PROPAGATION PROCESS THROUGH SOIL LAYERED  
 FOUNDATION**

**Abstract**

*The paper gives the results of seismic shear wave propagation research through layered soil foundation represented by numerical model of soil column. Theoretical importance of these researches is in possibility visually exploring the effects resulting from reflection of seismic waves from soil boundaries and influence of this process on the surface motions characteristics. The results of multifactor analysis are given on example of soil foundation which consists of three layers. Practical importance of this analysis is that it allows research the factors affecting on surface motion during earthquake that can help to provide seismic stability of constructed facilities.*

**Keywords:** velocity, frequency, impulse, motion.

Для оценки сейсмической устойчивости сооружений, например грунтовых дамб, возведенных на слоистом основании необходимо исследовать влияние местных грунтовых условий на колебания поверхности при землетрясении. Влияние местных грунтовых условий на изменение характеристик колебаний поверхности площадки строительства сооружения при землетрясении является результатом сложного процесса прохождения сейсмических волн. На результирующий сейсмический эффект площадки строительства влияют параметры исходной сейсмической нагрузки и характеристики слоев грунта залегающих в основании. При определенных грунтовых условиях может возникнуть динамическое усиление или ослабление в виде изменения величины пикового ускорения или продолжительности колебаний. Слои залегающего грунта способны изменять частотные характеристики колебаний приходящей к ним сейсмической волны. Результатом таких изменений может быть усиление колебаний на определенных частотных диапазонах, которые могут совпадать с собственными частотами возведенного сооружения. Подобное совпадение приводит к эффектам резонанса. Во время землетрясения Ломы Приета в Сан-Франциско 17 октября 1987 года было отмечено 6-10 кратное увеличение амплитуд колебаний на поверхности глинистых грунтов по сравнению со скальным основанием на частоте 1 Гц и 2-3 кратное для частотного диапазона 3-5 Гц. Собственные частоты большинства разрушенных сооружений составляли 2-3 Гц. При землетрясении в Мехико 1985 года в отдельных частях города резонансное усиление сейсмических колебаний с частотой около 0,5 Гц достигало 75 раз, что привело к избирательному разрушению высотных зданий с близкими резонансными частотами и гибели 10000 человек [1].

Оценка влияния грунтовых условий площадки строительства сводится к изучению трех основных параметров сейсмических колебаний: уровень амплитуд, доминантная частота и продолжительность. Последний фактор может иметь решающее значение для устойчивости некоторых сооружений. Существуют примеры, когда кратковременная сейсмическая нагрузка с высоким значением ускорений оказывалась неопасной для многих сооружений. При Калифорнийском землетрясении 27 июня 1966 года максимальные горизонтальные ускорения на поверхности достигали 4,9 м/сек<sup>2</sup> (0,5 g), но из-за кратковременной продолжительности существенных повреждений сооружений не наблюдалось [2]. И наоборот, колебания с невысокой амплитудой, но с продолжительностью до нескольких десятков секунд могут привести к значительным разрушениям. Землетрясение в Мехико 28 июля 1957 года имело невысокие максимальные горизонтальные ускорения 0,49-0,98 м/сек<sup>2</sup> (0,05-0,1 g), но за счет продолжительности более 90 секунд практически полностью разрушило центр Мехико [3].

Основная цель данной статьи – исследование процесса распространения сейсмических волн в слоистом грунтовом основании, приводящего к изменениям основных параметров сейсмических колебаний. Для достижения данной цели были поставлены и решены следующие задачи: выполнено численное моделирование прохождения сейсмической волны, через слоистое грунтовое основание, представленное колонной, анализ и изучение процесса прохождения сейсмической волны и возникающих особенностей; исследование факторов влияющих на динамическое усиление колебаний поверхности и выявление закономерностей.

Наиболее важными для оценки сейсмической устойчивости сооружений являются поперечные упругие сейсмические волны, так же известные в зарубежной литературе как упругие волны сдвига или вторичные S-волны. Исследования их влияния на колебания поверхности в натурных условиях является дорогостоящим и сложным в

реализации мероприятием. Моделирование с проведением численных экспериментов позволяет обойтись меньшими затратами, а так же наглядно выявить особенности, связанные с прохождением S-волн через слоистое грунтовое основание. Для выполнения численных экспериментов была создана модель основания в кодах программы FLAC 7, представляющая из себя колонну высотой 50 метров и шириной 1 метр. Данная модель используется как численная экспериментальная установка, для изучения изменения горизонтальных скоростей в грунтовых основаниях от приложения к ее основанию касательного напряжения в официальных инструкциях к программе FLAC 7 [4].

Выявление особенностей влияния геологического строения основания нахождение S-волны проводилось на трех видах моделей:

1. однородное скальное основание мощностью 50 метров;
2. двухслойное основание, состоящее из 35 метрового слоя скальной породы и 15 метрового слоя глинистого грунта;
3. трехслойное основание, состоящее из 35 метрового слоя скальной породы, глинистого прослоя мощностью 10 метров и 5 метрового поверхностного слоя песчаного грунта.

Согласно методологии описанной в инструкциях к программе FLAC 7 воздействие S-волны задавалось путем приложения касательного напряжения к нижней границе колонны. Величина касательного напряжения рассчитывается по формуле:

$$\sigma_s = -2\rho C_s * V_s \quad (1)$$

где:  $\rho$  - плотность скальной породы;  $C_s$  - скорость распространения S-волн в скальной породе;  $V_s$  - тангенциальная скорость на границе основания.

По условию экспериментов основанию колонны передается импульс напряжения, вызывающий амплитуду скорости горизонтального смещения (СГС) основания с максимальным значением 1 м/сек. Значения  $V_s$  изменяются от 0 до 1 и определяются функцией синусоиды со сдвигом  $2\pi$  от начала координат  $y(t)$  времени  $t$  по зависимости:

$$y(t) = \frac{1}{2}(1 - \cos(2\pi * f * t)) \quad (2)$$

где:  $f$  - частота импульса в Гц.

Частота  $f$  принимается равной 100 Гц. Такое высокое значение было выбрано для того, чтобы можно было наглядно проследить за тем как S-волна проходит через тело колонны. При более реальных значениях частоты прикладываемого импульса, например 4 Гц, S-волна мгновенно проходит тело колонны, не позволяя исследовать процесс распространения S-волны.

Особенностью моделирования является приложение однопикового воздействия S-волны и то, что касательные напряжения имеют однонаправленное приложение имитирующее удар. Схема приложения импульса напряжения и поведение колонны представлены на рисунке 1. В численных экспериментах колонна моделируется без дополнительного динамического затухания, что позволяет более наглядно проследить за изменением СГС вдоль тела колонны при прохождении S-волны.

В качестве скальной породы был принят гранит. Расчетные свойства гранита были приняты следующими: плотность 2700 кг/м<sup>3</sup>; скорость распространения продольных упругих волн 4500 м/сек; скорость распространения упругих поперечных волн 2250 м/сек [5].

Динамические модули упругости сдвига и объемных деформаций были получены из зависимостей:

$$C_p = \sqrt{\frac{K+4G/3}{\rho}}; C_s = \sqrt{G/\rho} \quad (3)$$

где:  $C_p$  - скорость распространения упругих продольных волн;  $C_s$  - скорость распространения упругих поперечных волн;  $K$  - динамический модуль упругости объемных деформаций;  $G$  - динамический модуль упругости деформаций сдвига.

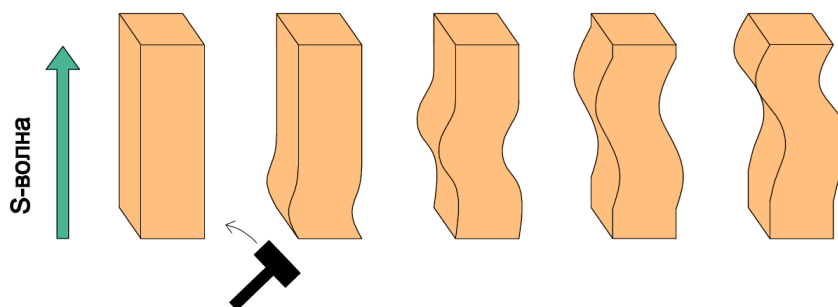


Рис. 1 – Схема приложения импульса напряжения и смещения колонны

Граничные условия численной модели заданы так, что основание жестко зафиксировано, а вершина может свободно колебаться. Основанию модели так же была задана вязкая поверхность затухания, которая полностью поглощает приходящие к ней отраженные волны. Значения СГС наблюдались в трех контрольных точках численной модели колонны: 1 – в основании колонны; 2 – в середине колонны; 3 – на вершине колонны. Положение контрольных точек во всех численных экспериментах не менялось.

Численная модель первого эксперимента с контрольными точками наблюдения СГС показана на рисунке 2. На рисунке 3 показаны графики изменения СГС при прохождении S-волны во времени. Из рисунка видно, что амплитуда СГС основания колонны равна 1 м/сек. S-волна прошла от границы основания до вершины за 0,0275 секунды и вернулась обратно с той же скоростью к границе основания. В контрольной точке 2 СГС начала возрастать в то время, когда в контрольной точке 1 снизилась до 0.

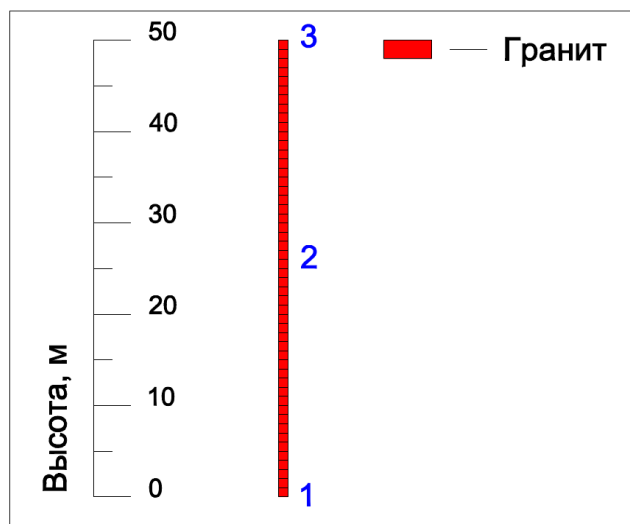


Рис. 2 - Численная модель первого эксперимента

Амплитуды скоростей в этих двух контрольных точках одинаковы по значениям. СГС вершины колонны увеличилась в два раза, и составила, 2 м/сек. Две последующие линии характеризуют СГС в контрольных точках 2 и 1, вызванные отраженной S-волной от свободной поверхности колонны. После того, как S-волна вернулась в основание колонны, вязкая поверхность затухания поглощает ее. Подобное поглощение можно ассоциировать с бесконечной средой. Амплитуды СГС в контрольных точках 2 и 1 от отраженной волны идентичны и равны половине амплитуды СГС вершины колонны.

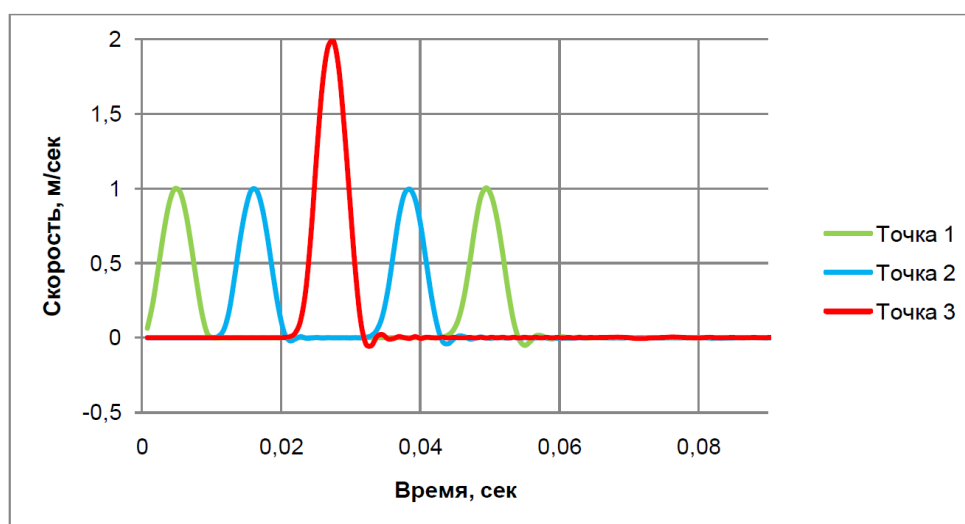


Рис. 3 - Графики изменения СГС в теле колонны, первый эксперимент

Гранитная колонна от прохождения однонаправленной S-волны практически не совершает колебательных движений. На это указывают графики СГС, которые не имеют существенных отрицательных значений.

Во втором численном эксперименте свойства 35-ти метрового гранитного слоя и величина прикладываемой нагрузки остается такой же, как для первого эксперимента. Глинистый прослой мощностью 15 метров над гранитным основанием имел следующие свойства: плотность  $1800 \text{ кг/м}^3$ ; скорость распространения продольных упругих волн 1500 м/сек; скорость распространения упругих поперечных волн 750 м/сек. Динамические модули упругости для глины были определены из зависимостей (3). Численная модель второго эксперимента показана на рисунке 4. На рисунке 5 показаны записи СГС от приложенного воздействия. Для анализа были рассмотрены записи СГС в теле колонны за 0,2 секунды прохождения S-волны. Характер СГС в колонне, состоящей из двух материалов, поменялся по сравнению с характером СГС в однородной колонне. Время прохождения S-волны от границы основания до вершины колонны увеличилось до 0,042 секунды. Наблюдается колебание вершины колонны. Амплитуды СГС в контрольных точках 1 и 2, которые расположены в граните, идентичны первому эксперименту и равны 1 м/сек. S-волна, подходя к глинистому слою, отражается от него и делится на две составляющие, первая из которых движется обратно к основанию, а вторая продолжает движение к вершине. Последующие две кривые на графике СГС в контрольных точках 1 и 2 это скорости отраженной волны, которая, доходя до основания колонны, полностью затухает. На вершине колонны происходит увеличение СГС, до 3,17 м/сек. Отраженная S-волна от свободной поверхности возвращается вниз к основанию. Доходя до основания глинистого слоя, S-волна вновь делится на две составляющие. Первая, из которых, продолжает двигаться к основанию, а вторая отраженная возвращается к вершине колонны. Вершина колонны свободно колеблется в обоих направлениях. График записанной СГС в точке 3 на вершине колоны указывает на то, что S-волна «гуляет» в глинистом слое вверх и вниз, отражаясь то от свободной поверхности, то от

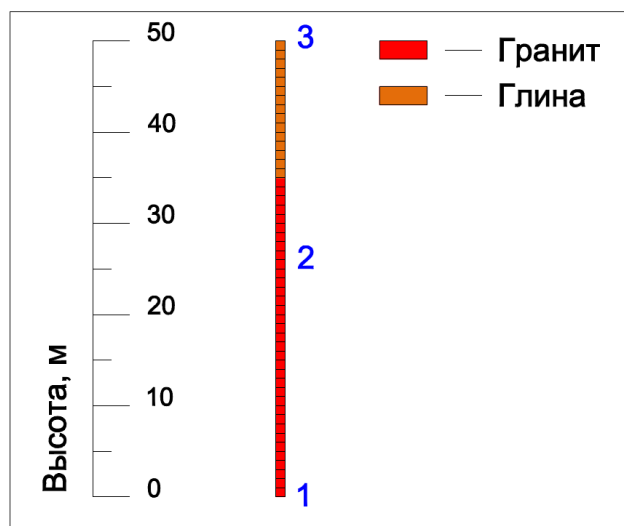


Рис. 4 - Численная модель второго эксперимента

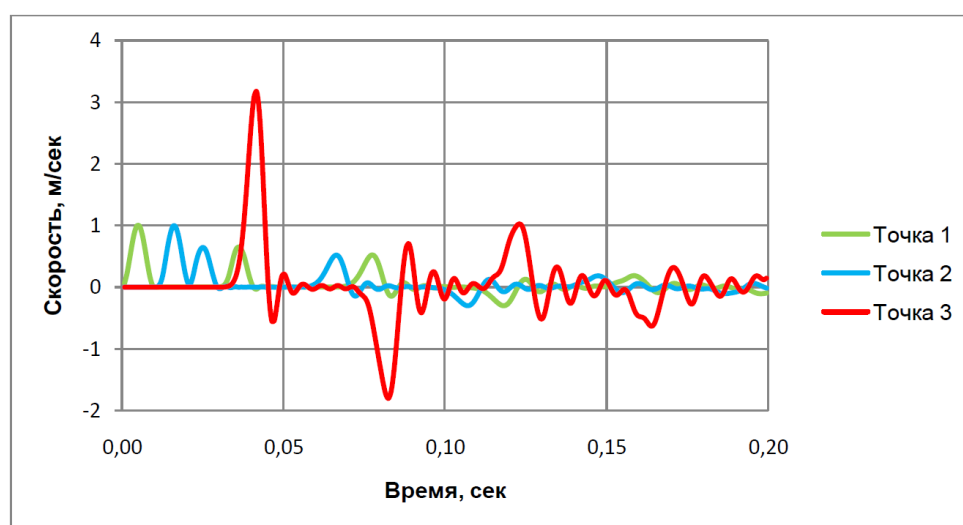


Рис. 5 - Графики изменения СГС в теле колонны, второй эксперимент

границы раздела грунтов. При отражении от границы грунтов каждый раз часть S-волны уходит к основанию, о чем говорят последующие затухающие графики СГС в точках 1 и 2. Колебания вершины по истечении времени затухают. Из графиков СГС на вершине колонны видно, что образуются колебания различной частоты. Был построен график спектральной плотности мощности СГС в точке 3. Данный график изображен на рисунке 6. Он наглядно показывает наличие семи частот колебаний от приложения нагрузки одной частоты. Общая продолжительность колебания вершины колонны увеличилась и составила примерно 0,5 секунды.

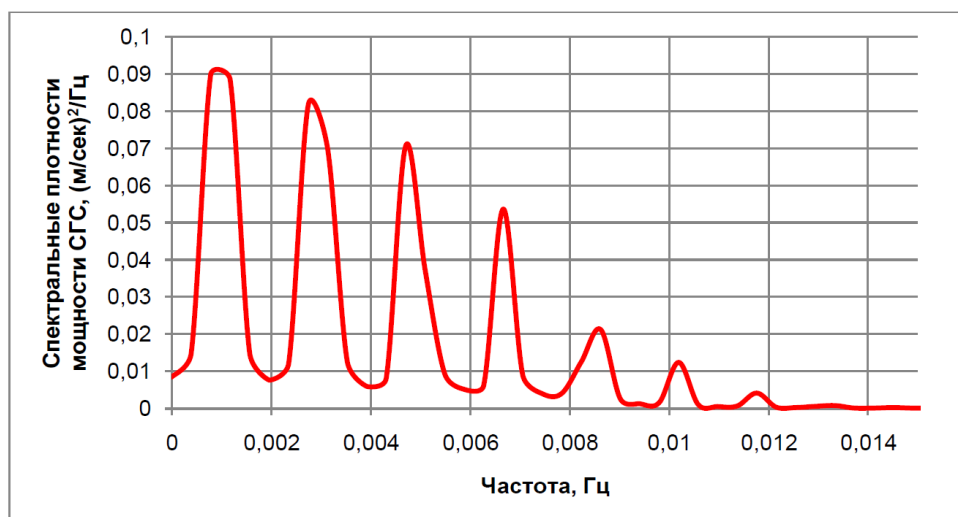


Рис. 6 - Спектральные плотности мощности СГС вершины колонны, второй эксперимент



В третьем численном эксперименте колонна представлена 35 метровым гранитным слоем, глинистым слоем мощностью 10 метров и 5 метровым слоем рыхлого песка над глинистым слоем. Свойства песка, при которых выполнялись расчеты, имели следующие значения: плотность  $1500 \text{ кг/м}^3$ ; скорость распространения продольных упругих волн  $400 \text{ м/сек}$ ; скорость распространения упругих поперечных волн  $200 \text{ м/сек}$ . Численная модель третьего эксперимента показана на рисунке 7. Динамические модули упругости для песка были определены из зависимостей (3). Свойства гранита и глины не изменялись. СГС наблюдались в контрольных точках колонны, как и при двух предыдущих экспериментах. На рисунке 8 показаны записи СГС в контрольных точках 1, 2 и 3 за 0,5 секунды расчета. Из рисунка видно, что наличие третьего песчаного слоя значительно изменило характер колебаний вершины колонны. Пиковое значение амплитуды СГС вершины меньше, чем во втором эксперименте и составляет  $2,67 \text{ м/сек}$ , но амплитуда СГС последующих колебаний от отраженных S-волн гораздо выше. Основной отличительной особенностью от второго эксперимента является то, что отраженная S-волна от поверхности, доходя до кровли глинистого грунта, отражается и возвращается вновь к вершине колонны. Тем самым, проявился эффект «ловушки» песчаного слоя. Об этом говорит очень небольшая амплитуда колебаний СГС возвращающихся к основанию модели, в то время как на поверхности амплитуда остается достаточно высокой, а так же вершина колонны колеблется намного дольше.

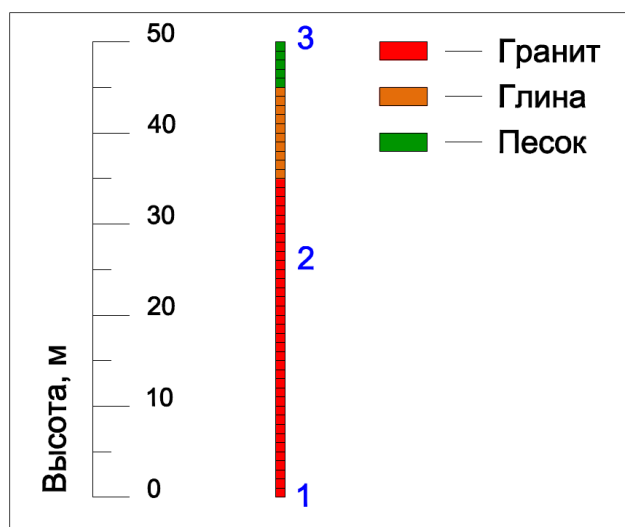


Рис. 7 - Численная модель третьего эксперимента



Рис. 8 - Графики изменения СГС в теле колонны, третий эксперимент

Общая продолжительность колебания вершины увеличилась и даже после 5 секунд расчета не стабилизируется. График спектральной плотности мощности СГС в точке 3 показан на рисунке 9. График спектральной плотности мощности СГС указывает на изменение частоты колебаний.

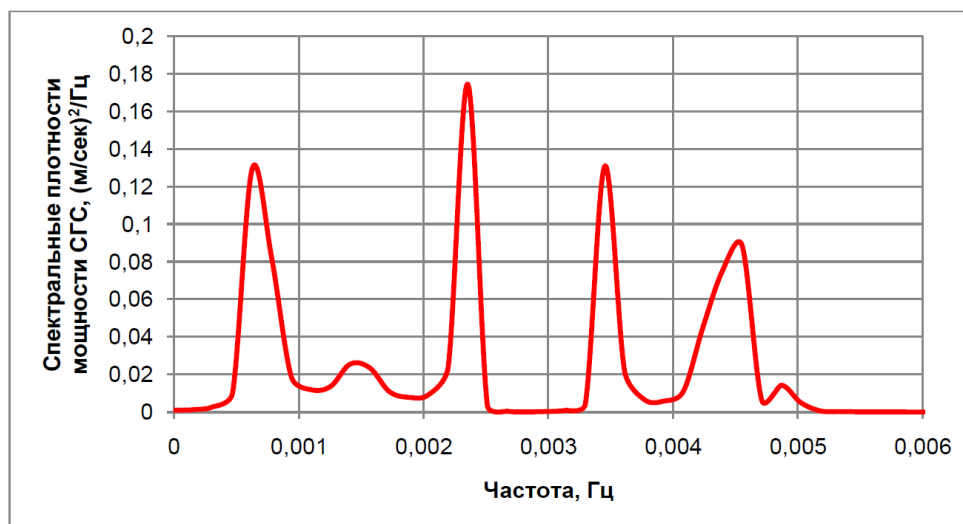


Рис. 9 - Спектральные плотности мощности СГС вершины колонны, третий эксперимент

Был выполнен многофакторный анализ трехслойной грунтовой модели используемой в третьем эксперименте для оценки влияния мощности грунтовых слоев и скорости прохождения упругих поперечных волн в них, на смещения, скорости смещения и пиковое ускорение на вершине колонны. Для многофакторного анализа была использована математическая теория планирования эксперимента (МТПЭ). МТПЭ посвящено значительное количество научной литературы [6, 7]. В выполненных исследованиях была использована версия МТПЭ реализованная в программе Statistica. Методика выполнения численных экспериментов для многофакторного анализа аналогична предыдущим исследованиям распространения S-волны в слоистой грунтовой колонне, за исключением частоты прикладываемого импульса. В исследовании процесса прохождения S-волны значение частоты импульса было выбрано 100 Гц, для получения более достоверных результатов многофакторного анализа частота импульса была понижена до реалистичных 4 Гц.

В качестве варьируемых факторов были выбраны мощность песчаного слоя, обозначенная как  $h_{\text{песок}}$ ; мощность глинистого слоя, обозначенная как  $h_{\text{глина}}$ ; и скорости распространения упругих поперечных волн в этих грунтах, обозначенные как  $V_{s_{\text{песок}}}$  и  $V_{s_{\text{глина}}}$  соответственно. Мощность песчаного слоя  $h_{\text{песок}}$  варьировалась от 2 до 6 метров. Мощность глинистого слоя  $h_{\text{глина}}$  от 4 до 10 метров. Скорость распространения упругих поперечных волн в песчаном слое  $V_{s_{\text{песок}}}$  варьировалась от 250 до 450 м/сек, а в глинистом слое  $V_{s_{\text{глина}}}$  от 150 до 450 м/сек. Диапазоны варьирования  $V_{s_{\text{песок}}}$  и  $V_{s_{\text{глина}}}$  были выбраны из литературы [8]. В качестве отклика были выбраны: СГС вершины колонны, горизонтальные смещение вершины колонны (ГС), пиковые горизонтальные ускорения вершины колонны (ПГУ). Матрица планирования эксперимента приведена в таблице 1.

Достоинством МТПЭ реализованной в программе Statistica является вычисление и графическое представление силы влияния варьируемых факторов и их взаимодействия на отклик. Сила влияния представляется в виде карты Парето. На рисунке 10 приведена карта Парето для отклика СГС вершины колонны.

Вертикальная красная линия разделяет варьируемые факторы и их взаимодействие на значимые и не значимые. Если фактор пересекает вертикальную красную линию, это означает, что фактор значим. Чем сила влияния фактора больше, тем длинней его составляющая. На СГС вершины колонны наибольшее влияние оказывает скорость распространения упругих поперечных волн  $V_{s_{\text{глина}}}$  в глинистом прослое со знаком минус. Знак минус означает, что при снижении значения  $V_{s_{\text{глина}}}$  СГС вершины колонны увеличивается.

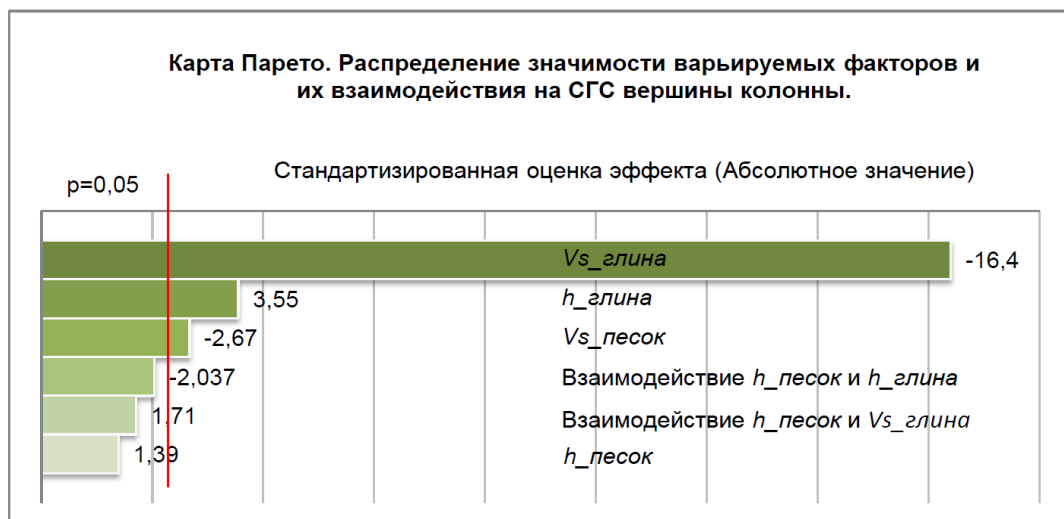


Рис. 10 - Карта Парето для отклика СГС вершины колонны



На втором месте по значимости стоит мощность глинистого слоя  $h_{\text{глина}}$  с положительным знаком. Чем больше мощность глинистого прослоя, тем больше СГС вершины колонны. На третьем месте скорость распространения упругих поперечных волн в песчаном слое  $V_s_{\text{песок}}$ . Остальные факторы не оказывают значимого влияния на СГС вершины колонны. На рисунке 11 приведена карта Парето для отклика ГС вершины колонны.

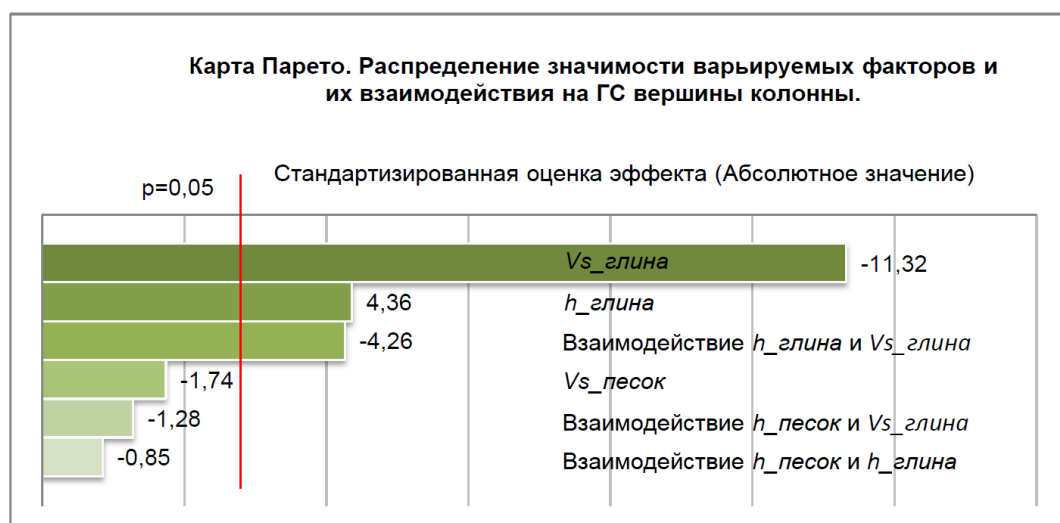


Рис. 11 - Карта Парето для отклика ГС вершины колонны

Таблица 1 – Матрица планирования численного эксперимента и значения откликов

№ Эксперимента	Варьируемые факторы				Отклики		
	$h_{\text{песок}}$	$h_{\text{глина}}$	$V_s_{\text{песок}}$	$V_s_{\text{глина}}$	СГС	ГС	ПГУ
	м	м	м/сек	м/сек	м/сек	м	м/сек <sup>2</sup>
1	2	4	250	150	2,50	0,254	42,62
2	2	4	250	450	1,89	0,234	24,19
3	2	4	450	150	2,47	0,253	41,72
4	2	4	450	450	1,88	0,234	23,82
5	2	10	250	150	2,85	0,339	50,05
6	2	10	250	450	1,92	0,235	25,19
7	2	10	450	150	2,83	0,338	49,56
8	2	10	450	450	1,91	0,235	24,69
9	6	4	250	150	2,67	0,296	49,16
10	6	4	250	450	2,04	0,238	30,13
11	6	4	450	150	2,55	0,286	45,24
12	6	4	450	450	1,90	0,234	24,42
13	6	10	250	150	2,62	0,350	34,17
14	6	10	250	450	2,09	0,240	30,47
15	6	10	450	150	2,53	0,345	32,50
16	6	10	450	450	1,94	0,236	25,29
17	0	7	350	300	1,98	0,236	27,86
18	8	7	350	300	2,25	0,254	34,57

Окончание табл. 1 – Таблица 1 – Матрица планирования численного эксперимента и значения откликов

№ Эксперимента		Варьируемые факторы				Отклики		
		$h_{\text{песок}}$	$h_{\text{глина}}$	$V_{s_{\text{песок}}}$	$V_{s_{\text{глина}}}$	СТС	ГС	ПГУ
		м	м	м/сек	м/сек	м/сек	м	м/сек <sup>2</sup>
19	4	1	350	300	1,91	0,234		24,61
20	4	13	350	300	2,33	0,264		36,49
21	4	7	150	300	2,43	0,252		39,10
22	4	7	550	300	2,11	0,241		29,60
23	4	7	350	100	2,72	0,376		34,21
24	4	7	350	600	1,86	0,234		23,31
25	4	7	350	300	2,14	0,242		30,40
26	4	7	350	300	2,14	0,242		30,40

Наибольшее влияние оказывает  $V_{s_{\text{глина}}}$  со знаком минус. На втором месте мощность  $h_{\text{глина}}$  глинистого слоя со знаком плюс. На третьем месте стоит взаимодействие факторов  $h_{\text{глина}}$  и  $V_{s_{\text{глина}}}$ .

На рисунке 12 приведена карта Парето для отклика ПГУ вершины колонны. Все факторы оказались не значимы, за исключением фактора скорости распространения упругих поперечных волн в глинистом слое  $V_{s_{\text{глина}}}$  со знаком минус.

Был построен график зависимости ГС вершины колонны от скорости распространения упругих поперечных волн в глинистом прослое  $V_{s_{\text{глина}}}$ , данный график представлен на рисунке 13. Из графика видно, что данная зависимость носит нелинейный характер. При скоростях распространения упругих поперечных волн в глинистом прослое  $V_{s_{\text{глина}}}$  ниже 400 м/сек, смещения колонны возрастают. Величина достоверности аппроксимации  $R^2$  составляет 0,7437.

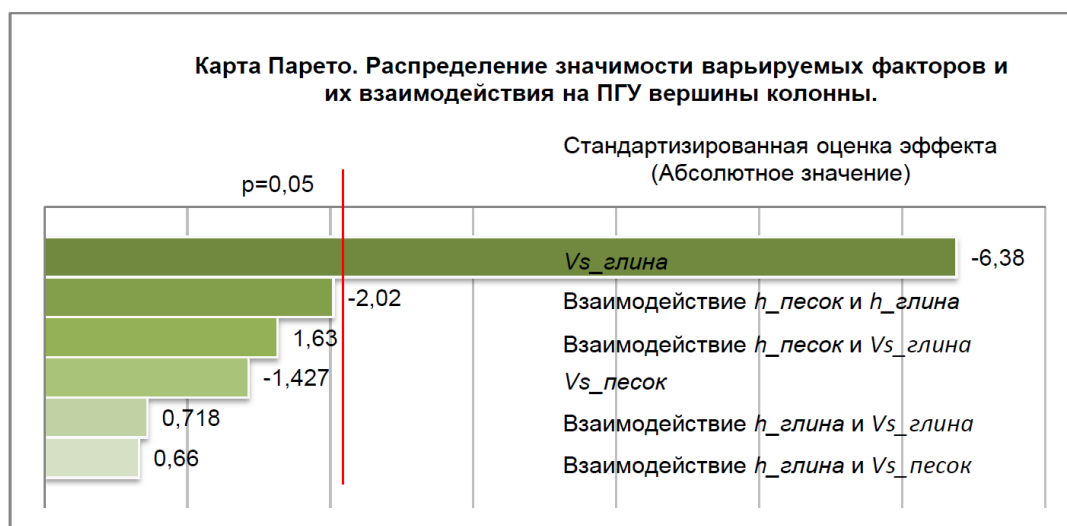
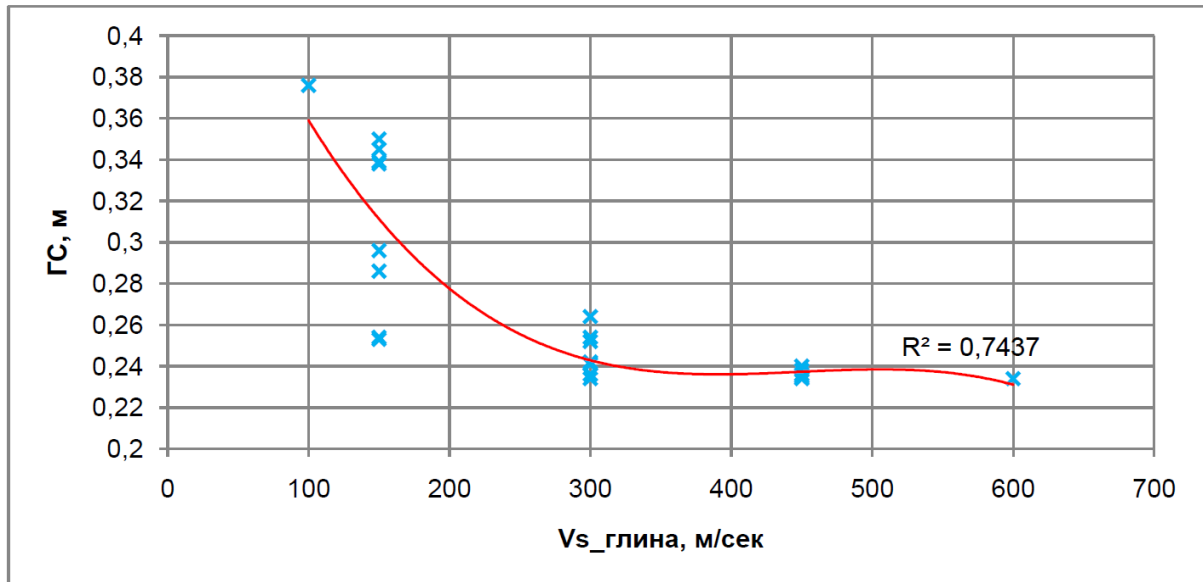


Рис. 12 - Карта Парето для отклика ПГУ вершины колонны

Выполненные численные эксперименты по исследованию распространения сейсмической волны в слоистом основании наглядно показали особенности данного процесса, связанные с отражением волн от границ раздела грунтов и от свободной поверхности. В численных экспериментах показан эффект «ловушки», - сейсмическая волна, отражаясь от границы раздела грунтов, продолжает оставаться внутри слоя грунта, и

Рис. 13 - График зависимости ГС вершины колонны от  $V_{s\_глина}$  глинистого слоя

становится источником сейсмических колебаний, увеличивая их продолжительность и изменяя характеристики. Полученные результаты помогают понять причины возникновения динамического усиления амплитуд колебаний на поверхности, а так же изменения частотных характеристик сейсмического воздействия и их продолжительности. Интерпретируемые результаты подтверждают изменение динамической нагрузки при условии наличия в основании выше коренных пород грунтов с более низкими значениями распространения скоростей упругих по поперечным волн.

Многофакторный анализ для трехслойной модели грунтовой колонны, состоящей из коренных пород, слоя глины и поверхностного песчаного слоя выявил увеличение величин горизонтальных смещений, скоростей горизонтальных смещений и пиковых горизонтальных ускорений на вершине колонны со снижением значения распространения упругих поперечных волн в глинистом слое. Увеличение мощности глинистого слоя, так же приводит к увеличению откликов данных динамических параметров. В численных экспериментах многофакторного анализа не учитывалось влияние дополнительного динамического затухания, например полного затухания Релея или гистерезисного, так же в учет не принималось положение грунтовых вод и рельеф залегающих слоев грунта или поверхности. Все эти факторы являются предметом дальнейших исследований.

Обобщающим выводом проведенных исследований является рекомендация о необходимости индивидуального подхода к изучению динамических откликов площадок строительства, а так же в проведении исследований по выявлению наиболее важных факторов и их взаимодействия влияющих на сейсмический эффект на поверхности. Многофакторный анализ позволяет понять, на что стоит обратить внимание при проектировании объектов и оценке их сейсмической устойчивости. В статье продемонстрировано возможность использования численных методов с подключением аппарата математической теории планирования экспериментов для решения данной задачи.

#### Литература

1. Вознесенский Е.А. Динамическая неустойчивость грунтов // Вестник Московского университета. Сер. геология. - 1995. - №5. - С.71-88.
2. Cloud W. K. Intensity map and structural damage, Parkfield, California, Earthquake of June 27. 1966 // Bulletin of the Seismological society of America. 1967. V. 57. № 6. P. 1161-1179.
3. Rosenblueth E. The earthquake of 28 July 1957 in Mexico City // Proceedings 2nd World Conference on Earthquake Engineering, Japan. 1960. V. L.
4. FLAC 7.0 User manual. Dynamic analysis. Shear wave propagation in a vertical column. Itasca Consulting Group Inc. Minnesota. USA. 2011. P. 17-19.
5. Поляков С.В. Сейсмостойкие конструкции зданий: Учебное пособие для вузов. - 2-е изд. - М.: Высш. школа, - 1983. - 304 с.
6. Дэниел К. Применение статистики в промышленном эксперименте. Перевод с англ. [под ред. к.т.н. Э.К. Лецкого]. Изд-во «Мир», - М. - 1979. - 294 с.;
7. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Методы планирования эксперимента. Пер. с англ. - М.: Мир, - 1981. - 520 с.
8. Bernard R. Wair, Jason T. DeJong, Thomas Shantz. Guidelines for Estimation of Shear Wave Velocity Profiles, PEER Report 2012/08 // Pacific Earthquake Engineering Research Center. California, USA. 2012.

#### References

1. Voznesenskij E.A. Dinamicheskaja neustojchivost' gruntov // Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. geologija. - 1995. - №5. - С.71-88.
2. Cloud W. K. Intensity map and structural damage, Parkfield, California, Earthquake of June 27. 1966 // Bulletin of the Seismological society of America. 1967. V. 57. № 6. P. 1161-1179.
3. Rosenblueth E. The earthquake of 28 July 1957 in Mexico City // Proceedings 2nd World Conference on Earthquake Engineering, Japan. 1960. V. L.
4. FLAC 7.0 User manual. Dynamic analysis. Shear wave propagation in a vertical column. Itasca Consulting Group Inc. Minnesota. USA. 2011. P. 17-19.

5. Poljakov S.V. Sejsmostojkie konstrukcii zdanij: Uchebnoe posobie dlja vuzov. - 2-e izd. - M.: Vyssh. shkola, - 1983. - 304 s.
6. Djeniel K. Primenenie statistiki v promyshlennom jeksperimente. Perevod s angl. [pod red. k.t.n. Je.K. Leckogo]. Izd-vo «Mir», - M. - 1979. - 294 s.;
7. Dzhonson N., Lion F. Statistika i planirovanie jeksperimenta v tehnikе i nauke: Metody planirovanija jeksperimenta. Per. s angl. - M.: Mir, - 1981. - 520 s.
8. Bernard R. Wair, Jason T. DeJong, Thomas Shantz. Guidelines for Estimation of Shear Wave Velocity Profiles, PEER Report 2012/08 // Pacific Earthquake Engineering Research Center. California, USA. 2012.

## **ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOGRAPHY**

**DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.075**

**Соколова Т.Л.<sup>1</sup>, Соколов Д.Е.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Кандидат биологических наук, ФГБОУ ВПО Костромской государственной университет имени Н.А. Некрасова

<sup>2</sup> Студент ФГБОУ ВПО Костромской государственной университет имени Н.А. Некрасова,  
факультет естествознания

### **ПЕРМСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ СОЛИГАЛИЧСКОГО РАЙОНА КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ КАК ОБЪЕКТ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*Аннотация*

*В статье рассмотрено значение комплексных исследований ископаемых организмов для реконструкции физико-географических условий прошлого на примере палеофауны пермских отложений Солигаличского района Костромской области. Актуальность изучения данной темы обусловлена малой изученностью палеофаунистического разнообразия пермских отложений района исследования, а также недостаточностью литературных данных по рассматриваемой проблеме.*

**Ключевые слова:** палеофауна, пермский период, палеогеография.

**Socolova T.L.<sup>1</sup>, Socolov D.E.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> PhD in Biology, Kostroma State University named after N.A.Nekrasov

<sup>2</sup> Student, Kostroma State University named after N.A.Nekrasov, faculty of natural Sciences

### **PERMIAN SEDIMENTS OF THE SOLIGALICH DISTRICT, KOSTROMA REGION AS AN OBJECT OF PALAEOGEOGRAPHICAL STUDIES**

*Abstract*

*The article discusses the importance of integrated studies of fossil organisms to reconstruct the physico-geographical conditions of the past on the example of paleofauna Permian deposits Soligalich district, Kostroma region. The relevance of studying this topic is due to low knowledge paleogeographical diversity of Permian deposits of the study area, and the insufficient literature data on the problem under consideration.*

**Keywords:** paleofauna, perm period, paleogeography.

**П**алеогеографические исследования основаны на реконструкции физико-географических условий прошлого, изучение которых позволяет выявить закономерности их временного развития. В географическом аспекте палеогеографические реконструкции важны как средство познания происхождения современной геологической обстановки, истории становления современных ландшафтов, их структуры и как основа для прогнозирования будущего состояния геосистем, что позволяет в определенной мере давать рекомендации по их рациональному природопользованию. Единственным отрезком геологической истории, обоснованным на территории России является пермская система, которая имеет свои корни в виде стратотипов ярусов или образцовых разрезов, представляющих собой последовательность отложений, содержащих разнообразную фауну и флору. Основные эталонные обнажения пермской системы, которые служат руководством для всех геологов мира, находятся в Приуралье. Особый интерес к пермскому периоду обусловлен тем, что данной период выступает в качестве связующего звена между палеозойской и мезозойской эрами. Это имеет громадное значение для стоящего в основе современной геологии эволюционного учения о последовательном и постепенном развитии на Земле физико-географических условий, рельефа земного шара и организменного мира. Последовательность этой связи до конца не установлена.

Единственным и реальным документом геологического прошлого является оставшиеся от геологического времени напластования (отложения). При этом наибольший интерес представляют осадочные породы, так как их формирование непосредственно связано с конкретными физико-географическими условиями. Подобные отложения имеются на территории Солигаличского района Костромской области. Комплексные стратиграфические исследования пермских отложений в пределах этого района не проводились и изучены недостаточно. Не многочисленны и литературные сведения по данной проблеме. Поэтому изучение и сохранение в связи с нарастанием антропогенной нагрузки, такого геологического объекта является актуальной задачей и имеет научно-практическое значение.

Солигаличский район расположен на северо-западе Костромской области в бассейне верхней Волги и ее левого притока — Костромы на Галичско-Чухломской возвышенности. Территория района исследования характеризуется повсеместным распространением отложений казанского яруса верхней перми, которые представлены в основном органогеннообломочными известняками и доломитами, мощностью от 85 до 100 м. Причем карбонатные отложения казанского яруса на Солигаличском понятии выходят на поверхность или залегают неглубоко от поверхности земли под четвертичными образованиями. Подобные отложения наблюдаются в долинах рек Светица и Сельма. На юго-западе района исследования выделяют отложения татарского яруса верхней перми, сложенные преимущественно

терригенными породами. Под четвертичными отложениями разного генезиса кроме повсеместно развитых коренных верхнепермских терригенно-карбонатных и терригенных отложения, в пределах района исследования находятся также отложения нижнего триаса.

Ископаемые организмы (окаменелости) являющиеся остатками древних экосистем, как правило, были тесно связаны с теми физико-географическими условиями, в которых формировались вмещающие их осадки. В ходе биофациального анализа пермских отложений района исследования изучены не только отдельные организмы, но и их сообщества – палеобиоценозы, условия захоронения, морфология отдельных организмов и другие особенности, которые отражают образ жизни и условия обитания древних организмов, что способствует восстановлению палеогеографической обстановки места и времени их обитания.

Изучение палеофаунистического разнообразия отложений осуществлялось в полевой период 2014-2015 гг. в пределах карьера на территории Солигаличского района Костромской области. Обнажения, которые подверглись исследованию, относятся к казанскому ярусу. В результате полевого обследования обнажения нами отобрано 80 экземпляров ископаемых организмов, при определении систематической принадлежности которых зарегистрировано 16 представителей палеофауны пермского периода, являющиеся представителями типа Coelenterata (Anthozoa), Brachiopoda, Bryozoa и представители типа Mollusca. В определении видов ископаемых организмов пермского периода в районе исследования использованы определительные таблицы следующих авторов: В.И. Бодылевский (1962), Б.Т. Янин (1971); О.Б. Бондаренко, И.А. Михайлова (1984). Систематический обзор, зарегистрированной в районе исследования палеофауны представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Систематический палеофаунистический список района исследования на период исследования

Тип/Класс	Отряд	Род	Вид	Пе-риод
Тип Coelenterata: Класс Anthozoa				
Тип Brachiopoda: Класс Articulata (Rhynchonellata)	Productida	Strophalosa Globiella  Aulosteges	- <i>Globiella hemisphaerium</i> (Kutorga), 1884 <i>Aulosteges horrescens</i>	C-P C-P
	Spiriferida	Licharewia  Spiriferellina	<i>Licharewia stuckenbergi</i> <i>Spiriferellina netschajewi</i>	P
	Athyridida	Anathyris  Bajtugania Grunt	<i>Pinegathyris royssianaalta</i> Grunt <i>Bajtugania netschajewi</i> Grunt	P
	Rhynchonellida	Rhynchopora King, 1856	<i>Rhynchopora geinitziana</i> (Verneuil)	D-C
Тип Bryozoa: Класс Stenolaemata	Trepostomida	Tabulipora Young		D-P
	Cryptostomida	Fenestella		O-P
Тип Mollusca: Клас Bivalvia	Desmodonta	Wilkingia Wilson		C-P
Класс Cephalopoda	Nautilida Ammonoidea	Ceratitida		
Класс Gastropoda	Archaeogastro-poda	Pleurotomaria Bellerophon		Т-ныне О – P

В целом, палеобиоценоз Солигаличского района сохраняется на большой площади, ископаемая фауна встречается равномерно. Биофациальный анализ отложений района исследования позволяет охарактеризовать захоронение ископаемых остатков обнажения как инситное (автохтонное), так как обнаруженные нами раковины моллюсков в большинстве целиковые. Массовые поселения брахиопод и двустворок, а также найденные одиночные кораллы, брахиоподовые банки, ножки морских лилий характерны для морского дна неглубокого бассейна. Наличие кораллов, головоногих моллюсков и брахиопод, которые являются стеногалинными организмами, позволяет утверждать, что солёность моря для исследуемого периода на территории Солигаличского района была нормальной. Невозможность распространения коралловых полипов при температуре ниже 20°C, позволяет характеризовать море как теплое. Изучение строения раковин моллюсков (толщину, рельеф, наличие особых приспособлений), и характер их размещения в породе дают нами информацию о том, что на участке исследуемого палеоценоза морского бассейна отсутствовали сильные течения и высокие приливы, дно было илистым. Глубина разрабатываемых отложений известняка в карьере более десяти метров. Ископаемая фауна встречается в верхних горизонтах и с понижением регистрируются количественно меньше, что позволяет предположить трансгрессию моря в более раннюю эпоху и регрессию в позднюю эпоху. Так, характерные этапам регрессии, двустворчатые моллюски встречаются в верхних горизонтах по всему рассматриваемому обнажению на территории района исследования. Изучение отобранных образцов ископаемых моллюсков позволяет отнести обнажение района исследования, к казанскому ярусу нижнего пермского периода. К числу обнаруженных нами за период исследования ископаемых организмов, относятся такие руководящие формы казанского яруса, как *Pinegathyris roysiana* (Keys.), *Globiella hemisphaerium* (Kut.), *Rhynchopora geinitziana* (Verneuil). Присутствие таких же форм брахиопод, характерных для казанского яруса Волжско-Камского края, отмечают В.С.Губарева (1998) [3] и В.П. Болтаева (2005, 2007) [1, 2].

Таким образом, исследование палеобиоценоза обнажений района исследования имеет большой потенциал развития. Комплекс изученных образцов имеет значение, как для местных, межрегиональных и глобальных корреляций, так и для понимания развития морской биоты региона в целом. Дальнейшее его изучение позволит дать более точное представление об эволюции видов на границе пермь-триас, описать физико-географические условия прошлого, а также выявить новые виды палеофауны, дополнить палеонтологическую характеристику стратиграфических подразделений казанского яруса Восточно-Европейской платформы.

#### Литература

1. Болтаева В. П. Брахиоподы казанского яруса: история изучения и биостратиграфическая приуроченность / В. П. Болтаева // Материалы Всероссийской научной конференции “Верхний палеозой России: стратиграфия и палеогеография”. – Казань: Изд-во КГУ, 2007. – С. 29-31.
2. Губарева В. С., Брахиоподы казанского яруса стратотипических разрезов / В. С. Губарева, В. П. Болтаева // Тезисы Докладов Междунар. симпоз. “Верхнепермские стратотипы Поволжья”. – Казань: Изд-во “Мастер Лайн”, 1998. – С. 61-63.

#### References

1. Boltaeva V. P. Brahiopody kazanskogo yarus: istoriya izucheniya i biostratigraficheskaya priurochennost' / V. P. Boltaeva // Materialy Vserossiyskoj nauchnoj konferencii “Verhnij paleozoj Rossii: stratigrafiya i paleogeografiya”. – Kazan': Izd-vo KGU, 2007. – S. 29-31.
2. Gubareva V. S., Brahiopody kazanskogo yarus: stratotipicheskikh razrezov / V. S. Gubareva, V. P. Boltaeva // Tezisy Dokladov Mezhdunar. simpoz. “Verhnepermskie stratotipy Povolzh'ya”. – Kazan': Izd-vo “Master Lajn”, 1998. – S. 61-63.

**ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOLOGY AND MINERALOGY**

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.167

**Буфеев Ф.К.<sup>1</sup>, Фоменко И.К.<sup>2</sup>, Сироткина О.Н.<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Аспирант, Российский Государственный Геологоразведочный Университет им. Серго Орджоникидзе;<sup>2</sup>ORCID:0000-0003-23186015, Доктор геолого-минералогических наук, ООО "Научно-производственный центр по инженерным изысканиям"; <sup>3</sup>Кандидат геолого-минералогических наук,

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №15-05-00577

**ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ****Аннотация**

*В статье выполнено сравнение результатов расчётов устойчивости склонов при использовании различных методов интерполяции свойств грунтов. Рассматриваются четыре метода интерполяции – метод обратно-взвешенных расстояний, метод Чага, метод Делоне и метод сплайна. Анализ оценки устойчивости склона с учетом использования различных моделей интерполяции свойств грунтов показал, что они оказывают влияние на положение расчетной поверхности скольжения и на величину коэффициента устойчивости. Из этого следует, что корректное решение задачи по оценке устойчивости при задании дискретных значений прочностных свойств грунтов должно выполняться с обоснованием используемого метода интерполяции.*

**Ключевые слова:** модели интерполяции свойств грунтов; расчет устойчивости склонов.

**Bufeev F.K.<sup>1</sup>, Fomenko I.K.<sup>2</sup>, Sirotkina O.N.<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Postgraduate student, Russian State Geological Prospecting University n. a. Sergo Ordzhonikidze; <sup>2</sup>ORCID:0000-0003-23186015, PhD in geology and Mineralogy Sciences, Scientific Production Center for Civil Engineering;<sup>3</sup>PhD of geology and Mineralogy Sciences, Moscow State University M. V. Lomonosov**INFLUENCE OF INTERPOLATION METHODS FOR STRENGTH PROPERTIES OF THE SOIL ON THE RESULTS OF CALCULATION OF SLOPE STABILITY****Abstract**

*In this article a comparison of the results of calculations of slope stability using different interpolation methods of soil properties. We consider four interpolation method - the method of back-weighted distances, Chaga method, Delaunay method and spline method. Analysis of slope stability assessment, taking into account the use of different models of interpolation properties of soils showed that they have an impact on the estimated position of the sliding surface and the value of the stability factor. It follows that the correct solution of the problem to assess the stability of discrete values of strength properties of soils must be carried out with the rationale used by the interpolation method.*

**Keywords:** model interpolation properties of soils; calculation of slope stability.

**Введение**

Одним из главных этапов выполнения работ по количественной оценке устойчивости склонов является схематизация реального объекта моделирования до геомеханической схемы, используемой при построении математической модели [1]. При этом, наибольшая неопределенность и субъективность связана с интерпретацией геологического строения и распределением свойств грунтов в склоновом массиве. Следует отметить, что данной проблеме, в отечественном оползневедении уделялось неоправданно мало внимания.

В настоящее время описаны три принципиально отличающиеся схемы возможного распределения свойств грунтов в склоновом массиве [2]:

- Принятый в российской практике подход – в пределах выделенных расчётных геологических элементов (РГЭ) задаются расчётные характеристики свойств грунтов.
- Принятый за рубежом подход – в пределах выделенных РГЭ задаются нормативные характеристики свойств грунтов (например Eurocode 7 - Design approach 1, Combination 1).
- В пределах массива дискретно задаются значения свойств грунтов. В его основе лежит следующая идея: по известным, фактически замеренным величинам свойств грунтов строится поле распределения свойств в массиве.

Отличительной особенностью третьей схемы распределения свойств грунтов является уход от статистической обработки лабораторных данных при построении расчетной модели. Даже самые мелкие геологические тела неоднородны. В отечественной практике неоднородность учитывается за счёт понижения среднего значения характеристики. В зарубежной - используется среднее значение (или математическое ожидание), при этом неоднородность может быть учтена с помощью вероятностных функций распределения физико-механических характеристик грунтов [3, 4, 5, 6]. Минусом традиционных схем является то, что выделяемому в пределах геологического разреза слою назначаются статистически обработанные характеристики, выборка которых включает в себя значения, определённые для этого слоя в других местах. То есть, если выделенный РГЭ вскрыт в другой скважине, на некотором расстоянии от профиля, который в данный момент обрабатывается, показатели физико-механических свойств будут зависеть от данных, полученных в другой скважине. А при определённом уровне схематизации это вносит погрешность в отражение реальной картины. Особенно это характерно для техногенных грунтов.

Для расчётов устойчивости склонов на основе схемы дискретного распределения свойств грунтов задание значений реализуется следующим образом. На геотехническую модель наносятся координаты отобранных из каждой скважины проб. Они определяются в пространстве по абсолютным координатам устья скважины и глубине отбора пробы. На разрез наносятся значения прочностных свойств грунтов в определённой точке. Далее необходимо



построить поле распределения параметров, используемых при расчете устойчивости склона. При этом, особую значимость приобретает вопрос выбора и обоснования применяемого метода интерполяции [7].

В данной статье рассмотрено влияние на устойчивость моделируемого склона следующих методов интерполяции прочностных свойств грунтов:

- *Метод Чага*

Метод предложен Ашоком Чагом (Ashok K. Chugh) – сотрудником службы водных и энергетических ресурсов штата Колорадо, США. Он был впервые опубликован в статье «Pore Water Pressure in Natural Slopes» (поровое давление воды в природных склонах) [8].

- *Метод триангуляции Делоне*

Метод *триангуляции* Делоне (TIN triangulation, triangulation irregular network – триангуляция неравномерных сетей) предложен советским математиком Борисом Николаевичем Делоне в 1934 году [9, 10].

- *Метод обратных взвешенных расстояний*

Метод обратных взвешенных расстояний (Inverse distance) был предложен профессором Гарвардского университета Дональдом Шепардом (Shepard, Donald). Впервые он был опубликован в статье «A two dimensional interpolation function for irregularly spaced data» (двумерная интерполяционная функция для неравномерно распределённых данных) в 1968 году [11].

- *Метод тонкого сплайна*

Метод тонкого сплайна разработан Ричардом Франком (Franke, Richard) и впервые описан в статье «Thin plate splines with tension» (тонкие сплайны под напряжением), вышедшей в 1985 году [12]. Название «сплайн тонкой пластины» или «тонкий сплайн» (thin-plate spline) отсылает к физической аналогии изгибания тонкого листа металла.

### **Исходные данные**

Оценка зависимости результатов численного анализа опасности развития оползневой процесса от выбранного метода интерполяции прочностных свойств грунтов проводилась на примере расчета устойчивости склона в пределах сферы взаимодействия юго-восточного участка стен и башен XVIII в. Свято-Боголюбского монастыря. В сферу взаимодействия также попадали объекты культурного наследия ЮНЕСКО: Богородице-Рождественский собор, Лестничная башня и переходы палат Андрея Боголюбского. Работы проводились для разработки проекта противоаварийных мероприятий по сохранению объекта культурного наследия - Боголюбского монастыря. В административном отношении участок работ расположен по адресу: Владимирская обл., Суздальский р-н, пос. Боголюбково, Свято-Боголюбский женский монастырь.

В структурном отношении территория проведения изысканий относится к центральной части Московской синеклизы, где с размывом четвертичные отложения залегают на пермских отложениях. В геологическом строении рассматриваемого склона сверху вниз принимают участие современные техногенные накопления ( $tQ_{IV}$ ), современные озерно-болотные отложения ( $lhQ_{IV}$ ), современные аллювиальные (пойменные) отложения ( $aQ_{IV}$ ), нерасчлененные средне-верхнечетвертичные аллювиально-флювиогляциальные отложения первой надпойменной террасы р. Клязьмы ( $a,fQ_{II-III}$ ), нерасчлененные средне-верхнечетвертичные флювиогляциальные и озерно-ледниковые отложения ( $f,lgQ_{II-III}$ ) и отложения северодвинского горизонта татарского яруса пермской системы ( $P_2sd$ ).

Известно, что 20 мая 1851 года во время крестного хода в результате оползня обрушился мост. Тогда погибло около 160 человек. В настоящее время активно развивается суффозионный процесс, который наиболее активно проявился 7 лет назад в образовании провала, увеличивающегося размерах на протяжении этого времени. Также периодически происходит сильное замутнение воды в каптированном роднике и, как следствие, заиливание дна купели под этим родником. На поверхности склона присутствуют трещины, поверхность неровная, бугристая (фото.1). В основании склона разгружаются подземные воды.

На этапе изысканий изучение свойств грунтов проводилось стандартными методами на образцах, отобранных в скважинах, пробуренных на склоне и за его пределами [13].



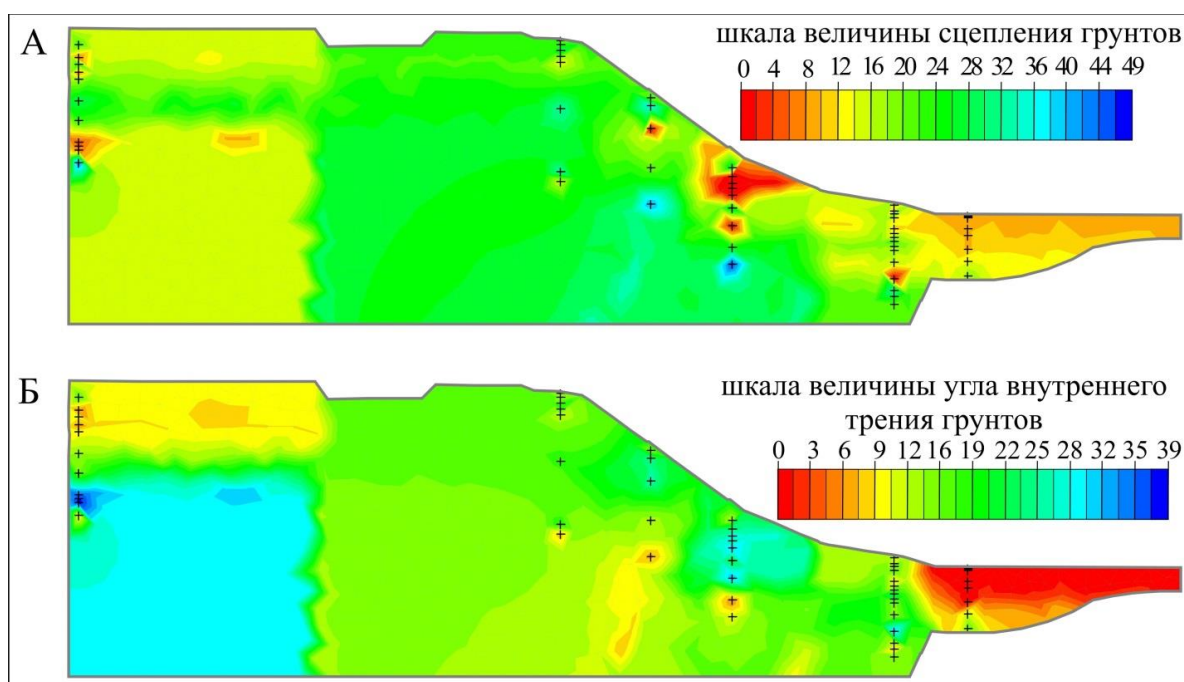
Фото 1 – Общий вид оползневого склона – объекта моделирования.

#### Результаты количественной оценки устойчивости модельного склона

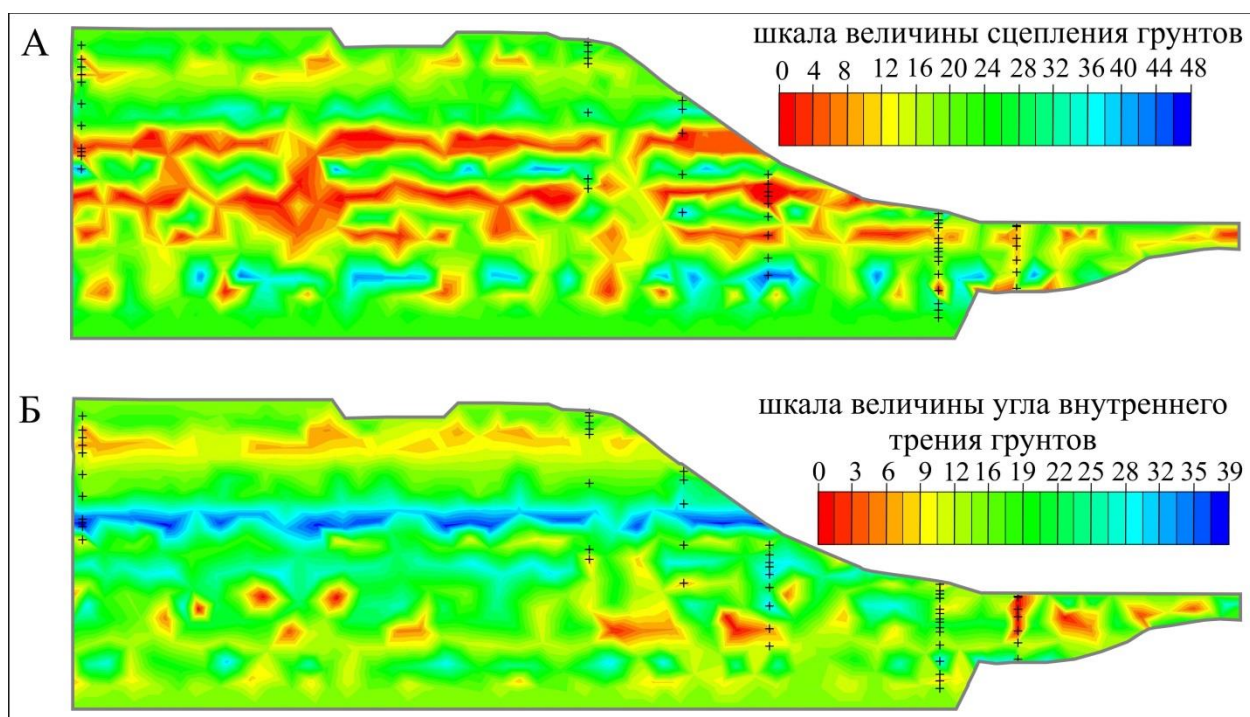
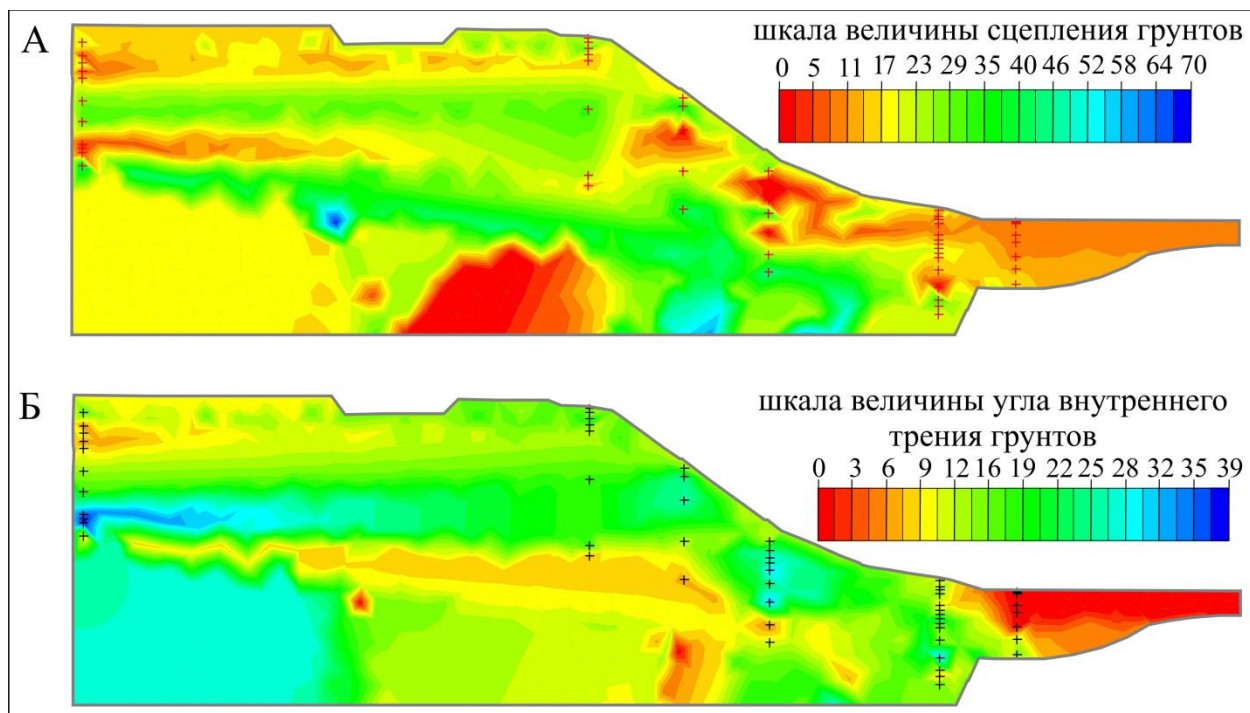
Для оценки зависимости результатов расчётов устойчивости склонов от применяемого метода интерполяции значений прочностных свойств грунтов была выполнена серия расчётов с использованием метода Моргенштерна-Прайса. Данный метод был выбран так как удовлетворяет условиям равновесия моментов и сил [14, 6]. Расчёты производились с применением описанных выше трех схем возможного распределения свойств грунтов в оползневом массиве по круглоцилиндрической поверхности скольжения.

Поля распределения прочностных свойств грунтов в массиве приведены на следующих рисунках:

- с использованием метода обратных взвешенных расстояний - рис. 1А и рис.1Б.
- с использованием метода Делоне – рис. 2А и рис.2Б..
- использованием метода Чага - рис. 3А и рис.3Б.
- с использованием метода тонкого сплайна - рис. 4А и рис.4Б.
- 







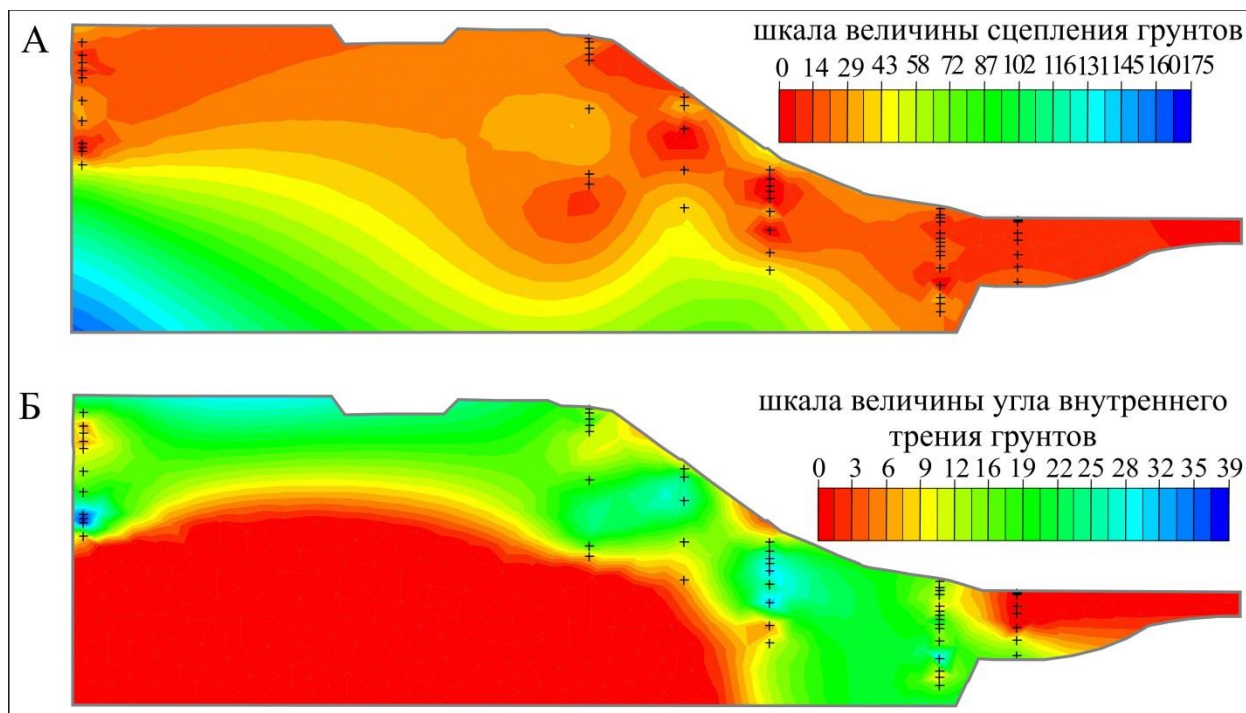


Рис. 4 – Поле распределения сцепления (А) и угла внутреннего трения (Б) в массиве по интерполяционному методу тонкого сплайна

Из полученных результатов видно, что при интерполяции свойств грунтов по методу обратных взвешенных расстояний значение коэффициента устойчивости составило 1,20, эквивалентный объём – 330 м<sup>3</sup>. Это максимальное значение коэффициента устойчивости при расчётах по данному подходу (таб. 1). При использовании интерполяции по методу Делоне значение коэффициента устойчивости составило 1,06, эквивалентный объём – 270 м<sup>3</sup>. Это минимальное значение эквивалентного объёма при расчётах по данному подходу. При использовании интерполяции по методу Чага значение коэффициента устойчивости составило 0,80, эквивалентный объём – 354 м<sup>3</sup>. Это минимальное значение коэффициента устойчивости при расчётах по данному подходу. При использовании интерполяции по методу тонкого сплайна значение коэффициента устойчивости составило 0,92, эквивалентный объём – 447 м<sup>3</sup>. Это максимальное значение эквивалентного объёма при расчётах по данному подходу.

Таблица 1 – Результаты расчетов устойчивости склона

Расчётная схема Параметр	Расчётные свойства грунтов	Нормативные свойства грунтов	Интерполяция по методу обратных взвешенных расстояний	Интерполяция по методу Делоне	Интерполяция по методу Чага	Интерполяция по методу тонкого сплайна
значение коэффициента устойчивости ( $K_u$ )	1,03	1,17	1,20	1,06	0,80	0,92
эквивалентный объём оползневого тела	335	327	330	270	354	447

Итоговая сводная геомеханическая схема с результатами расчётов приведена на рисунке 5.

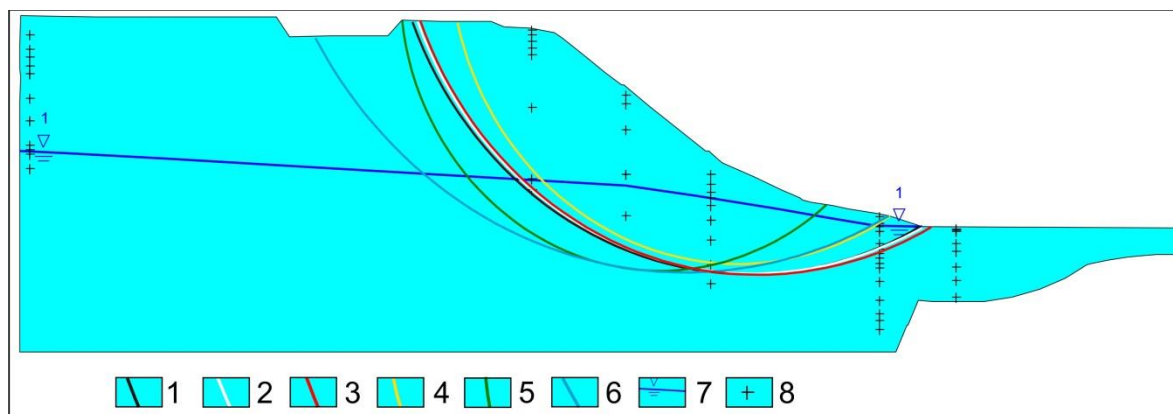


Рис. 5 – Итоговая геомеханическая схема.

Результаты расчетов поверхности скольжения: 1-по расчетным характеристикам, 2-по нормативным характеристикам, 3-с использованием интерполяционного метода обратных взвешенных расстояний, 4-с использованием метода Делоне, 5-с использованием метода Чага; 6- с использованием метода тонкого сплайна; 7- уровень грунтовых вод; 8- места отбора проб грунтов.

#### Обсуждение результатов

Анализируя расчетные данные можно сделать следующие выводы. Наиболее точные результаты были получены при использовании интерполяционного метода обратных взвешенных расстояний. Это следует из того, что значения эквивалентных объемов, отличаются от значений, полученных при расчётах по нормативным свойствам грунтов менее чем на 2,5%. То есть, положение потенциальной критической поверхности скольжения совпало практически идеально. Значение коэффициента устойчивости отличается от рассчитанного по нормативным значениям менее чем на 2%. Это говорит о допустимости подобных расчётов.

Расчёты с использованием интерполяционного метода Делоне показали большее расхождение с результатами стандартных расчётов, по сравнению с методом обратных взвешенных расстояний. Это говорит об ограничении возможности его применения на неоднородных склонах. Это связано со сложностью интерполяции значений прочностных свойств грунтов между скважинами, находящимися на большом расстоянии друг от друга. При этом, структура распределения свойств грунтов в массиве сохраняется, как это видно на рисунках 4 и 5.

Расчёты с использованием методов интерполяции Чага и Тонкого сплайна показали нереалистичные результаты, так как коэффициенты устойчивости склона оказались меньше 1. Это говорит о невозможности их применения для расчётов неоднородных склонов, на которых расстояние между скважинами достаточно велико, так как интерполяция значений прочностных свойств грунтов на больших расстояниях между точками опробования приводит к созданию зон с сильно заниженными или завышенными значениями показателей. Экстраполяция свойств грунтов с использованием метода тонкого сплайна приводит к полиномиальному росту значений вне области интерполяции.

Предлагаемые подходы можно применять для расчёта устойчивости склонов, сложенных в верхней части техногенными грунтами. Определение средних значений характеристик для техногена представляет большую сложность в силу неоднородности состава. Задание поля распределения прочностных свойств грунтов в пределах стратиграфо-генетического комплекса техногенных накоплений позволит производить более качественную оценку устойчивости подобных склонов.

#### Литература

1. Зеркаль О.В., Фоменко И.К. Оценка влияния анизотропии свойств грунтов на устойчивость склонов // Инженерные изыскания.-2013.-№ 9.-С.44-52.
2. Буфеев Ф.К., Кувшинников В.М., Фоменко И.К. Зависимость результатов количественной оценки устойчивости склонов от выбора модели распределения свойств грунтов // Геориск.-2015.-№ 4.-С. 37-42.
3. Krahn. J. Stability modeling with SLOPE/W. An Engineering Methodology.- First Edition, Revision 1.- Calgary, Alberta: GEO-SLOPE International Ltd., 2004.-396 p.
4. Зеркаль О.В., Фоменко И.К. Вероятностная оценка устойчивости склонов и ее использование для анализа оползневой опасности // Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном мире: материалы 9-й Международной научно-практической конференции «ГЕОРИСК–2015» (Москва, 13-14 октября 2015 г.).-Москва, 2015.-Т.1.-С. 225-231
5. Зеркаль О.В., Фоменко И.К. Влияние различных факторов на результаты вероятностного анализа активизации оползневых процессов // Инженерная геология.-2016.-№1.-С. 16-22.
6. Пендин В.В., Фоменко И.К. Методология оценки и прогноза оползневой опасности. М.: Изд-во РФЛенанд, 2015. 320с.
7. Буфеев Ф.К., Кувшинников В.М., Фоменко И.К. Оценка зависимости результатов расчётов устойчивости склонов на исторических территориях от применяемой модели распределения свойств грунтов в массиве (на примере южного склона Свято-Боголюбского монастыря в Боголюбове) // Одиннадцатая научно-практическая конференция «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации» (Санкт-Петербург, 9-11 декабря 2015 г.). - Санкт-Петербург, 2015.
8. Chugh, A.K. Pore Water Pressure in Natural Slopes // International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics/-1981. Vol. 5.-P. 449-454/
9. Делоне Б.Н. О пустоте сферы // Изв. АН СССР.- 1934.- № 4. – С. 793–800.



10. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и её применение.- Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002.- 128с.
11. Shepard, D. A two dimensional interpolation function for irregularly spaced data. Proc. 23rd Nat. Conf. 1968, pp. 517-524.
12. Franke, Richard. Thin plate splines with tension // Computer Aided Geometric Design.-1985, Vol. 2, pp. 87 – 95.
13. Бондарев М.В., Буфеев Ф.К., Кувшинников В.М., Фоменко И.К. Комплексирование методов инженерно-геологических исследований при изучении склоновых процессов // Сборник тезисов 6-го Международного научно-практического Симпозиума «Природные условия строительства и сохранения храмов Православной Руси» (Сергиев-Посад, 14-16 сентября 2015 г.).- Сергиев-Посад, 2015.- С.36-38.
14. Slope stability computer program for Morgenstern-Price method of analysis. User's Manual No. 14 / Krahn. J., Price, V.E., and Morgenstern, N. R. University of Alberta, Edmonton, Alta, 1971.

#### References

1. Zerkal' O.V., Fomenko I.K. Ocenka vlijanija anizotropii svojstv gruntov na ustojchivost' sklonov // Inzhenernye izyskanija.-2013.-№ 9.-S.44-52.
2. Bufeev F.K., Kuvshinnikov V.M., Fomenko I.K. Zavisimost' rezul'tatov kolichestvennoj ocenki ustojchivosti sklonov ot vybora modeli raspredelenija svojstv gruntov // Georisk.-2015.-№ 4.-S. 37-42.
3. Krahn. J. Stability modeling with SLOPE/W. An Engineering Methodology.- First Edition, Revision 1.- Calgary, Alberta: GEO-SLOPE International Ltd., 2004.-396 p.
4. Zerkal' O.V., Fomenko I.K. Veroyatnostnaja ocenka ustojchivosti sklonov i ee ispol'zovanie dlja analiza opolznevoj opasnosti // Analiz, prognoz i upravlenie prirodnyimi riskami v sovremennom mire: materialy 9-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «GEORISK–2015» (Moskva, 13-14 oktjabrja 2015 g.).-Moskva, 2015.-T.1-S. 225-231
5. Zerkal' O.V., Fomenko I.K. Vlijanie razlichnyh faktorov na rezul'taty veroyatnostnogo analiza aktivizacii opolznevyh processov // Inzhenernaja geologija.-2016.-№1.-С. 16-22.
6. Pendin V.V., Fomenko I.K. Metodologija ocenki i prognoza opolznevoj opasnosti. M.: Izd-vo RFLenand, 2015. 320s.
7. Bufeev F.K., Kuvshinnikov V.M., Fomenko I.K. Ocenka zavisimosti rezul'tatov raschjotov ustojchivosti sklonov na istoricheskikh territorijah ot primenjaemoj modeli raspredelenija svojstv gruntov v massive (na primere juzhnogo sklona Svjato-Bogoljubskogo monastyrja v Bogoljubovo) // Odinnadcataja nauchno-prakticheskaja konferencija «Perspektivy razvitiya inzhenernyh izyskanij v stroitel'stve v Rossijskoj Federacii» (Sankt-Peterburg, 9-11 dekabrja 2015 g.). - Sankt-Peterburg, 2015.
8. Chugh, A.K. Pore Water Pressure in Natural Slopes // International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics/-1981. Vol. 5.-P. 449-454/
9. Delone B.N. O pustote sfery // Izv. AN SSSR.- 1934.- № 4. – S. 793–800.
10. Skvorcov A.V. Trianguljacija Delone i ejo primenenie.- Tomsk: Izd-vo Tom. un-ta, 2002.- 128s.
11. Shepard, D. A two dimensional interpolation function for irregularly spaced data. Proc. 23rd Nat. Conf. 1968, pp. 517-524.
12. Franke, Richard. Thin plate splines with tension // Computer Aided Geometric Design.-1985, Vol. 2, pp. 87 – 95.
13. Bondarev M.V., Bufeev F.K., Kuvshinnikov V.M., Fomenko I.K. Kompleksirovanie metodov inzhenerno-geologicheskikh issledovanij pri izuchenii sklonovyh processov // Sbornik tezisov 6-go Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo Simpoziuma «Prirodnye uslovija stroitel'stva i sohraneniya hramov Pravoslavnoj Rusi» (Sergiev-Posad, 14-16 sentjabrja 2015 g.).- Sergiev-Posad, 2015.- S.36-38.
14. Slope stability computer program for Morgenstern-Price method of analysis. User's Manual No. 14 / Krahn. J., Price, V.E., and Morgenstern, N. R. University of Alberta, Edmonton, Alta, 1971.

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС  
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ

Science Index



Мы настоятельно рекомендуем всем нашим авторам зарегистрироваться в системе **Science Index РИНЦ**.

Таким образом, авторы могут более детально контролировать список своих публикаций, не только в нашем журнале, но и во всех научных изданиях, входящих в РИНЦ. Регистрация в системе также позволит узнать индекс научного цитирования автора и его публикаций.

Подробную инструкцию по регистрации в системе Science Index РИНЦ Вы можете найти на нашем сайте <http://research-journal.org/> в разделе «Полезно знать».

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.145

Давыдов А.П.<sup>1</sup>, Злыднева Т.П.<sup>2</sup><sup>1</sup>Кандидат физико-математических наук, доцент, <sup>2</sup>Кандидат педагогических наук, доцент,

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

## О РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ИНВАРИАНТНОСТИ УРАВНЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОСТИ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ ФОТОНА

## Аннотация

В статье приводится важное для обоснования квантовой механики фотона доказательство релятивистской инвариантности уравнения непрерывности для плотности вероятности обнаружить фотон в конфигурационном пространстве в случае плоских монохроматических волн. Поскольку такого типа волны инициируют возникновение подавляющей части наблюдаемых интерференционных явлений, в частности в опыте Юнга, подчеркивается, что их теоретическое объяснение с точки зрения квантовой механики фотона имеет релятивистски инвариантных характер.

**Ключевые слова:** волновой пакет, бивектор, уравнение Шредингера.

Davydov A.P.<sup>1</sup>, Zlydneva T.P.<sup>2</sup><sup>1</sup>PhD in Physics and Mathematics, Associate professor, <sup>2</sup>PhD in Pedagogy, Associate professor,

Nosov Magnitogorsk State Technical University

## ON THE RELATIVISTIC INVARIANCE OF THE CONTINUITY EQUATION IN QUANTUM MECHANICS OF THE PHOTON

## Abstract

This article provides important for the foundation of photon quantum mechanics the proof of relativistic invariance of the continuity equation for the probability density to detect the photon in configuration space in the case of plane monochromatic waves. Since waves of this kind initiate the occurrence of the majority of the observed interference phenomena, including in the Young's experiment, it is emphasized that their theoretical explanation from the point of view of photon quantum mechanics has relativistic invariant character.

**Keywords:** wave packet, bivector, Schrödinger equation.

С момента публикации работы [1] считалось, что для фотона не существует волновой функции в координатном представлении. Однако новые оптические явления требуют рассмотрения одно- и двухфотонных состояний как с методологической точки зрения (квантовая запутанность, нелокальность взаимодействий), так и с практической (квантовые компьютеры, передача информации и др.). В [2–8] предлагалось ввести **волновую функцию фотона, нормированную на единичную вероятность**, исходя из уравнений Максвелла в форме Майорана для  $\xi = \mathbf{E} + i\mathbf{H}$  и  $\eta = \mathbf{E} - i\mathbf{H}$ , составленных из напряженностей поля  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{H}$ . Согласно [5–8], она имеет вид

$$\Psi^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) = \int b(\mathbf{k}, \pm 1) \Psi_{\mathbf{k}, \pm 1}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) d^3\mathbf{k} + \int [b(-\mathbf{k}, \pm 1)]^* \Psi_{\mathbf{k}, \mu 1}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) d^3\mathbf{k}, \quad (1)$$

где

$$b(\mathbf{k}, \lambda) = \frac{(Oe)}{\sqrt{8\pi\eta k c}} B(\mathbf{k}, \lambda); \quad (2)$$

(Oe) – единица измерения (эрстед)  $\xi$  и  $\eta$ , из которых можно образовать бивектор  $\Phi_{bv} = \begin{pmatrix} \xi \\ \eta \end{pmatrix}$  для описания фотона [9]. В [5–8] построен бивектор

$$\Phi_{bv}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) = \int B(\mathbf{k}, \pm 1) \Phi_{bv; \mathbf{k}, \pm 1}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) d^3\mathbf{k} + \int [B(-\mathbf{k}, \mu 1)]^* \Phi_{bv; \mathbf{k}, \mu 1}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) d^3\mathbf{k}, \quad (3)$$

где верхние знаки индексов соответствуют положительной энергии фотона, нижние – «теоретически возможной» отрицательной; числа  $\pm 1$  отвечают двум возможным значениям спиральности  $\lambda$ ; коэффициенты  $B(\mathbf{k}, \lambda)$ , при первоначальном задании состояния фотона с помощью векторов  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{H}$ , однозначно выражаются через эти векторы.

Бивекторы  $\Phi_{bv; \mathbf{k}, \lambda}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t)$  описывают состояния с определенными значениями импульса  $\mathbf{p} = \eta\mathbf{k}$ , спиральности

$\lambda$  и энергии  $E^{(\pm)} = \pm\eta kc$  фотона и имеют вид

$$\Phi_{bv; \mathbf{k}, \pm 1}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) = \begin{pmatrix} \xi_{\mathbf{k}, \pm 1}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) \\ 0 \end{pmatrix} = \frac{(Oe) e_{\pm 1}(\mathbf{k})}{(2\pi)^{3/2}} e^{i(\mathbf{k}\mathbf{r} \pm kct)} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

$$\Phi_{bv; \mathbf{k}, \mu 1}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) = \begin{pmatrix} 0 \\ \eta_{\mathbf{k}, \mu 1}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) \end{pmatrix} = \frac{(Oe) e_{\mu 1}(\mathbf{k})}{(2\pi)^{3/2}} e^{i(\mathbf{k}\mathbf{r} \pm kct)} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad (5)$$

где  $e_{\lambda}(\mathbf{k})$  – комплексные векторы поляризации.



Функция (1) нормируется на единичную вероятность обнаружить фотон во всем пространстве (в том числе, в детекторе), удовлетворяет уравнению типа Шредингера и уравнению непрерывности [5–8]. Таким образом, осуществляется «первичное квантование» состояний фотона.

В [7–8, 10–11] для иллюстрации функции (1) приводятся результаты однофотонного моделирования лазерного фемтосекундного излучения. При моделировании коэффициенты  $b(\mathbf{k}, \lambda)$ , определяющие импульсное распределение фотона в состоянии (1), задаются в гауссовой форме

$$b(\mathbf{k}, \pm 1) = [b(-\mathbf{k}, \mu 1)]^* = \sqrt{\frac{\alpha^3}{2\pi\sqrt{\pi}}} \exp \left[ -\frac{\alpha^2}{2} (k_x^2 + k_y^2 + (k_z \mu k_0)^2) - i\mathbf{k}\mathbf{r}_0 \right]. \quad (6)$$

Выясняется, что начальная «шарообразная» форма данного волнового пакета с течением времени трансформируется в некую «конусообразную» форму, напоминая картину излучения Вавилова-Черенкова.

Хотя монохроматические волны, не являются волновыми пакетами, они могут описывать поток фотонов при рассеянии света на веществе. Эти функции можно также применить при объяснении интерференции, нормируя их на один фотон в заданном объеме  $V$ . В пределе  $\alpha \rightarrow \infty$  выражение (6) устремляет волновой пакет (1) к плоской монохроматической волне, оставляя для нее неизменной нормировку на единичную вероятность. При этом согласно соотношению неопределенностей для энергии и времени [12] будет увеличиваться время  $\tau$ , в течение которого фотон будет излучен. Время  $\tau$ , следовательно, играет такую же важную роль, что и время когерентности в классической электродинамике. Однако, о «длине цуга»  $\lambda = c\tau$  для одиночного фотона можно говорить теперь с гораздо большей корректностью, чем о длине цуга в классической электродинамике. Действительно, в электродинамике цуг «имеет» материальную основу (в виде «куска» волны, обладающей энергией и импульсом). Попадая, например, на полупрозрачную пластинку, он якобы разделяется на две или больше частей, которые затем интерферируют. Очевидно, что для фотонов такие представления совершенно неприемлемы, поскольку они не могут уменьшить свою частоту, «частично» проходя и отражаясь от пластинки. Фотон может «пойти» по данному пути *весь целиком*, как показывает опыт, имея первоначальную частоту (и энергию). Для *неизмеряемой* же напрямую волновой функции вида (1) аналогичное «разделение» *ничем не запрещено*; измеряется лишь плотность вероятности попадания фотона в данную точку.

Волновая функция (1) удовлетворяет уравнению непрерывности [5–8]

$$\frac{\partial \rho_P^{(\pm)}(\mathbf{r}, t)}{\partial t} + \text{div} \mathbf{j}_P^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) = 0, \quad (7)$$

где

$$\rho_P^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) = [\Psi^{(\pm)}(\mathbf{r}, t)]^+ \Psi^{(\pm)}(\mathbf{r}, t), \quad \mathbf{j}_P^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) = c [\Psi^{(\pm)}(\mathbf{r}, t)]^+ \boldsymbol{\alpha}_{bv} \Psi^{(\pm)}(\mathbf{r}, t), \quad (8)$$

матрица  $\boldsymbol{\alpha}_{bv} = \begin{pmatrix} \mathbf{s} & 0 \\ 0 & -\mathbf{s} \end{pmatrix}$ ,  $\mathbf{s}$  – оператор спина фотона в векторном представлении.

В случае монохроматических волн выражения (8) переходят в выражения

$$\rho_{P, \omega}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) = [\Psi_{\omega}^{(\pm)}]^+ \Psi_{\omega}^{(\pm)} = \frac{[\mathbf{E}_{\xi, \pm 1}^{(\pm)}]^2 + [\mathbf{H}_{\xi, \pm 1}^{(\pm)}]^2 + [\mathbf{E}_{\eta, \mu 1}^{(\pm)}]^2 + [\mathbf{H}_{\eta, \mu 1}^{(\pm)}]^2}{8\pi\eta k c} = \frac{\rho_{E, \omega}^{(\pm)}}{\eta k c}, \quad (9)$$

$$\mathbf{j}_{P, \omega}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) = c [\Psi_{\omega}^{(\pm)}]^+ \hat{\boldsymbol{\alpha}}_{bv} \Psi_{\omega}^{(\pm)} = \frac{\{[\mathbf{E}_{\xi, \pm 1}^{(\pm)} \times \mathbf{H}_{\xi, \pm 1}^{(\pm)}] + [\mathbf{E}_{\eta, \mu 1}^{(\pm)} \times \mathbf{H}_{\eta, \mu 1}^{(\pm)}]\}}{4\pi\eta k} = \frac{\mathbf{j}_{E, \omega}^{(\pm)}}{\eta k c}, \quad (10)$$

где  $\rho_{E, \omega}^{(\pm)}$  и  $\mathbf{j}_{E, \omega}^{(\pm)}$  – плотность энергии и плотность потока энергии, задаваемые с помощью (4), (5), например,

$$\rho_E^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) \equiv \frac{1}{8\pi} [\Phi_{bv}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t)]^+ \Phi_{bv}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t). \quad \text{Составляющие напряженностей в (9), (10) удовлетворяют}$$

суперпозиции

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = \mathbf{E}_{\xi, \pm 1}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) + \mathbf{E}_{\eta, \mu 1}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t), \quad \mathbf{H}(\mathbf{r}, t) = \mathbf{H}_{\xi, \pm 1}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) + \mathbf{H}_{\eta, \mu 1}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) \quad (11)$$

и приводят к соотношению (аналогичному в классической электродинамике)

$$\mathbf{j}_{E, \omega}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) = \pm c \rho_{E, \omega}^{(\pm)}(\mathbf{r}, t) \mathbf{n}, \quad (12)$$

где  $\mathbf{n} = \pm \mathbf{k}/k = \pm \mathbf{p}/p$  – единичный вектор вдоль направления распространения волны. При преобразованиях Лоренца для координат и времени

$$x' = \Gamma(x - vt); \quad y' = y; \quad z' = z; \quad t' = \Gamma(t - \beta x/c), \quad (13)$$

где  $\Gamma \equiv 1/\sqrt{1-\beta^2}$ ,  $\beta \equiv v/c$ ,  $v$  – скорость системы  $K'$  относительно  $K$ , плотность энергии и плотность потока энергии волны преобразуются как

$$\rho'_{E,\omega}^{(cl)}(\mathbf{r}',t') = \Gamma^2 \rho_{E,\omega}^{(cl)}(\mathbf{r},t) (1-\beta n_x)^2, \quad (14)$$

$$j'_{E,\omega,x}^{(cl)}(\mathbf{r}',t') = \Gamma^2 c \rho_{E,\omega}^{(cl)}(\mathbf{r},t) (1-\beta n_x)(n_x-\beta), \quad (15)$$

$$j'_{E,\omega,y}^{(cl)}(\mathbf{r}',t') = \Gamma c \rho_{E,\omega}^{(cl)}(\mathbf{r},t) (1-\beta n_x) n_y, \quad (16)$$

где индекс «(cl)» соответствует величинам в классической электродинамике. Очевидно, для  $\rho_{E,\omega}^{(\pm)}$  и  $\mathbf{j}_{E,\omega}^{(\pm)}$  имеют место такие же формулы преобразования, за исключением, что в них следует заменить  $\beta$  на  $-\beta$  для отрицательной энергии фотона. Поделив тогда их на  $\eta k c$ , используя (9), (10) и формулы преобразования ( $k = \omega/c$ ,  $k_x, k_y, k_z$ ), образующих четырехмерный вектор,

$$k' = \Gamma(k \mu \beta k_x), \quad k'_x = \Gamma(k_x \mu \beta k), \quad k'_y = k_y, \quad k'_z = k_z, \quad (17)$$

Получим формулы преобразования для плотностей вероятностей:

$$\rho'_{P,\omega}^{(\pm)}(\mathbf{r}',t') = \frac{\rho'_{E,\omega}^{(\pm)}(\mathbf{r}',t')}{\eta k' c} = \Gamma [\rho_{P,\omega}^{(\pm)}(\mathbf{r},t) \mu (\beta/c) j_{P,\omega,x}^{(\pm)}(\mathbf{r},t)], \quad (18)$$

$$j'_{P,\omega,x}^{(\pm)}(\mathbf{r}',t') = \frac{j'_{E,\omega,x}^{(\pm)}(\mathbf{r}',t')}{\eta k' c} = \pm \Gamma [j_{P,\omega,x}^{(\pm)}(\mathbf{r},t) \mu \beta c \rho_{P,\omega}^{(\pm)}(\mathbf{r},t)], \quad (19)$$

$$j'_{P,\omega,y}^{(\pm)}(\mathbf{r}',t') = j_{P,\omega,y}^{(\pm)}(\mathbf{r},t), \quad j'_{P,\omega,z}^{(\pm)}(\mathbf{r}',t') = j_{P,\omega,z}^{(\pm)}(\mathbf{r},t). \quad (20)$$

Аналогичные формулы получаются [7] и для «чисто классических» выражений. Формулы (18)–(20) означают, что  $c\rho_{P,\omega}^{(\pm)}(\mathbf{r},t)$  и  $\mathbf{j}_{P,\omega}^{(\pm)}(\mathbf{r},t)$  образуют 4-вектор в пространстве Минковского, что и доказывает релятивистскую инвариантность уравнения (7).

**В заключение** отметим, что введение волновой функции фотона позволяет смягчить проблему корпускулярно-волнового дуализма [6–8, 13].

#### Литература

- Landau L., Peierls R. Quantenelectrodynamik im Konfigurationsraum // Zeit. F. Phys. – 1930. – V. 62. – P. 188-198.
- Bialynicki-Birula I. On the Wave Function of the Photon // Acta Phys. Pol. A. – 1994. – V. 86. – P. 97-116.
- Sipe J. E. Photon wave functions // Physical Review A. – 1995. – V. 52. – P. 1875-1883.
- Давыдов А.П. Квантовая механика фотона // НАУКА И ШКОЛА: тезисы докладов XXXIII научной конференции преподавателей МГПИ / под ред. доц. З.М. Уметбаева. Магнитогорск: Изд-во МГПИ, 1995. – С. 206-207.
- Давыдов А.П. Волновая функция фотона в координатном представлении // Вестник МаГУ: Периодический научный журнал. Вып. 5, Естественные науки. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. ун-та, 2004. – С. 235-243.
- Давыдов А.П. Квантовая механика фотона: волновая функция в координатном представлении // Электромагнитные волны и электронные системы. 2015. – Т. 20. – № 5. – С. 43-61.
- Давыдов А.П. Волновая функция фотона в координатном представлении: монография. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. – 180 с.
- Давыдов А.П., Злыднева Т.П. Однофотонный подход к моделированию короткоимпульсного лазерного излучения // Вестник науки и образования Северо-Запада России: электронный журнал, 2015. – Т. 1. – № 4. – URL: <http://vestnik-nauki.ru/>.
- Ахиезер А. И., Берестецкий В. Б. Квантовая электродинамика. – М.: Наука, 1981. – 432 с.
- Давыдов А.П. Эволюция в пространстве и во времени волнового пакета фотона фемтосекундного излучения с точки зрения квантовой механики // Современные проблемы науки и образования: тез. докл. XLIII внутривуз. науч. конф. МаГУ. – Магнитогорск: Изд-во МаГУ, 2005. – С. 269-270.
- Давыдов А.П. Моделирование распространения в трехмерном пространстве волнового пакета фотона // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 73-й межд. научно-техн. конф. – Магнитогорск: Изд-во МГТУ им. Г.И. Носова, 2015. – Т. 3. – С. 133-137.
- Давыдов А.П. Дисперсионная интерпретация соотношения неопределенностей для энергии и времени и короткоимпульсное лазерное излучение в квазиклассическом подходе // Инновации в науке / Сб. ст. по материалам XXXII междунар. науч.-практ. конф. № 4 (29). – Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. – С. 6-14.
- Давыдов А.П. Курс лекций по квантовой механике. Математический аппарат квантовой механики: учеб. пособие / А.П. Давыдов. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. – 188 с.

#### References

- Landau L., Peierls R. Quantenelectrodynamik im Konfigurationsraum // Zeit. F. Phys. – 1930. – V. 62. – P. 188-198.
- Bialynicki-Birula I. On the Wave Function of the Photon // Acta Phys. Pol. A. – 1994. – V. 86. – P. 97-116.
- Sipe J. E. Photon wave functions // Physical Review A. – 1995. – V. 52. – P. 1875-1883.

4. Davydov A.P. Kvantovaja mehanika fotona // NAUKA I ShKOLA: tezisy dokladov XXXIII nauchnoj konferencii prepodavatelej MGPI / pod red. doc. Z.M. Umetbaeva. Magnitogorsk: Izd-vo MGPI, 1995. – S. 206-207.
5. Davydov A.P. Volnovaja funkcija fotona v koordinatnom predstavlenii // Vestnik MaGU: Periodicheskij nauchnyj zhurnal. Vyp. 5, Estestvennye nauki. Magnitogorsk: Izd-vo Magnitogorsk. gos. un-ta, 2004. – S. 235-243.
6. Davydov A.P. Kvantovaja mehanika fotona: volnovaja funkcija v koordinatnom predstavlenii // Jelektromagnitnye volny i jelektronnye sistemy. 2015. – T. 20. – № 5. – S. 43-61.
7. Davydov A.P. Volnovaja funkcija fotona v koordinatnom predstavlenii: monografija. Magnitogorsk: Izd-vo Magnitogorsk. gos. tehn. un-ta im. G.I. Nosova, 2015. – 180 s.
8. Davydov A.P., Zlydneva T.P. Odnofotonnyj podhod k modelirovaniju korotkoimpul'snogo lazernogo izluchenija // Vestnik nauki i obrazovanija Severo-Zapada Rossii: jelektronnyj zhurnal, 2015. – T. 1. – № 4. – URL: <http://vestnik-nauki.ru/>.
9. Ahiezer A. I., Beresteckij V. B. Kvantovaja jelektrodinamika. – M.: Nauka, 1981. – 432 s.
10. Davydov A.P. Jevojlucija v prostranstve i vo vremeni volnovogo paketa fotona femtosekundnogo izluchenija s tochki zrenija kvantovoj mehaniki // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija: tez. dokl. XLIII vnutrivuz. nauch. konf. MaGU. – Magnitogorsk: Izd-vo MaGU, 2005. – S. 269-270.
11. Davydov A.P. Modelirovanie rasprostraneniya v trehmernom prostranstve volnovogo paketa fotona // Aktual'nye problemy sovremennoj nauki, tehniki i obrazovanija: materialy 73-j mezhd. nauchno-tehn. konf. – Magnitogorsk: Izd-vo MGPI im. G.I. Nosova, 2015. – T. 3. – S. 133-137.
12. Davydov A.P. Dispersionnaja interpretacija sootnosheniya neopredelennostej dlja jenergii i vremeni i korotkoimpul'snoe lazernoe izluchenie v kvaziklassicheskom podhode // Innovacii v nauke / Sb. st. po materialam XXXII mezhd. nauch.-prakt. konf. № 4 (29). – Novosibirsk: Izd. SibAK, 2014. – S. 6-14.
13. Davydov A.P. Kurs lekcij po kvantovoj mehanike. Matematicheskij apparat kvantovoj mehaniki: ucheb. posobie / A.P. Davydov. Magnitogorsk: Izd-vo Magnitogorsk. gos. tehn. un-ta im. G.I. Nosova, 2014. – 188 s.

DOI: 10.18454/IJR.2016.46.019

Черёмухина Е.Е.<sup>1</sup>, Мосин В.Г.<sup>2</sup><sup>1</sup>Магистрант, <sup>2</sup>кандидат физико-математических наук,

Самарский государственный архитектурно-строительный университет

# СРЕДНЯЯ ОБЪЕМНАЯ ПЛОТНОСТЬ АЭРОЗОЛЬНОЙ СУБСТАНЦИИ В ЗАДАЧЕ КОНВЕКТИВНОГО ПЕРЕНОСА

## Аннотация

В статье дается метод расчета объемной плотности загрязняющей аэрозольной субстанции в воздушном потоке. Для этого рассматривается линейная интерполяция двумерного векторного поля на единичном симплексе, после чего строится трехмерное расширение векторного поля, удовлетворяющее условию соленоидальности. В предположении, что выше высоты  $h$  загрязнение отсутствует, рассчитывается средняя объемная плотность загрязняющей субстанции в прямой призме высоты  $h$ , построенной на симплексе.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, векторное поле, линейная интерполяция, соленоидальность, поток векторного поля, средняя объемная плотность.

Cheremukhina E.E.<sup>1</sup>, Mosin V.G.<sup>2</sup><sup>1</sup>Master, <sup>2</sup>assistant professor of Department of Mathematics,

Samara State University of Architecture and Civil Engineering

# THE AVERAGE VOLUME DENSITY OF THE AEROSOL SUBSTANCE IN THE PROBLEM OF CONVECTIVE TRANSPORT

## Abstract

The two-dimensional unit simplex is considered. The vector field on the simplex is obtained by linear interpolation. Then the two-dimensional vector field is expanded to three-dimensional vector field on a prism. The solenoidality of expansion is proved. The volumes of the vector field flux are calculated on the prism. The formula of the average volume density is obtained.

**Keywords:** math modeling, vector field, linear interpolation, solenoidality, vector field flux, average volume density.

В атмосферном воздухе в большом количестве присутствуют загрязняющие вещества естественного и антропогенного происхождения, к которым, в первую очередь, относятся газообразные вещества и аэрозоли: оксид углерода, двуокись углерода, оксид и диоксид азота, соединения свинца и прочее. Концентрация этих веществ зависит от уровня развития промышленного производства, а перенос происходит вместе с переносом воздушных масс и определяется физико-географическими условиями конкретной местности. Вместе с ростом антропогенной составляющей загрязнений особую актуальность приобретает моделирование переноса загрязняющих атмосферу веществ, которое играет ключевую роль в мониторинге экологической ситуации, а также в ее прогнозировании на основании имеющихся метеорологических данных.

В большинстве работ, посвященных атмосферному переносу аэрозольных субстанций, воздушный поток считается постоянным в любой точке изучаемой области (см., например, [1], [2] или [3]), поэтому интересен вопрос обобщения известных методов на случай, когда поток является функцией координат. Пусть известны значения  $U(M_i)$  скалярного поля в вершинах двумерного единичного симплекса  $S$ , и пусть они изменяются линейно внутри симплекса. Нетрудно понять, что тогда найдется единственная скалярная функция  $u(x,y)$ , значения которой в вершинах симплекса совпадут с данными значениями скаляров  $U(M_i)$ , и кроме того между любыми двумя точками  $(x_1, y_1)$  и  $(x_2, y_2)$  симплекса  $S$  значение функции  $u(x,y)$  будет изменяться линейно. Действительно, пусть  $M_i$  — это вершины симплекса  $S$ ,

занумерованные от (0,0) против часовой стрелке:  $M_1(0,0)$ ,  $M_2(1,0)$ ,  $M_3(0,1)$ . Обозначим  $U(M_i) = a_i$ . Тогда скалярные величины  $U(M_i)$  задают точки  $M'_1(0, 0, a_1)$ ,  $M'_2(1, 0, a_2)$ ,  $M'_3(0, 1, a_3)$  в трехмерном пространстве. Так как точки  $M_i$  не лежат на одной прямой, то через точки  $M'_i$  проходит единственная плоскость, уравнение которой нетрудно выписать:

$$\begin{vmatrix} x & y & z - a_1 \\ 1 & 0 & a_2 - a_1 \\ 0 & 1 & a_3 - a_1 \end{vmatrix} = 0. \quad (1)$$

Выражая  $z$ , получим следующее:

$$z = (a_2 - a_1)x + (a_3 - a_1)y + a_1. \quad (2)$$

Это означает, что функция

$$u(x, y) = (a_2 - a_1)x + (a_3 - a_1)y + a_1. \quad (3)$$

является той скалярной функцией, которая удовлетворяет заданным нами выше условиям. Векторное поле  $V(x, y)$  — это совокупность двух скалярных полей, следовательно полученный выше результат легко можно перенести на двумерный случай. А именно: если известны значения векторов  $V(x, y)$ , вычисленных в вершинах единичного симплекса  $S$ , то существует единственная векторнозначная функция  $v(x, y) = (v_1(x, y), v_2(x, y))$ , такая что ее значения в вершинах симплекса равны векторам  $V(M_i)$ , и, кроме того, между любыми двумя внутренними или граничными точками  $(x_1, y_1)$  и  $(x_2, y_2)$  симплекса  $S$  значения функций  $v_1(x, y)$  и  $v_2(x, y)$  изменяются по линейному закону.

Пусть  $P$  — прямая призма высоты  $h$ , построенная на симплексе  $S$ . Нетрудно убедиться в справедливости следующей теоремы

**Теорема 1** Допустим, в вершинах симплекса  $S$  зафиксированы следующие значения векторов:

$$V(M_1) = \begin{pmatrix} a_1 \\ b_1 \end{pmatrix}, \quad V(M_2) = \begin{pmatrix} a_2 \\ b_2 \end{pmatrix}, \quad V(M_3) = \begin{pmatrix} a_3 \\ b_3 \end{pmatrix}. \quad (4)$$

и пусть двумерное векторное поле  $v(x, y)$  на  $S$  является линейной интерполяцией этих значений, полученной по формуле (3):

$$v(x, y) = \begin{pmatrix} (a_2 - a_1)x + (a_3 - a_1)y + a_1 \\ (b_2 - b_1)x + (b_3 - b_1)y + b_1 \end{pmatrix}, \quad (5)$$

Тогда векторное поле

$$w(x, y, z) = \begin{pmatrix} (a_2 - a_1)x + (a_3 - a_1)y + a_1 \\ (b_2 - b_1)x + (b_3 - b_1)y + b_1 \\ ((a_1 - a_2) + (b_1 - b_3))z \end{pmatrix}, \quad (6)$$

является трехмерным расширением поля  $v(x, y)$  на  $P$  и является соленоидальным:

$$\iint_{\sigma} w d\sigma = 0, \quad (7)$$

где  $\sigma$  — это полная поверхность призмы  $P$ .

**Доказательство.** Вычисляя дивергенцию поля, получаем  $\operatorname{div} w = 0$ , но это и означает (7). Теорема доказана.

Обозначим  $l_i$  стороны двумерного единичного симплекса. Занумеруем их от начала координат против часовой стрелки:

$$l_1 = M_1M_2, \quad l_2 = M_2M_3, \quad l_3 = M_3M_1, \quad (8)$$

обозначим, кроме того,  $\sigma_i$  — боковые грани призмы  $P$  на сторонах  $l_i$ , пусть  $\sigma_0$  — нижняя грань, а  $\sigma_4$  — верхняя грань призмы  $P$ , и пусть  $\Omega_i$  означает плотность загрязняющей аэрозольной субстанции на грани  $\sigma_i$ . Заметим, что объем потока атмосферного воздуха, проходящий через данную поверхность за единицу времени вычисляется как поверхностный интеграл потока по этой поверхности. Поэтому

$$\Omega_i = \iint_{\sigma_i} w d\sigma. \quad (9)$$

Покажем, что справедлива следующее утверждение.

**Теорема 2** Пусть выполняются условия теоремы 1. Тогда объемы  $\Omega_i$  воздушных потоков, проходящих через боковые грани  $\sigma_i$  призмы  $P$  за единицу времени, вычисляются по следующим формулам:

$$\Omega_1 = \frac{b_1 + b_2}{2} h, \quad (10)$$

$$\Omega_2 = -\left(\frac{a_2 + a_3}{2} + \frac{b_2 + b_3}{2}\right) h, \quad (11)$$

$$\Omega_3 = \frac{a_3 + a_1}{2} h, \quad (12)$$

$$\Omega_4 = -\left(\frac{a_1 - a_2}{2} + \frac{b_1 - b_3}{2}\right) h, \quad (13)$$

кроме того,  $\Omega_0 = 0$ , положительное значение  $\Omega_i$  отвечает объему входящего воздушного потока, а отрицательное значение — объему исходящего воздушного потока.

**Доказательство.** Интерполируем векторное поле  $V(x,y)$  по формуле (5):

$$v(x, y) = \begin{pmatrix} (a_2 - a_1)x + (a_3 - a_1)y + a_1 \\ (b_2 - b_1)x + (b_3 - b_1)y + b_1 \end{pmatrix}. \quad (14)$$

Обозначим  $v^*(x,y,z)$  тривиальное трехмерное расширение двумерного поля  $v(x,y)$  с нулевой вертикальной координатой:

$$v^*(x, y, z) = \begin{pmatrix} (a_2 - a_1)x + (a_3 - a_1)y + a_1 \\ (b_2 - b_1)x + (b_3 - b_1)y + b_1 \\ 0 \end{pmatrix}. \quad (15)$$

Тогда

$$\Omega(\sigma_i) = \iint_{\sigma_i} v^*(x, y, z) d\sigma \quad (16)$$

Вычислим сначала объем воздушного потока через грань  $\sigma_1$ .

$$\begin{aligned} \Omega(\sigma_1) &= \iint_{\sigma_1} ((a_2 - a_1)x + (a_3 - a_1)y + a_1) dydz + \\ &+ ((b_2 - b_1)x + (b_3 - b_1)y + b_1) dx dz + 0 dx dy = \\ &= \iint_{D_1} ((b_2 - b_1)x + (b_3 - b_1)y + b_1) dx dz, \end{aligned} \quad (17)$$

где  $D_1$  — это проекция грани  $\sigma_1$  на плоскость  $xOz$ , и последний интеграл в выкладке берется в смысле двойного интеграла по этой проекции. Заметим, что область  $D_1$  является прямоугольником  $\{0 \leq x \leq 1; 0 \leq z \leq h\}$ , и, кроме того, поверхность  $\sigma_i$  описывается тривиальным уравнением  $y=0$ . Поэтому:

$$\Omega(\sigma_1) = \int_0^1 \left( \int_0^h ((b_2 - b_1)x + b_1) dz \right) dx \quad (18)$$

Следовательно,

$$\Omega(\sigma_1) = \frac{b_2 + b_1}{2} h \quad (19)$$

Очевидно, что единичный вектор  $n_1$  внутренней нормали к стороне  $l_1$  имеет координаты  $(0,1)$ . Значит, если  $b_1 + b_2 \geq 0$ , то равнодействующая векторов  $V(M_1)$  и  $V(M_2)$  образует с ним острый угол, и в этом случае воздушный поток является входящим по отношению к симплексу. Если же  $b_1 + b_2 \leq 0$ , то, рассуждая точно так же, устанавливаем, что поток является исходящим.

Далее вычислим следующий объем  $\Omega(\sigma_2)$ . Для этого воспользуемся формулой (6). Получим:

$$\begin{aligned} \Omega(\sigma_2) &= \iint_{\sigma_1} ((a_2 - a_1)x + (a_3 - a_1)y + a_1) dydz + \\ &+ ((b_2 - b_1)x + (b_3 - b_1)y + b_1) dx dz + 0 dx dy = \\ &= \iint_{D_1} ((b_2 - b_1)x + (b_3 - b_1)y + b_1) dx dz + \\ &+ \iint_{D_3} ((a_2 - a_1)x + (a_3 - a_1)y + ba_1) dydz, \end{aligned} \quad (20)$$

здесь  $D_1$  — это проекция грани  $\sigma_2$  на плоскость  $xOz$ ,  $D_2$  — проекция грани  $\sigma_2$  на плоскость  $yOz$ , и интегралы в последнем звене выкладки берутся в смысле двойных интегралов. По этим проекциям снова отметим, что области  $D_i$

являются прямоугольниками  $\{0 \leq x \leq 1; 0 \leq z \leq h\}$ ,  $\{0 \leq y \leq 1; 0 \leq z \leq h\}$ , но поверхность  $\sigma_2$  описывается на этот раз нетривиальным уравнением  $x+y=1$ . Поэтому:

$$\Omega(\sigma_2) = \int_0^1 \left( \int_0^h ((a_3 - a_2)x + a_2) dz \right) dy + \int_0^1 \left( \int_0^h ((b_3 - b_2)x + b_2) dz \right) dx. \quad (21)$$

Проводя необходимые вычисления, получаем:

$$\Omega(\sigma_2) = \left( \frac{a_2 + a_3}{2} + \frac{b_2 + b_3}{2} \right) h \quad (22)$$

Теперь нужно учесть направление воздушного потока в формуле (22), так как эта формула дает лишь абсолютное значение объема, но не его знак. Заметим, что единичный вектор  $n_2$  внутренней нормали к стороне  $l_2$  симплекса  $S$  имеет следующие координаты  $(-1/\sqrt{2}, -1/\sqrt{2})$ . Поэтому, если  $(a_2+a_3)+(b_2+b_3) \geq 0$ , то равнодействующая векторов  $V(M_2)$  и  $V(M_3)$  образует с вектором  $n_2$  тупой угол, и поток является исходящим, то есть, объем должен быть отрицательным. Поэтому, для учета направления воздушного потока в формуле (22) следует изменить знак на противоположный:

$$\Omega(\sigma_2) = - \left( \frac{a_2 + a_3}{2} + \frac{b_2 + b_3}{2} \right) h \quad (23)$$

Нетрудно понять, что вычисление объема  $\Omega(\sigma_3)$  ничем не отличается от вычислений, уже проведенных нами выше для объема  $\Omega(\sigma_1)$ , и мы его опускаем. Вычислим объем  $\Omega_4$ . Согласно закону сохранения массы,

$$\sum_{i=1}^4 \Omega_i = 0, \quad (24)$$

Используем уже вычисленные значения  $\Omega_{1,2,3}$  и, тем самым, получаем требуемое. Теорема доказана.

Стороны симплекса никак не согласованы с направлениями векторов воздушного потока в его вершинах. Для вычисления средней объемной плотности загрязняющей аэрозольной субстанции на симплексе, нам понадобится понятие противоречия между сторонами симплекса и направлениями воздушного потока. Чтобы ввести понятие противоречия, рассмотрим параметрические уравнения сторон симплекса:

$$l_1: \begin{cases} x = \tau, \\ y = 0, \end{cases} \quad l_2: \begin{cases} x = 1 - \tau, \\ y = \tau, \end{cases} \quad l_3: \begin{cases} x = 0, \\ y = 1 - \tau, \end{cases} \quad \tau \in [0;1]. \quad (25)$$

Очевидно, что векторное поле  $v(x,y)$ , зависящее на симплексе  $S$  от двух переменных  $x$  и  $y$ , на его границах будет зависеть от одной переменной  $\tau$ . Обозначим  $v_i(\tau)$  сужение векторного поля  $v(x,y)$  на  $i$ -ю сторону симплекса.

**Определение 1** Пусть  $n_i$  — внутренний вектор единичной нормали к стороне  $l_i$  симплекса. Функцией противоречия стороны  $l_i$  будем называть следующее скалярное произведение:

$$\delta_i(\tau) = (v_i(\tau)n_i) \quad \tau \in [0;1]. \quad (26)$$

**Определение 2** Сторону  $l_i$  будем называть непротиворечивой, если ее функция противоречия не меняет свой знак:

$$\delta_i(\tau_1)\delta_i(\tau_2) \geq 0 \quad \forall \tau_1, \tau_2 \in [0;1]. \quad (27)$$

Если смена знака происходит, будем называть сторону противоречивой.

Несложно доказать следующее утверждение.

**Теорема 3** Пусть векторное поле  $v(x,y)$  является линейной интерполяцией векторов  $V(M_i)$ . Тогда для того, чтобы  $i$ -я сторона симплекса  $S$  была непротиворечива, необходимо и достаточно, чтобы выполнялось следующее неравенство:

$$\delta_i(0)\delta_i(1) \geq 0 \quad (28)$$

**Доказательство.** В силу формул (5) векторное поле  $v$  имеет вид:

$$v(x, y) = \begin{pmatrix} (a_2 - a_1)x + (a_3 - a_1)y + a_1 \\ (b_2 - b_1)x + (b_3 - b_1)y + b_1 \end{pmatrix}, \quad (29)$$

здесь  $a_i$  — первые координаты, а  $b_i$  — вторые координаты векторов  $V(M_i)$ . Подставим (25) в (29), выполним необходимые преобразования и получим:

$$v_1(\tau) = \begin{pmatrix} (a_2 - a_1)\tau + a_1 \\ (b_2 - b_1)\tau + b_1 \end{pmatrix}, \quad (30)$$

$$v_2(\tau) = \begin{pmatrix} (a_3 - a_2)\tau + a_2 \\ (b_3 - b_2)\tau + b_2 \end{pmatrix}, \quad (31)$$

$$\nu_3(\tau) = \begin{pmatrix} (a_1 - a_3)\tau + a_3 \\ (b_1 - b_3)\tau + b_3 \end{pmatrix}. \quad (32)$$

С учетом того, что  $n_1 = (0, 1)$ ,  $n_2 = (-1/\sqrt{2}, -1/\sqrt{2})$ ,  $n_3 = (1, 0)$ , вычислим функции противоречия:

$$\delta_1(\tau) = (b_2 - b_1)\tau + b_1, \quad (33)$$

$$\delta_2(\tau) = -\frac{1}{\sqrt{2}}((a_3 - a_2) + (b_3 - b_2))\tau - \frac{1}{\sqrt{2}}(a_2 + b_2), \quad (34)$$

$$\delta_3(\tau) = (a_1 - a_3)\tau + a_3, \quad (35)$$

Все эти функции монотонны и непрерывны. Поэтому из условия (17) следует условие (16). Обратное следствие очевидно. Теорема доказана.

**Определение 3** Симплекс  $S$  будем называть непротиворечивым, если все его стороны непротиворечивы. Если хотя бы одна из сторон симплекса противоречива, будем говорить, что симплекс противоречив.

**Теорема 4** Пусть симплекс  $S$  непротиворечив, пусть на нем линейно интерполировано векторное поле  $v(x, y)$ , которое расширено до поля  $w(x, y, z)$  на призме  $P$ , и пусть объемная плотность загрязняющей атмосферной субстанции постоянна на каждой грани призмы:  $\rho = \rho_i$  для грани  $\sigma_i$ .

Обозначим:

$$\delta_i = \begin{cases} 1, & \text{если } \delta_i(0)\delta_i(1) \geq 0 \forall \tau \in [0; 1], \\ 0, & \text{если } \exists \tau \in [0; 1] \text{ такое, что } \delta_i(\tau) < 0, \end{cases} \quad (36)$$

где  $\delta_i(\tau)$  — функции противоречия сторон симплекса. Тогда средняя объемная плотность субстанции в призме  $P$  вычисляется по формуле:

$$\rho_P = \frac{\sum_{i=1}^3 \delta_i \rho_i \Omega_i}{\sum_{i=1}^4 \delta_i \Omega_i}, \quad (37)$$

где  $\Omega_i$  — объемы, вычисляемые по формулам теоремы 2.

**Доказательство.** Симплекс  $S$  непротиворечив, поэтому для любой из сторон  $l_i$  выполняются условия непротиворечивости, данные в теореме 3. Это означает, что коэффициенты  $\delta_i$  однозначно определены для любой из сторон  $l_i$ , причем значение  $\delta_i = 1$  соответствует той грани  $\sigma_i$  призмы  $P$ , через которую проходит входящий поток, объем которого положителен. Векторное поле воздушного потока  $w(x, y, z)$  в условиях теоремы не зависит от времени. Поэтому объем воздушного потока, который получает призма  $P$  за единицу времени постоянен и равен

$$\sum_{i=1}^4 \delta_i \Omega_i. \quad (38)$$

Объемная плотность загрязняющей атмосферной субстанции также не зависит от времени. Поэтому масса загрязняющей субстанции, которую получает призма  $P$  за единицу времени постоянна и равна

$$\sum_{i=1}^4 \delta_i \rho_i \Omega_i. \quad (39)$$

Однако на верхней грани  $\sigma_4$  загрязняющая субстанция отсутствует, и, значит,  $\rho_4 = 0$ . Следовательно, выражение (39) не содержит последнего слагаемого:

$$\sum_{i=1}^3 \delta_i \rho_i \Omega_i. \quad (40)$$

Итак, каждую единицу времени на входящий объем (38) приходится масса загрязняющей субстанции (40). Поэтому средняя объемная плотность субстанции на призме  $P$  вычисляется как отношение:

$$\rho_P = \frac{\sum_{i=1}^3 \delta_i \rho_i \Omega_i}{\sum_{i=1}^4 \delta_i \Omega_i}, \quad (41)$$

Теорема доказана.

### Литература

1. Мартисон Л. К., Малов Ю. И., Дифференциальные уравнения математической физики: учебник для вузов / Л. К. Мартисон, Ю. И. Малов. — 2-е изд. — Москва: издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 368 с.
2. Марчук Г. И., Математическое моделирование в проблеме окружающей среды, — М.: Наука, 1982. — 320 с.
3. Ольшанский М. А., Анализ многосеточного метода для уравнений конвекции-диффузии с краевыми условиями Дирихле / М. А. Ольшанский // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. — 2004. — т. 44, № 8. — С. 1450–1479.
4. Черёмухина Е. Е., Мосин В. Г. Линии тока линейно интерполированного векторного поля / Е. Е. Черёмухина, В. Г. Мосин // Научное обозрение. — 2015. — № 20. — С. 16–164.
5. Черёмухина Е. Е., Мосин В. Г. Линейно интерполированное векторное поле и выполнение условия соленоидальности / Е. Е. Черёмухина, В. Г. Мосин // Международный научно-исследовательский журнал. — 2015. — Часть 3, № 11. — С. 38–43.

### References



1. Martison L. K., Malov Ju. I., [Differential equations of mathematical physics], Differencial'nye uravnenija matematicheskoy fiziki, Moscow: MGTU Bauman Publ., 2002. — 368 p.
2. Marchuk G. I., [Mathematical modeling in environmental problem] Matematicheskoe modelirovanie v probleme okruzhajushhej sredy, — Moscow: Nauka Publ., 1982. — 320 p.
3. Ol'shanskij M. A., [An analysis of the multigrid method for convection-diffusion equations with Dirichlet boundary conditions] Analiz mnogosetoch'nogo metoda dlja uravnenij konvekcii-diffuzii s kraevymi uslovijami Dirihle, M. A. Ol'shanskij, Computational Mathematics and Mathematical Physics — 2004 — 44:8 — pp. 1374–1403.
4. Cherkomuhina E. E., Mosin V. G. [Current lines of a linearly interpolated vector field] Linii toka linejno interpolirovannogo vektornogo polja, Nauchnoe obozrenie. — 2015. — № 20. — pp. 162–164.
5. Cherkomuhina E. E., Mosin V. G. [Linear interpolation of the vector field and the solenoidality condition] Linejno interpolirovannoe vektornoe pole i vypolnenie uslovija solenoidal'nosti, E. E. Cherkomuhina, V. G. Mosin, Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. — 2015. — № 11. — pp. 38–43.

## **ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY**

**DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.045**

**Гиззатова Г.Л.<sup>1</sup>, Сон В.В.<sup>2</sup>, Шипаева Т.А.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Кандидат технических наук, <sup>2</sup> Кандидат химических наук, <sup>3</sup> Кандидат химических наук, Волгоградский Государственный Аграрный Университет

### **УРОВЕНЬ АММОНИЙНЫХ СОЛЕЙ (АММИАКА) В ВОДЕ Г.ВОЛГОГРАДА И ПРИГОРОДА**

*Аннотация*

*В данной статье говорится о методиках определения аммонийных солей в гидросфере. Результаты исследования природной воды на содержание аммиака показали, что уровень его в водоемах колеблется в следующих пределах от 28 до 104 мкмоль/л.*

**Ключевые слова:** аммонийные соли, гидросфера.

**Gizzatova G.L.<sup>1</sup>, Son V.V.<sup>2</sup>, Shipaeva T.A.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> PhD in Engineering, <sup>2</sup> PhD in Chemistry, <sup>3</sup> PhD in Chemistry, Volgograd State Agrarian University

### **THE LEVEL OF AMMONIUM SALTS (AMMONIA) IN THE WATER OF VOLGOGRAD AND ITS SUBURBS**

*Abstract*

*This article refers to the methods of determination of ammonium salts in the hydrosphere. The results of the study of natural water on the ammonia content showed that the level in the reservoirs fluctuates in the range from 28 to 104 mmol/l.*

**Keywords:** ammonium salt, hydrosphere.

Для определения аммонийных солей первоначально использовали процедуру, основанную на известной реакции Несслера, в частности она рекомендуется для анализа воды [1]. Однако из-за часто возникающего помутнения проб (образуется коллоидный раствор желтого цвета) данный метод нас не удовлетворил, хотя предварительно была предпринята попытка стабилизировать полученный золь раствором гуммиарабика, но в этом случае результаты были завышены и нестабильны. В вышеупомянутом руководстве указано, что «определению аммиака мешают амины, хлорамины, ацетон, альдегиды, спирты и некоторые органические соединения, реагирующие с реактивом Несслера», другими словами реакция Несслера явно не специфична.

В свое время эта реакция использовалась для определения полиаминов. Оказалось, что более воспроизводимые и надежные результаты достигаются в случае применения индофенольной реакции Бертло, в которой образуется синий хромоген молекулярной структуры (индофенол). Широкое применение этой реакции для определения аммонийных солей в различных объектах привело к тому, что еще в 70-е годы прошлого века было описано, пожалуй, около сотни вариантов модификаций этого метода [2] например, индофенольная реакция рекомендована для определения  $\text{NH}_3$  в воздухе [3]. В своей работе мы использовали модификацию Chaney и Marbach, которая отличается простотой и хорошей восприимчивостью [4]. Узким местом индофенольной реакции является то обстоятельство, что развитие и интенсивность окраски проб существенно зависит от концентрации активного хлора в щелочном гипохлорите, а также от pH. Последний должен быть в пределах 11,0–11,6. Решить эту проблему можно, если параллельно с серией опытных проб ставить пробы с 1 ммольным раствором  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (стандарт) и находить концентрацию аммония в опытных пробах по правилу пропорций. В исследуемых нами образцах природной воды уровень аммонийных солей (аммиака) колеблется в пределах от 28 до 104 мкмоль/л. При норме 118 мкмоль/л.

Таблица 1 – Концентрация аммиака в исследуемых образцах воды (август, 2015)

Образцы воды	Аммиак (мкмоль/л)
Пруд	104,3±3,2
Канал	100,1±2,8
Река	92,8±3,6
Родник	28,5±3,2
Водопроводная вода	35,7±2,3

Как видно из табл. 1 наиболее высокий уровень аммонийных солей обнаружен в пруду с. Червленое, что, по-видимому, связано с поступлением в водоем сельскохозяйственных стоков и отсутствием циркуляции воды.

В сообщении профессора В.В. Чапуркина за 1994 отмечено, что уровень аммиака в атмосфере южной окраины Волгограда (Дубовый Овраг) превышал ПДК в 8,9 раз [5]. Автор объясняет это воздействием прудов испарителей в районе Светлого Яра (160 км<sup>2</sup>).

Полученные нами результаты по водоемам в 2015 г., представленные в табл. 1, заметно ниже, что можно интерпретировать как улучшение экологической обстановки в этом регионе в последние годы. Изучены сезонные колебания аммонийных солей в различных водоемах (рис. 1).

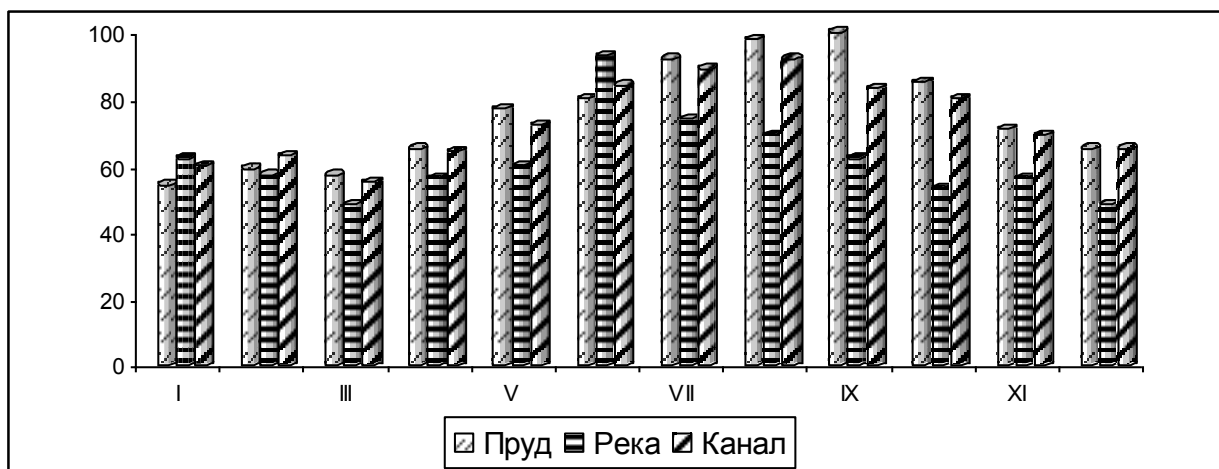


Рис. 1. Содержание аммиака в образцах воды  
абсцисса: месяца года, ординат: концентрация мочевины (мкмоль/л)

Из представленного на рис. 1 временного графика видно, что

1) уровень аммонийных солей в исследуемых водоемах (река, канал) сравнительно мало отличается, особенно в отношении проточных систем;

2) имеются сезонные подъемы уровня аммиака: для воды пруда. Такой подъем отмечается на конец лета и осени, что можно объяснить усиленным развитием планктона. Сезонные колебания уровня  $\text{NH}_3$  в реке и канале были монотонными;

3) минимальное содержание аммиака ( $\approx 50$  мкмоль/л) приходится на зимние месяцы.

Наконец, в зимний период исследовалось содержание аммиака в снеговом покрове 38,7 мкмоль/л.

Характер колебаний уровня аммиака в природных водах заставляет предположить естественное биотическое происхождение этого поллютанта и то, что колебания связаны с биотрансформацией азотистого органического материала водной микрофлорой. Взаимосвязь между содержанием аммиака и уровнем мочевины в водной среде мы планируем рассмотреть в следующей статье, посвященной мочеине.

Следует заметить, что изменение уровня аммонийных солей в природных водах имеет важное значение для технической ихтиологии и рыборазведения. В интересном обзоре А. Van Waarde сообщается, что в отличие от наземных животных рыбы используют кормовой белок преимущественно как источник энергии (в среднем, около половины кормового протеина используется для этой цели). При этом в качестве конечного продукта выделяется аммиак. В результате при нарушении технологических условий выращивания молоди вдвое инкубатора могут накапливаться значительные количества аммиака, что, несомненно, должно привести к аммиачному токсикозу рыб [6]. Предложенный здесь метод определения аммиака в воде может быть весьма полезен для контроля качества воды в инкубаторах для рыб.

Что касается биологического значения аммиака в гидросфере и, вообще, в окружающей среде, то рассматривать его как токсичный поллютант следует в случае локальных залповых выбросов техногенного происхождения. В этих случаях его концентрация в воде может во много раз превышать допустимые нормы (Тинсли, 1982).

Естественно образующийся в природе биотический аммиак скорее надо рассматривать со знаком плюс. Можно выделить по крайней мере две положительных функции биогенного аммиака. Во-первых, он является легко усвояемым азотистым нутриентом для автотрофных организмов водной среды; микробных видов, обитающих в водной среде и активно утилизирующих аммонийные соли достаточно много [7].

Вторая функция природного аммиака состоит в нейтрализации образующихся в атмосфере и гидросфере кислотных эквивалентов, т.е. в нейтрализации кислотной седиментации в воздухе и кислотной среды водоемов. На эту

функцию аммиака указывает венгерский специалист по мониторингу окружающей среды Ласло Хорват [8]. Этот автор, в частности, сообщает, что обычная концентрация аммония в водных осадках в Венгрии находится на уровне 81 мкг/л (около 5 мкмоль/л) и что атмосферный и водный аммиак активно взаимодействует с оксидами серы, азота, хлоридом водорода и другими протонодонорами согласно следующим примерным реакциям:

1.  $\text{SO}_3 + \text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (атмосфере)
2.  $\text{HNO}_3 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$  (гидросфере)

Практически бесконечное растворение атмосферного аммиака в воде способствует нейтрализации кислотных эквивалентов в гидросфере.

#### Литература

1. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова. - Л.: Гидрометеиздат, 1997. - 541 с.
2. Храмов В.А. Определение азота в биологических объектах с помощью реакции Бертелло // Лабораторное дело. - 1965. - №7. - с. 396 - 399.
3. Муравьева С.И., Казнина Н.И., Прохоров Е.К. Справочник по контролю вредных веществ в воздухе. М.: «Химия». 1988. с. 320.
4. Chaney A. L. Marbach E. P., Clin. Chem. 1962, vol. 8, p. 131.
5. Чапуркин В.В. Химические проблемы экологии Волгограда. Бюллетень №1 Волгоградского клуба докторов наук. Экологические проблемы и суждение. Волгоград, 25 марта 1994. с.19.
6. Waarde A.V. Aerobic and anaerobic ammonia production by fish // Comp. Biochim. Physiol. 1983. Vol. 74 B. P.673-684.
7. Готтшальк Т. Метаболизм бактерий. — М.: Мир, 1982. — 310 с.
8. Хорват Л. Кислотный дождь / Пер. с венг. В.В. Крымского; Под. Ред. Ю.Н. Михайловского. — М.: Стройиздат. 1990. с.

#### References

1. Rukovodstvo po himicheskomu analizu poverhnostnyh vod sushi / Pod red. A.D. Semenova. - L.: Gidrometeizdat, 1997. - 541 s.
2. Hramov V.A. Opreделение azota v biologicheskikh ob'ektakh s pomosh'ju reakcii Bertlo // Laboratornoe delo. - 1965. - №7. - s. 396 - 399.
3. Murav'eva S.I., Kaznina N.I., Prohorov E.K. Spravochnik po kontrolju vrednyh veshchestv v vozduhe. M.: «Himija». 1988. s. 320.
4. Chaney A. L. Marbach E. P., Clin. Chem. 1962, vol. 8, p. 131.
5. Chapurkin V.V. Himicheskie problemy jekologii Volgograda. Bjulleten' №1 Volgogradskogo kluba doktorov nauk. Jekologicheskie problemy i suzhenie. Volgograd, 25 marta 1994. s.19.
6. Waarde A.V. Aerobic and anaerobic ammonia production by fish // Comp. Biochim. Physiol. 1983. Vol. 74 B. P.673-684.
7. Gottshalk T. Metabolizm bakterij. — M.: Mir, 1982. — 310 s.
8. Horvat L. Kislotnyj dozhd' / Per. s veng. V.V. Krymskogo; Pod. Red. Ju.N. Mihajlovskogo. — M.: Strojizdat. 1990. s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.223

Готовцев В.М.<sup>1</sup>, Сухов В.Д.<sup>2</sup>, Сазонов А.И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Профессор, доктор технических наук, <sup>2</sup>Профессор, кандидат химических наук, <sup>3</sup>Доцент, кандидат исторических наук, Ярославский государственный технический университет

#### МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ

#### Аннотация

В статье предложен новый подход к описанию поверхностных явлений, возникающих на границе раздела различных фаз. Напряженное состояние среды в точках межфазного слоя представлено тензором напряжений, включающим шаровую и девиаторную части. Шаровая часть тензора определяется давлением среды в изотропном состоянии, девиаторная часть формируется силами межмолекулярного взаимодействия. Напряжения, формирующие поверхностное натяжение жидкости, представляют собой девиаторные компоненты тензора межфазных напряжений.

**Ключевые слова:** поверхностное натяжение, шаровая и девиаторная части тензора межфазных напряжений.

Gotovcev V.I.<sup>1</sup>, Suhov V.D.<sup>2</sup>, Sazonov A.I.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Professor, PhD in Engineering, <sup>2</sup>Professor, PhD in Chemistry, <sup>3</sup>Associate professor, PhD in History, Yaroslavl State Technical University

#### MECHANISM OF FORMATION OF SURFACE LIQUID TENSION

#### Abstract

This paper proposes a new approach to the description of surface phenomena occurring at the interface between different phases. Stress state of the environment at the points of the interfacial layer is represented by the stress tensor, including spherical and deviatoric part. Ball of the tensor determined by the pressure medium in the isotropic state deviator portion formed intermolecular forces. Stresses that form the surface tension of the liquid, are deviatoric tensor components of interfacial stresses.

**Keywords:** surface tension, and the ball of the deviator stress tensor interphase.

Современные подходы к описанию поверхностных явлений на границах раздела фаз условно можно разбить на две большие группы. Классический подход, базирующийся на механистических представлениях Юнга и Лапласа, разработанных более двухсот лет назад, до настоящего времени составляет основу большинства инженерных расчетов. Однако при более тщательном рассмотрении этих явлений обнаруживается, что в сложившуюся систему

представлений заложены довольно грубые допущения. Для инженерных расчетов на современном уровне оказываются необходимыми устранение погрешностей и уточнение схемы описания поверхностных эффектов [1].

Современные модели поверхностных явлений основаны на особенностях межмолекулярных взаимодействий, общей чертой которых является их флуктуационное электромагнитное происхождение [2]. Круг вопросов, связанных проблемой их описания чрезвычайно широк и с трудом поддаются обобщению и выработке единых подходов. Даже в учебной литературе по теоретической физике отдельные вопросы теории межмолекулярного взаимодействия рассматриваются в разных курсах, таких, как нерелятивистская квантовая механика, квантовая электродинамика, квантовая теория поля, теория конденсированного состояния и электромагнитных флуктуации [2].

Впервые теоретическое выражение для определения коэффициента поверхностного натяжения жидкости было получено Баккером [3]. Оно основано на представлении жидкости сплошной средой, которая в межфазном поверхностном слое обладает свойством анизотропии. Формула Баккера для определения поверхностного натяжения  $\gamma$  записывается в виде:

$$\gamma = \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} (P_N - P_T) dz, \quad (1)$$

где  $h$  – толщина межфазного слоя,  $P_N$  – нормальная составляющая тензора давления,  $P_T$  – тангенциальная составляющая тензора.

Анизотропия среды проявляется в различии компонент тензора напряжений, трактуемого как тензор давления. В современном представлении тензор давления включает три равные по величине компоненты, значения которых не зависят от расположения контрольной площадки. В соответствии с этим возникает вопрос о том, что понимается под составляющими давления в выражении (1) и чем обусловлена разница их значений.

Традиционно в механике сплошной среды напряженное состояние в точке представляется в виде тензора напряжений, значения компонент которого, определяются действием внешних сил, приложенных к рассматриваемому объему среды. При этом, равновесие текучих сред предполагает выполнение закона Паскаля: давление, производимое на покоящуюся жидкость или газ, передается в любую точку жидкости или газа одинаково по всем направлениям [4]. Таким образом, под давлением следует понимать тензор напряжений с тремя одинаковыми диагональными компонентами. Исходя из этого, компоненты тензора в уравнении (1) не являются давлениями.

Представим напряженное состояние среды в межфазном слое как результат наложения силового поля межмолекулярного взаимодействия на изотропное поле давления. Значение давления в рассматриваемой точке межфазного слоя равно давлению среды при заданном значении удельного объема среды в изотропном состоянии. Представим тензор напряжений суммой тензоров двух видов. Тензор первого вида определяет изотропные свойства среды, т.е. представляет совокупность компонент, формирующих давление, удовлетворяющее закону Паскаля. Компоненты второго тензора определяют анизотропные свойства силового поля и обусловлены действием объемных сил. Такое представление тензора достаточно широко используется в механике сплошных сред, например [5] и осуществляется посредством следующих зависимостей:

$$T = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{zz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma & 0 & 0 \\ 0 & \sigma & 0 \\ 0 & 0 & \sigma \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \sigma'_{xx} & 0 & 0 \\ 0 & \sigma'_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & \sigma'_{zz} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Компоненты записанного тензора  $T$  должны удовлетворять соотношениям:

$$\sigma = P = \frac{\sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz}}{3}; \quad \sigma'_{xx} + \sigma'_{yy} + \sigma'_{zz} = 0. \quad (3)$$

Первый тензор в правой части выражения (3) с одинаковыми компонентами  $\sigma$  определяет изотропное давление  $P$  в среде, а тензор, компоненты которого обозначены штрихами, называется девиатором напряжений.

Отметим, что такое представление напряженного состояния среды не является формальным представлением одного из возможных способов записи, но содержит вполне определенный физический смысл. В качестве подтверждения можно привести простой пример. Если взять твердый образец цилиндрической формы и приложить к основаниям цилиндра достаточно большие сжимающие напряжения, то в результате деформации образец примет бочкообразную форму. Это свидетельствует о формировании в материале образца растягивающих напряжений в плоскости, перпендикулярной направлению сжатия, приводящих к выпучиванию боковой поверхности цилиндра.

Проведем аналогию с напряженным состоянием среды в межфазном слое жидкость – газ, в котором сжимающие напряжения формирует объемная сила молекулярного притяжения, направленная в сторону жидкой фазы. Выберем систему координат таким образом, чтобы ось  $Z$  была направлена перпендикулярно к межфазному слою. Тогда сжимающие напряжения  $\sigma_{zz}$ , обусловленные действием межмолекулярных сил, в соответствии с выражениями (4), приведут к образованию нормальных напряжений  $\sigma'_{xx}$  и  $\sigma'_{yy}$ , действующих в плоскости межфазного слоя и формирующих поверхностное натяжение.

Напряженное состояние среды обладает симметрией относительно оси  $Z$ . Компоненты тензора напряжений в плоскости слоя будут равны, т.е.  $\sigma_{xx} = \sigma_{yy}$  и  $\sigma'_{xx} = \sigma'_{yy}$ , а девиаторная компонента тензора  $\sigma'_{zz}$ , обусловленная действием объемной силы межмолекулярного притяжения, в соответствии с выражением (4), должна иметь противоположный знак. Таким образом, формирование сжимающей компоненты тензора  $\sigma'_{zz}$  приводит к появлению растягивающих напряжений  $\sigma'_{xx}$  и  $\sigma'_{yy}$ , действующих в плоскости межфазного слоя и формирующих поверхностное натяжение жидкости. В соответствии с этим рассмотренное ранее условие равновесия среды  $P_N = \text{const}$  принимает форму постоянства по толщине слоя значения нормальной компоненты тензора межфазных напряжений:

$$\sigma_{zz} = P + \sigma'_{zz} = \text{const}. \quad (4)$$

Отсюда следует, что изменение давления  $P = \sigma$  в межфазном слое компенсируется девиаторной компонентой  $\sigma'_{zz}$  тензора межфазных напряжений.

В соответствии с уравнениями (3) и (4) напряженное состояние среды в точках межфазного слоя определяется тензором со следующими компонентами:

$$\sigma_{xx} = P + \sigma'_{xx}; \sigma_{yy} = P + \sigma'_{yy}; \sigma_{zz} = P + \sigma'_{zz}. \quad (5)$$

В записанных выражениях  $P = P(V)$  определяет шаровую часть тензора межфазных напряжений, т.е. давление в рассматриваемой точке межфазного слоя со значением удельного объема  $V$ . Другими словами это давление в изотропной среде при заданном значении удельного объема, определяемое уравнением состояния среды. Из симметрии напряженного состояния относительно оси  $Z$  следует, что  $\sigma'_{xx} = \sigma'_{yy} = -\frac{\sigma'_{zz}}{2}$ . Определив распределение рассмотренных компонент тензора межфазных напряжений по толщине слоя, т.е. их зависимость от координаты  $Z$ , можно найти поверхностное натяжение жидкости, как:

$$\gamma = \int_0^h \sigma'_{xx} dz. \quad (6)$$

Таким образом, рассмотренное представление тензора межфазных напряжений среды в межфазном слое позволяет выявить механизм формирования поверхностного натяжения жидкости, основанный на представлениях механики сплошной среды.

### Литература

1. Иголкин С.И. Критический анализ опытов по измерению углов смачивания и сил поверхностного натяжения // Прикладная физика. –2007. –№ 4. –С. 43-51.
2. Бараш Ю.С. Силы Ван-дер-Ваальса. М.: Наука, 1988. 344 с.
3. Bakker G. Kapillarität und Oberflächenspannung: Handbuch der Experimental Physik. Leipzig, 1928. Bd. 6.
4. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1978. 736 с.
5. Виноградов Г.В., Малкин А.Я. Реология полимеров. М.: Химия, 1977. 438 с.

### References

1. Igolkin S.I. Kriticheskiy analiz opytov po izmereniju uglov smachivaniya i sil poverhnostnogo natjazheniya // Prikladnaya fizika, –2007. –№ 4. –S. 43-51.
2. Barash Ju.S. Sily Van-der-Vaal'sa. - M.: Nauka, 1988. 344 s.
3. Bakker G. Kapillarität und Oberflächenspannung: Handbuch der Experimental Physik. Leipzig, 1928. Bd. 6.
4. Lojczanskiy L.G. Mehanika zhidkosti i gaza. M.: Nauka, 1978. 736 s.
5. Vinogradov G.V. Malkin A.Ja. Reologija polimerov. M.: Himija, 1977. 438 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.144

Коган В.Е.<sup>1</sup>, Згонник П.В.<sup>2</sup>, Шахпаронова Т.С.<sup>3</sup>, Богатенко Д.О.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-7848-3792, Профессор, доктор химических наук, <sup>2</sup>ORCID: 0000-0001-8039-5169, Кандидат химических наук, <sup>3</sup>ORCID: 0000-0003-0184-0039, Доцент, кандидат химических наук, <sup>4</sup>ORCID: 0000-0003-1392-6462, Магистрант, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

### РЕЦЕПТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЛУЧЕНИЯ НЕФТЕСОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОВАКУУМНОГО СТЕКЛА C95-2 И ЗАКОНОМЕРНОСТИ СОРБЦИИ ИМИ НЕФТИ

#### Аннотация

В статье рассмотрены результаты работ по установлению рецептурно-технологических параметров получения пеностекла на основе электровакуумного стекла C95-2. Показано, что, как и для ранее изученных сорбентов со стеклообразной поверхностью, кривые нефтепоглощения полученных сорбентов характеризуются наличием максимумов в начальный период времени. Экспериментально доказано, что необходимым условием получения максимумов является механизм поглощения нефти, обусловленный капиллярными силами в пространстве порозности между образцами сорбента.

**Ключевые слова:** разливы нефти, загрязнение воды, сорбция нефти пеностеклами, рецептурно-технологические параметры, кинетика поглощения нефти.

Kogan V.E.<sup>1</sup>, Zgonnik P.V.<sup>2</sup>, Shakhparonova T.S.<sup>3</sup>, Bogatenko D.O.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-7848-3792, Professor, PhD in Chemistry, <sup>2</sup>ORCID: 0000-0001-8039-5169, PhD in Chemistry, <sup>3</sup>ORCID: 0000-0003-0184-0039, Associate professor, PhD in Chemistry, <sup>4</sup>ORCID: 0000-0003-1392-6462, Master student; National Mineral Resources University (Mining University)

### PRESCRIPTION AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF RECEIVING OIL SORBENTS ON THE BASIS OF ELECTROVACUUM GLASS C95-2 AND REGULARITY OF SORPTION OF OIL BY THEM

#### Abstract

In the paper results of works on establishment of prescription and technological parameters of receiving foam glasses on the basis of electrovacuum glass C95-2 are considered. It is shown that, as well as for earlier studied sorbents with a vitreous surface, oil absorption curves of the received sorbents are characterized by existence of maxima in an initial stage of time. It is experimentally proved that a necessary condition of receiving maxima is the oil absorption mechanism caused by capillary forces in porosity space between sorbent samples.

**Keywords:** oil spills, water pollution, sorption of oil by foam glass, prescription and technological parameters, oil absorption kinetics.

Несмотря на большое количество работ, посвященных разработке нефтесорбентов, вопрос ликвидации загрязнений нефтью и нефтепродуктами по сегодняшний день нельзя считать решенным. Основными причинами этого, на наш взгляд, является направленность подавляющего большинства работ на создание (методом

проб и ошибок) нефтесорбентов для практического использования, а не на выявление физико-химических закономерностей протекания процессов нефтепоглощения на них, что способствовало бы созданию научных основ получения нефтесорбентов с заданным комплексом физико-химических свойств и эксплуатационных параметров, и неиспользование всего широкого ассортимента материалов для получения нефтесорбентов.

Работы, проводимые на кафедре общей и физической химии Национального минерально-сырьевого университета «Горный» под руководством проф. В.Е. Когана, направлены на преодоление двух сформулированных недостатков.

Настоящая публикация продолжает цикл работ по получению пеностекла для использования их в качестве нефтесорбентов и исследованию физико-химических закономерностей поглощения ими нефти, что до наших работ [1-5] никем не проводилось.

В качестве исходного стекла было использовано электровакуумное стекло платинитной группы С95-2 (бой трубок, выпускаемых ООО «Светлана-Маловишерский стекольный завод») по ОСТ 11ПО.735.002.73, которое по данным химического анализа содержит (мол. %):  $\text{Na}_2\text{O}$  – 10,08;  $\text{K}_2\text{O}$  – 4,85;  $\text{CaO}$  – 7,56;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 2,45;  $\text{B}_2\text{O}_3$  – 2,45;  $\text{SiO}_2$  – 72,61.

При получении пеностекла в качестве основного вспенивателя использовался мел МДТ-2 по ГОСТ-12085-88 (производства «ВИТЕП», Санкт-Петербург) фракции  $\leq 100$  мкм, который смешивался со стеклом С95-2 той же фракции. Гомогенизированная шихта смачивалась водой и из нее получали заготовки в форме параллелепипедов. Вспенивание производилось по политермическому режиму, при отработке которого реперными точками служили температура деформации (585 °С) и температура начала кристаллизации (790 °С) стекла С95-2. При отработке рецептурно-технологических параметров получения пеностекла в качестве функции отклика была выбрана практическая непотопляемость образцов. Определение плавучести образцов и их нефтепоглощения проведено в соответствии с ТУ 214-10942238-03-95 «Оценка эффективности сорбента». Однако позитивные результаты были получены лишь при дополнительном введении в шихту выгорающей добавки – торфа низкой степени разложения по ГОСТ Р 51213-98 (производство ЗАО «РОСТОРФИНВЕСТ», Псковская обл.). При этом было установлено, что характер получаемых пеностекла (равномерность распределения пор, наличие крупных пор, которые, наиболее вероятно, не способны сорбировать нефть, а также отсутствие остаточного углерода, обусловленное неполным выгоранием торфа) в значительной степени зависит от скорости подъема температуры в процессе вспенивания (рис. 1).

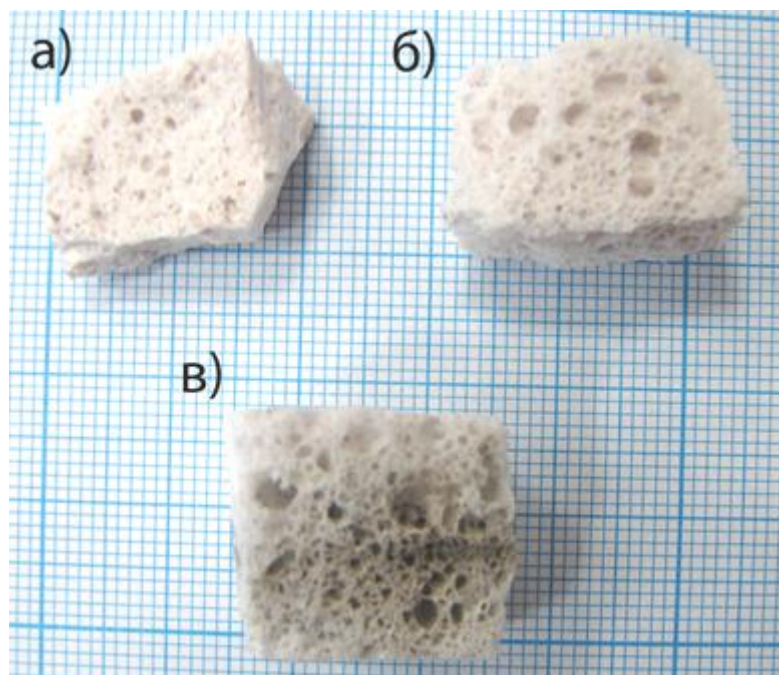


Рис. 1 – Фотографии полученных сорбентов после удаления поверхностной «корки»:

- а) скорость подъема температуры 2 град/мин;
- б) скорость подъема температуры 5 град/мин;
- в) скорость подъема температуры 7 град/мин

Как видно из рис.1, повышение скорости подъема температуры приводит к ухудшению качества получаемых образцов. При этом пеностекло, полученное при скорости подъема температуры 7 град/мин, характеризуется наличием остаточного углерода, обусловленным неполным выгоранием торфа. С учетом этого дальнейшее его исследование не проводилось. Пеностекла, полученные при скорости подъема температуры как 2 град/мин, так и 5 град/мин характеризуются практической непотопляемостью.

При вспенивании стекла получено увеличение объема в 6,76 раз при скорости подъема температуры 2 град/мин и в 8,33 раза при скорости подъема температуры 5 град/мин. Об этом свидетельствует соответствующее понижение плотности от 2500 кг/м<sup>3</sup> для исходного стекла до 368 кг/м<sup>3</sup> и 298 кг/м<sup>3</sup> при скорости подъема температуры 2 град/мин и 5 град/мин соответственно.

Для определения нефтепоглощения образцов использовали среднетрубную нефть 2.1.1.2 по ГОСТ Р 51858-2002, формируемую в системе трубопроводов ОАО «АК «Транснефть» путем смешивания сургутской, ухтинской и горьковской нефтей и транспортируемую ПСП «Кириши» на Приморск.



Для определения плавучести и нефтепоглощения полученные образцы нефтесорбента механически освобождались от поверхностной «корки» и размельчались до фракции 3 – 8 мм.

Как видно из рис. 2 (кривые 1, 2), полученные нефтесорбенты на основе электровакуумного стекла С95-2, как и все ранее исследованные нами нефтесорбенты со стеклообразной поверхностью [1 – 5], характеризуются наличием максимумов на кинетических кривых нефтепоглощения. Максимумы расположены при 5 мин, причем нефтепоглощение несколько выше у образцов, полученных при скорости подъема температуры 2 град/мин. Отмеченное, вероятно, связано с наличием у образцов, полученных при скорости подъема температуры 5 град/мин (рис. 1, б), крупных пор, которые, наиболее вероятно, не способны сорбировать нефть.

Пеностекло – это объемно-пористый материал с закрыто-ячеистой структурой. Открытые поры в исследованных образцах имеются в основном на его поверхности. Нефтепоглощение обусловлено двумя механизмами: поглощением нефти открытыми порами на поверхности раздела фаз (нефть – сорбент) и капиллярными силами, действующими, в частности, в пространстве порозности между образцами сорбента. Отсутствие дальнего порядка в стеклах и их химически микронеоднородное строение, обоснованное Р.Л. Мюллером [6, 7], наиболее вероятно, приводят к увеличению движущей силы второго механизма. Отмеченное способствует вытеснению поглощенной нефти из капилляров с последующим перетеканием ее в объем всей нефти. При этом через тот или иной промежуток времени достигается стационарное равновесие: количество нефти, втягиваемое в капилляр (пространство порозности между образцами), становится равным количеству нефти, возвращающемуся из сорбента в ее общий объем. Рассмотренное и обуславливает наличие максимумов на кинетических кривых нефтепоглощения в начальный период времени (рис. 2, кривые 1, 2).

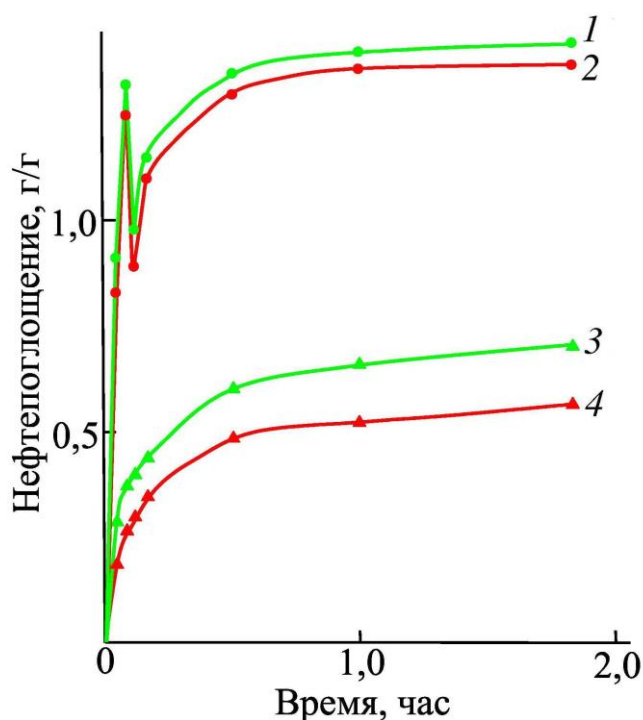


Рис. 2 – Кинетика нефтепоглощения сорбентами из пеностекла С95-2 фракции 3 – 8 мм (1, 2) и единичными образцами размером 15x15x5 мм (3, 4), полученными при скорости подъема температуры 2 град/мин (1, 3) и 5 град/мин (2, 4)

Отсутствие максимумов на кинетических кривых нефтепоглощения единичными образцами (рис.2, кривые 3, 4) является экспериментальным подтверждением того, что необходимым условием получения максимумов на кривых нефтепоглощения сорбентами со стеклообразной поверхностью является механизм поглощения нефти, обусловленный капиллярными силами в пространстве порозности между образцами сорбента.

#### Литература

1. Коган В.Е. Нефтесорбенты из пеностекла и кинетика нефтепоглощения / В.Е. Коган, П.В. Згонник, Д.О. Ковина // Теория и практика современной науки: материалы IX Международной научно-практической конференции, г. Москва, 26 – 27 марта 2013 г. / Науч.-инф. издат. центр «Институт стратегических исследований». – М. Спецкнига, 2013 – С. 36 – 41.
2. Коган В.Е. Использование пеностекла и полимерных материалов в качестве эффективных нефтесорбентов / В.Е. Коган, П.В. Згонник, Д.О. Ковина, В.А. Черняев // Стекло и керамика. – № 12. – 2013. – С. 3 – 7. (Kogan V.E., Foam glass and polymer materials: effective oil sorbents / V.E. Kogan, P.V. Zgonnik, D.O. Kovina, V.A. Chernyaev // Glass and Ceram. – V. 70, N 11 – 12, 2014. – P. 425 – 428. doi: 10.1007/s10717-014-9594-1).
3. Электровакуумные стекла молибденовой группы – перспективная материаловедческая основа создания нефтесорбентов и новых путей их получения / А.А. Гафиуллина, В.Е. Коган, П.В. Згонник, Т.С. Шахпаронова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 2 (33), Ч. 1. – С. 9 – 10.



4. Коган В.Е. Лабораторные исследования возможности изготовления сорбентов нефти и нефтепродуктов на основе малощелочных алюмоборосиликатных стекол / В.Е. Коган, П.В. Згонник, А.А. Гафиуллина // Нефтяное хозяйство. – № 8. – 2015. – С. 125 – 127.

5. Коган В.Е. Нефлесорбенты на основании стекол системы  $K_2O - (Mg,Ca)O - P_2O_5$  и кинетика поглощения ими нефти и нефтепродуктов / В.Е. Коган, П.В. Згонник, Т.С. Шахпаронова, Д.О. Ковина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 11 (42), Ч. 3. – С. 50 – 51. doi: 10.18454/IRJ.2015.42.199.

6. Мюллер Р.Л. Химия твердого тела и стеклообразное состояние // Химия твердого тела. – Л.: ЛГУ, 1965. – С. 9 – 63.

7. Мюллер Р.Л. Электропроводность стеклообразных веществ: Сб. трудов. – Л.: ЛГУ, 1968. – 251 с.

#### References

1. Kogan V.E. Neftesorbenty iz penostekla i kinetika neftepgloshhenija / V.E. Kogan, P.V. Zgonnik, D.O. Kovina // Teorija i praktika sovremennoj nauki: materialy IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, g. Moskva, 26 – 27 marta 2013 g. / Nauch.-inf. izdat. centr «Institut strategicheskikh issledovanij». – M. Speckniga, 2013. – S. 36 – 41.

2. Kogan V.E. Ispolzovanie penostekla i polimernyh materialov v kachestve jeffektivnyh neftesorbentov / V.E. Kogan, P.V. Zgonnik, D.O. Kovina, V.A. Cher-njaev // Steklo i keramika. – № 12. – 2013. – S. 3 – 7. (Kogan V.E. Foam glass and polymer materials: effective oil sorbents / V.E. Kogan, P.V. Zgonnik, D.O. Kovina, V.A. Chernyaev // Glass and Ceram. – V. 70, N 11 – 12, 2014. – P. 425 – 428. doi: 10.1007/s10717-014-9594-1).

3. Jelektrovakuumnye stekla molibdenovoj gruppy – perspektivnaja materialovedcheskaja osnova sozdanija neftesorbentov i novyh putej ih poluchenija / A.A. Gafiullina, V.E. Kogan, P.V. Zgonnik, T.S. Shakhparonova // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2015. – № 2 (33), Ch. 1. – S. 9 – 10.

4. Kogan V.E. Laboratornye issledovaniya vozmozhnosti izgotovlenija sorbentov nefiti i nefteproduktov na osnove maloshhelochnyh aljumborosi-likatnyh stekol / V.E. Kogan, P.V. Zgonnik, A.A. Gafiullina // Neftjanoe hozjajstvo. – № 8. – 2015. – S. 125 – 127.

5. Kogan V.E. Neftesorbenty na osnove stekol sistemy  $K_2O - (Mg,Ca)O - P_2O_5$  i kinetika pgloshhenija imi nefiti i nefteproduktov / V.E. Kogan, P.V. Zgonnik, T.S. Shakhparonova, D.O. Kovina // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2015. – № 11 (42), Ch. 3. – S. 50 – 51.

6. Mjuller R.L. Himija tverdogo tela i stekloobraznoe sostojanie // Himija tverdogo tela. – L.: LGU, 1965. – S. 9 – 63.

7. Mjuller R.L. Jelektroprovodnost' stekloobraznyh veshhestv: Sb. trudov. – L.: LGU, 1968. – 251 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.030

Лобачева О.Л.<sup>1</sup>, Берлинский И.В.<sup>2</sup>, Мкртчян А.А.<sup>3</sup>, Мисник А.В.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Кандидат химических наук, <sup>2</sup> Кандидат химических наук, <sup>3</sup> Студент, <sup>4</sup> Студент,  
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

ИОННАЯ ФЛОТАЦИЯ  $Y^{3+}$ ,  $Er^{3+}$ ,  $Yb^{3+}$

Аннотация

Экспериментальные результаты и термодинамическое исследование ионной флотации из  $Y(+3)$ ,  $Er(+3)$  и  $Yb(+3)$  в водных системах с поверхностно-активные вещества представлены. Коэффициенты распределения редкоземельных элементов в процессе ионной флотации были определены. Было показано, если  $pH = 5,5 - Y(+3)$  селективно извлекается,  $pH = 6,4 - Er(+3)$  селективно удаляется из раствора и  $pH > 8,0 - Yb(+3)$  извлекается из растворов азотнокислых солей. Представлены результаты экспериментального и теоретического исследования процесса ионной флотации в растворах нитратов иттрия, эрбия, иттербия и додецилсульфата натрия, используемого в качестве флотореагента. Получены зависимости коэффициентов распределения ионов редкоземельных элементов в процессе ионной флотации от  $pH$  равновесной водной фазы. Было установлено, что в процессе ионной флотации наблюдается тенденция к увеличению коэффициента распределения при значениях  $pH$  максимального извлечения с порядковым номером лантаноидов. Значительный рост коэффициента распределения в 2 – 4 раза происходит при переходе к эрбию и иттербию. В итоге, при различных  $pH$  среды в процессе ионного обмена происходит изменение механизма взаимодействия катиона металла и додецилсульфат иона.

**Ключевые слова:** редкоземельные металлы, поверхностно-активные вещества, ионная флотация, термодинамические характеристики флотационного процесса.

Lobacheva O.L.<sup>1</sup>, Berlinskii I.V.<sup>2</sup>, Mkrtchyan A.A.<sup>3</sup>, Misnik A.V.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> PhD in Chemistry, <sup>2</sup> PhD in Chemistry, <sup>3</sup> Student, <sup>4</sup> Student, National Mineral Resources University (Mining University)  
ION FLOTATION OF  $Y^{3+}$ ,  $Er^{3+}$ ,  $Yb^{3+}$

Abstract

The experimental results and thermodynamic investigation of the ion flotation of  $Y(+3)$ ,  $Er(+3)$  and  $Yb(+3)$  in aqueous systems with surface active substance are presented. Distribution coefficients of rare-earth elements in the approach of ion flotation were determined. It was shown, if  $pH = 5,5 - Y(+3)$  is removed,  $pH = 6,4 - Er(+3)$  is selectively removed and  $pH > 8,0 - Yb(+3)$  is extracted from solutions of nitrate salts by sodium dodecylsulfate.

The dependences of the distribution coefficients of ions of rare earth elements in the ion flotation approach from the equilibrium  $pH$  of the aqueous phase were stated. It was found that in the process of ion flotation is observed a tendency of increase of the distribution coefficient at the  $pH$  of maximum removal with a serial number of the lanthanides. A significant increase of the distribution coefficient in 2 – 4 times occurs during the transition to erbium and ytterbium. In the end, at different  $pH$  of the medium in the ion exchange processes there is a change of the mechanism of interaction of the metal cation and dodecyl sulfate ion.

**Keywords:** surface-active substances, rare-earth elements, ion flotation, thermodynamic data of the flotation approach.

**А**дсорбционно-пузырьковые методы разделения веществ широко используются в настоящее время для извлечения и разделения ионов редкоземельных металлов (РЗМ) [1,2]. Руда перерабатывается, для производства концентратов, содержащих 60-80% смешанных РЗМ в виде оксидов, в основном, с использованием флотационной технологии.

Ионная флотация основана на притяжении извлекаемого иона противоположно заряженными ионами собирателя, закрепившимися на поверхности барботируемых через объем раствора пузырьков воздуха или газа. Для извлечения катионов применяются анионные, для анионов - катионные собиратели. Между полярной группой собирателя и ионом действуют электростатические силы притяжения или связи, характерные для координационных соединений.

Возможны два механизма ионной флотации: адсорбционный (концентрирование сублата на поверхности пузырьков происходит в результате адсорбции) и адгезионный (сублат образует осадок - новую фазу, частицы которой прилипают к всплывающим пузырькам). В случае адсорбционного механизма раствор после введения собирателя остаётся гомогенным, а при адгезионном становится гетерогенной двухфазной системой. По кинетическим возможностям для промышленного использования предпочтительнее адгезионный механизм ионной флотации, при котором извлечение на уровне 90-99% может быть достигнуто за время от долей минуты до нескольких минут. Поэтому в качестве реагентов-собирателей целесообразно использовать поверхностно-активные вещества (ПАВ), образующие труднорастворимые соединения. Адсорбционная ионная флотация при определенных условиях может протекать с образованием самостоятельной поверхностной фазы, существующей только на границе газ-жидкость.

Ионную флотацию осуществляют во флотационных машинах (пневмомеханические, пневматические и др.), сконструированных с учётом особенностей этого процесса. Ионную флотацию целесообразно применять при исходных концентрациях компонента в интервале  $10^{-5}$ - $10^{-2}$  моль/л, т.к. при больших концентрациях слишком большой объёмный выход пенного продукта, а при меньших - велика стоимость потерь ПАВ с отработанными растворами и затраты на очистку последних. Характерные особенности ионной флотации (эффективность при относительно низких исходных концентрациях металла, высокая скорость процесса и др.) определяют перспективные направления промышленного использования этого процесса. Ионная флотация является полупромышленным способом для извлечения молибдена, вольфрама, скандия, рения, золота и др., выделение металлов из относительно бедных растворов (десятки-сотни мг/л) с целью извлечения основного металла и элементов-спутников, присутствующих в руде в небольших количествах.

В настоящее время методы поверхностного разделения веществ широко используются для извлечения и разделения ионов редкоземельных металлов. Кроме того, для производства концентратов, содержащих 60-70% смешанных РЗЭ в виде оксидов, добываемая руда перерабатывается в основном с использованием флотационной технологии. Для извлечения и разделения РЗЭ и очистки их от примесей применяют осадительные методы, селективное окисление или восстановление, ионообменную сорбцию и жидкостную экстракцию. Недостатки этих методов привели к использованию извлечения и разделения РЗЭ методом ионной флотации и поиск новых поверхностно-активных веществ в качестве собирателей.

В работе использовали поверхностно-активное вещество - представляющее собой молекулы с ионогенной функциональной группой и органическим радикалом с большим числом атомов углерода - додецилсульфат натрия (NaDS). В процессе флотации ПАВ взаимодействует с неорганическим ионом (катионом металла) и, образующийся сублат удаляется из раствора вместе с пеной.

В работе изучали распределение ионов редкоземельных элементов иттриевой группы -  $Y^{3+}$ ,  $Er^{3+}$ ,  $Yb^{3+}$  в системах «водный раствор – пена», образованных модельными растворами нитратов их солей и додецилсульфатом натрия [3].

Исследовалась зависимость коэффициента распределения ( $K_p$ ) редкоземельных элементов для наиболее полного извлечения между водной и органической фазами от pH раствора. В качестве модельных использовались водные растворы нитратов  $Y(3+)$ ,  $Er(3+)$ ,  $Yb(3+)$  с концентрацией 0,001 моль/кг, в качестве собирателя - NaDS, концентрация которого соответствует реакции:  $Ln^{3+} + 3 DS^- = Ln(DS)_3$ , т.е. 0,003 моль/кг, ( $Ln^{3+}$  - катион металла,  $DS^-$  - додецилсульфат-ион). pH раствора устанавливали с помощью растворов азотной кислоты или гидроксида натрия. Объем исследуемого раствора варьировался от 100 до 200 мл.

Процесс ионной флотации проводили в течение 10 минут в специальном аппарате - лабораторной машине механического типа В-ФЛ 137 с объемом камеры 1,0 дм<sup>3</sup>. Разрушение отобранной пены проводили с помощью 30 мл раствора серной кислоты с концентрацией -1 моль/кг. Пенный продукт и раствор, оставшийся в кювете после процесса флотации, анализировали на содержание катиона металла [4].

$K_p$  - коэффициент распределения иона исследуемого раствора металла между водной и органической фазами рассчитывали по отношению концентрации  $[Ln^{3+}](Y^{3+}, Er^{3+}, Yb^{3+})$  в пене к концентрации  $[Ln^{3+}]$  в остатке соответственно:

$$K_p = \frac{[Ln^{3+}]_{org}}{[Ln^{3+}]_{aq}}$$

Содержание NaDS в камерном остатке и в пене определялось потенциометрическим титрованием с использованием ионоселективного электрода, изготовленного на кафедре физической химии Санкт-Петербургского государственного университета [5]. В качестве титранта использовали раствор цетилтриметиламмония хлорида концентрацией 0,002 моль/кг.

Экспериментальные данные (Рис. 1 - 3) в процессе ионной флотации по зависимости  $K_p$  редкоземельных элементов от значения pH раствора свидетельствуют о том, что в кислой среде извлечение РЗЭ практически не наблюдается.

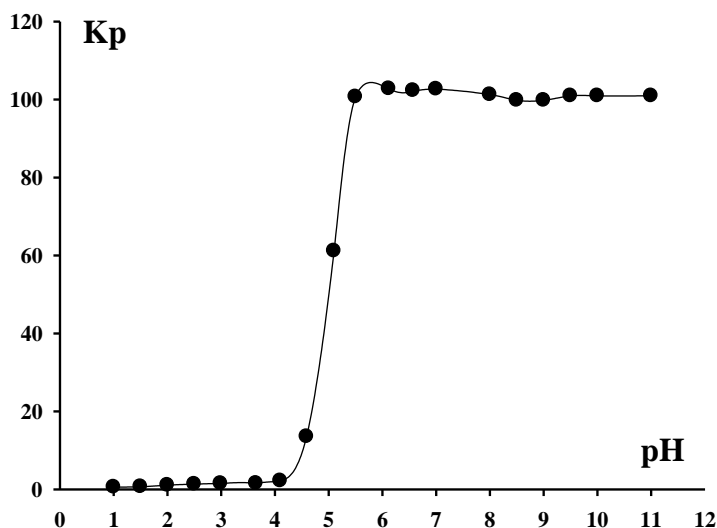


Рис. 1. - Зависимость коэффициента распределения Кр ионов  $Y^{3+}$  от pH раствора.

Из рисунка 1 видно, что извлечение ионов  $Y^{3+}$  начинается при  $pH = 5,5$ . Максимальное извлечение достигается при  $pH = 6,1$ . Это значение ниже полученной величины  $pH$  комплексообразования 6,3, что свидетельствует о флотации ионов иттрия в форме среднего додецилсульфата  $Y(C_{12}H_{25}OSO_3)_3$ .

Из полученных экспериментальных данных (Рис.2) видно, что значение  $pH$ , при котором наблюдается резкое увеличение  $K_p$ , равное 6,3, ниже  $pH$  гидратообразования 6,4. Величина  $pH$  образования гидроксокомплексов  $Er(OH)^{2+}$  и  $Er(OH)_2^+$  в соотношении 1:1 составляет 6,25. Отсюда можно заключить, что эрбий флотируется в виде смеси основных додецилсульфатов, причем в области максимального извлечения преимущественно в форме  $Er(OH)_2(C_{12}H_{25}OSO_3)_3$ . Следует отметить, что флотация дигидроксокатионов протекает с  $K_p$  более 650, так как требует присоединения только одного аниона додецилсульфата к извлекаемому иону.

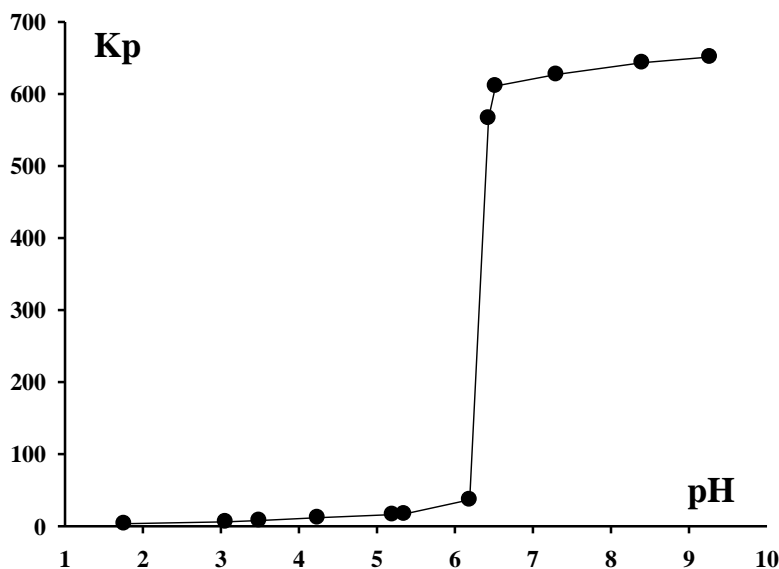


Рис. 2. - Зависимость коэффициента распределения Кр ионов  $Er^{3+}$  от pH раствора.

Ионная флотация ионов иттербия (Рис.3) показывает, что в кислых средах извлечение  $Yb^{3+}$  незначительное. При повышении  $pH$  начинается процесс флотации, и  $K_p$  резко возрастает. Значение  $pH$ , при котором начинается резкое увеличение  $K_p$ , равно 6,2 и соответствует по ранее выполненным данным кондуктометрического титрования  $pH_{1/2}$  образования дигидроксокомплекса иттербия. На этом основании можно предположить, что иттербий так же, как и эрбий, флотируется преимущественно в форме основного додецилсульфата дигидроксииттербия  $Yb(OH)_2(C_{12}H_{25}OSO_3)_3$ . При этом достигается  $K_p$  более 400, превышающий соответствующие значения при флотации моногидроксокатионов церия, европия и самария [6].

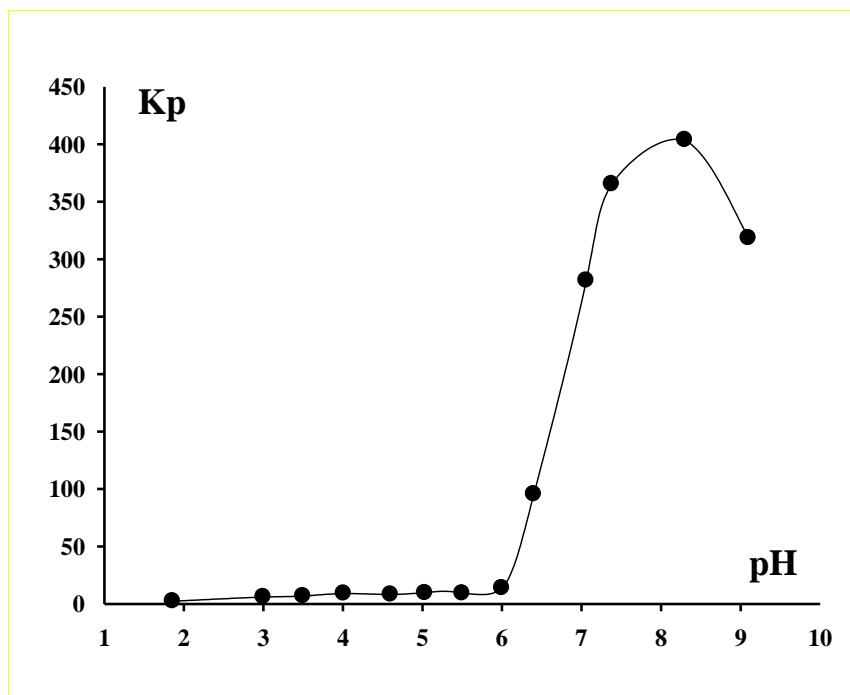


Рис. 3. - Зависимость коэффициента распределения Кр ионов  $\text{Yb}^{3+}$  от pH раствора.

**Выводы:** В процессе флотации ионы лантаноидов ( $\text{Y}^{3+}$ ,  $\text{Er}^{3+}$ ,  $\text{Yb}^{3+}$ ) извлекаются додецилсульфатом натрия в форме средних и основных додецилсульфатов ( $\text{Ln}(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{OSO}_3)_3$  и  $\text{Ln}(\text{OH})(\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{OSO}_3)_2$ ). В растворах редкоземельных элементов при pH = 5,5 возможно селективное извлечение  $\text{Y}^{3+}$ , при pH = 6,4 – эрбия (3+) и при pH > 8,0 – иттербия (3+) из растворов их солей с применением NaDS в качестве собирателя в процессе ионной флотации. Наблюдается тенденция к увеличению коэффициента распределения при значениях pH максимального извлечения с порядковым номером лантаноидов. Значительный рост коэффициента распределения в 2 – 4 раза происходит при переходе к эрбию и иттербию. Это можно объяснить изменением механизма процесса, при котором требуется присоединение не двух, а только одного аниона додецилсульфата.

#### Литература

1. Grieves R.B., Charewicz W.R. // Journal of the Separation Science. 1975. Vol. 10. N 1. pp. 77-92.
2. Adsorptive bubble separation techniques / R.Lemlich. 1972. Academic Press. N-Y., London. pp 53-59.
3. Chirkst D.E., Lobacheva O.L., Berlinskii I.V., Sulimova M.A. Recovery and separation of  $\text{Ce}^{3+}$  and  $\text{Y}^{3+}$  ions from aqueous solutions by ion flotation // Russian Journal of Applied Chemistry. - 2009. - №82 (8). - pp. 1370-1374.
4. Саввин С.Б. Арсеназо III. – М: Атомиздат. 1966. 265 с.
5. Тимофеев С.В., Матерова В.А., Архангельский Л.К. // Вестник ЛГУ. Серия физика, химия. - 1978. - № 16. - Вып. 3. - С. 139-141.
6. Chirkst D.E., Lobacheva O.L., Berlinskii I.V., Sulimova M.A. The thermodynamic properties of hydroxo compounds and the mechanism of ion flotation for cerium, europium, and yttrium // Russian Journal of Physical Chemistry. - 2009. - №83 (12). - pp. 2022-2027.

#### References

1. Grieves R.B., Charewicz W.R. // Journal of the Separation Science. 1975. Vol. 10. N 1. pp. 77-92.
2. Adsorptive bubble separation techniques / R.Lemlich. 1972. Academic Press. N-Y., London. pp 53-59.
3. Chirkst D.E., Lobacheva O.L., Berlinskii I.V., Sulimova M.A. Recovery and separation of  $\text{Ce}^{3+}$  and  $\text{Y}^{3+}$  ions from aqueous solutions by ion flotation // Russian Journal of Applied Chemistry. - 2009. - №82 (8). - pp. 1370-1374.
4. Savvin S.B. Arsenazo III. – M: Atomizdat. 1966. 265 s.
5. Timofeev S.V., Materova V.A., Arhangel'skij L.K. // Vestnik LGU. Serija fizika, himija. - 1978. - № 16. - Vyp. 3. - S. 139-141.
6. Chirkst D.E., Lobacheva O.L., Berlinskii I.V., Sulimova M.A. The thermodynamic properties of hydroxo compounds and the mechanism of ion flotation for cerium, europium, and yttrium // Russian Journal of Physical Chemistry. - 2009. - №83 (12). - pp. 2022-2027.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.117

Никитин Ю.Н.

Доктор технических наук

Сибирский казачий институт технологий и управления (филиал) ФГБОУ ВО

«МГУТУ имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», г. Омск

**К ПЯТИДЕСЯТИЛЕТИЮ ТЕХНОЛОГИИ АКТИВНОГО ПЕЧНОГО ТЕХУГЛЕРОДА СССР***Аннотация*

*Дана история развития отечественной печной технологии техуглерода из жидкого углеводородного сырья. Особое внимание уделено технологии пористых разновидностей техуглерода и эффективности их применения в электропроводящих и антистатических резиновых изделиях. Установлены зависимости физико-химических свойств техуглерода от условий порообразования, позволяющие контролировать его качество, выявлять особенности печной технологии и технологические нарушения.*

**Ключевые слова:** резина, техуглерод, шины, технология.

Nikitin Yu. N.

PhD in Engineering, Siberian Cossack Institute of technology and management (branch) of Federal STATE budgetary educational institution in «MGUTU name K.G. Razumovsky (First Cossack University)», Omsk

**THE FIFTIETH TECHNOLOGY ACTIVE FURNACE CARBON BLACK USSR***Abstract*

*History of development of the home stove technology of carbon black is Given from liquid hydrocarbon. The attention is spared to technology of porous varieties of carbon black and efficiency of their application in electro-conducting and anti-static and wares from rubber. Dependences of physical and chemical properties of carbon black from the conditions of pore formation, to monitor its quality, identify features kiln technology and process violations.*

**Keywords:** rubber, carbon black, tires, technology.

Первые образцы сажи ПМ-70 получены в 1963 году по результатам исследований кинетики разложения жидкого сырья на экспериментальной установке НИКТИ ШП, а разработка промышленной печной технологии началась с 1965 года в ходе ликвидации совнархозов и переподчинения отрасли Миннефтехимпрому СССР [1,2]. Температура в зоне реакции соответствовала заданному уровню дисперсности марки и увеличивалась при переходе от полуактивной ПМ-50 (N539) к активным ПМ-75 (N330) и ПМ-100 (N220), а время реакции обеспечивало полноту разложения сырья при минимальной (не выше заданной) микропористости техуглерода. Технология марки включала параметры расхода сырья, газа и воздуха на горение и температуры в зоне реакции, а расчётные показатели выхода и удельных поверхностей проверяли при получении техуглерода и корректировали по составу сырья. Реорганизация сажевого отдела НИКТИ ШП в самостоятельный институт - ВНИИСП (ВНИИТУ) ускорила запуск новых производств техуглерода, а строительство вагонов-хопперов для его перевозки и бункерных складов для хранения облегчили внедрение и автоматизацию приёмки и переработки на шинных заводах и повысили качество шин. С развитием промышленного производства активного техуглерода тесно связаны также дальнейшие успехи в повышении качества и расширении ассортимента резиновых технических изделий специального назначения.

В начале 70-х годов по технологиям базовых марок путём газификации поверхности после завершения реакции разложения сырья в зоне высоких температур получены пористые разновидности техуглерода для применения в антистатических и электропроводных резинах [3-6]. Они отличались от базовых марок повышенной структурностью, при этом ПМЭ-70В приближался по электропроводности резин к аналогу фирмы Кэбот (США) - техуглероду Вулкан ХХХ и уступал ацетиленовой саже Р-1250 производства ГДР. Более активные разновидности ПМЭ-100В и ПМЭ-110В превосходили по электропроводности резин ацетиленовую сажу в пять раз и техуглерод базовой марки ПМ-100 более чем на три порядка. По результатам их лабораторных испытаний получены представительные партии ПМЭ-80В и ПМЭ-100В, образцы которых отправлены на 17 предприятий для производственных испытаний в антистатических резинах, к проведению которых подключились также и отраслевые научно-исследовательские институты.

При испытании техуглерода ПМЭ-80В вместо ПМ-100 на Саранском заводе «Резинотехника», Казанском и Карагандинском заводах РТИ достигнуто повышение качества антистатических напорных рукавов и клиновых ремней и снижение травматизма при их эксплуатации. На МПО «Красный богатырь», БПО «Балаковорезинотехника», комбинате «Инкарас», ЯПО «Ярославрезинотехника» и Ярославском заводе РТИ, Курском и Уфимском заводах РТИ на ПМЭ-80В заменили дефицитный ацетиленовый техуглерод. На ЛПО «Красный треугольник» заменили ацетиленовый техуглерод в обуви и мехе к наркозным аппаратам, МПО «Вулкан» - в детали из латекса НК к медицинской аппаратуре, а более активный ПМЭ-100В применили в производстве особо ответственных резиновых изделий к наркозно-дыхательным аппаратам. МПО «Каучук» заменой ацетиленового техуглерода на ПМЭ-100В повысил качество изделий для авиации, Тульский и Свердловский заводы РТИ совместно с НИИРП использовали его в разработке токопроводящих изделий новой техники, а ОНПО ПО «Средазкабель» совместно с ТомНИКИ - в электропроводящем эластичном экране вместо металлического экрана.

Выявленная потребность на 1980 год составила 166 т ПМЭ-80В и 285 т ПМЭ-100В. Потребность техуглерода ПМЭ-80В для предприятий ВПО «Союзрезинобувь» до 1990 года обобщил НИИР в количестве 60 т, а ежегодную потребность ПМЭ-100В для предприятий кабельной промышленности – ВНИИКП в количестве 275 т на 1981 год с постепенным увеличением до 335 т к 1985 году. Кроме этого, Шосткинский филиал ГосНИИхимфотопроект запросил 5т ПМЭ-80В для повышения качества своей продукции, Ивановский комбинат искусственной подошвы – контейнер ПМЭ-100В для пористой антистатической резины, а Марийский ЦБК – 600 т. ПМЭ-100В по ТУ38.11568-78 для применения в рецептуре бумаги. По приказу Миннефтехимпрома СССР в 1980 году на опытном производстве ВНИИТУ для удовлетворения выявленных потребностей было наработано 700 т. указанных выше марок, и выпуск их

продолжался в нарастающих объёмах в последующие годы. В это же время была разработана технология сверхвысокопористого техуглерода ПЗ99Э, аналогичного Кеттенблеку ЕС, а для особо ответственных изделий - технологии марок ПМ-105 (N120) и П245 (N234) повышенной дисперсности и структурности и монодисперсного техуглерода П226М. В водных растворах связующей добавки для грануляции техуглерода мелассу заменили на лигносульфонаты, а по новому ГОСТ 7885-86, который действует по настоящее время, первый знак в них указывает на способ производства (К-канальный, П-печной), второй – на дисперсность и третий – на структурность. В обозначении специальных марок техуглерода по ТУ последний буквенный знак указывает на его свойства и назначение.

В связи с успехами внедрения пористых разновидностей исследованы зависимости их физико-химических свойств от условий порообразования и возможности базовой технологии в управляемом изменении уровня и характера их пористости [7-10]. Серийные марки получены при минимальном времени реакций разложения сырья, когда в самом начале образования микропор реакцию останавливали снижением температуры аэрозоля водой до 800°C в зоне закали. При удалении зоны закали от места ввода сырья увеличивалось время газификации частиц, и появлялись макропоры, повышающие их дисперсность и структурность по адсорбции молекул ЦТАБ и ДБФ и соответственно количество связываемого техуглеродом каучука при его диспергировании. Оценка уровня макропористости относительным повышением удельной внешней поверхности образцов от уровня базовой марки показала, что она догоняет микропористость, а при газификации по технологии ПМ-75 и обгоняет её, достигая у техуглерода ПЗ99Э в два раза более высокого уровня (таблица). Повышенная упорядоченность структуры частиц ПМ-100, достигнутая более высокой температурой их формирования при разложении сырья, замедляла рост макропористости, и у техуглерода П267Э она даже не достигала уровня микропористости. При подаче же паров воды в зону реакции вместе с сырьём в процессах его разложения начинают участвовать и реакции газификации, снижая упорядоченность структуры формирующихся частиц и способность их к агрегированию, что уменьшало микропористость и исключало большое повышение структурности техуглерода.

Таблица – Зависимость показателей структурности, дисперсности и пористости техуглерода от условий и продолжительности их газификации в печной технологии

Марка печного техуглерода		Абсорбция ДБФ, мл/100г	Удельная пов, м²/г		Пористость, %	
			внешняя	общая	макро	микро
ПМ-75 (П-324) базовой технологии		112	80	86	-	6,9
ПМЭ-80В (ПЗ66Э)	Газификация после разложения сырья	150	112	165	28,6	32,1
ПЗ99Э		240	310	498	74,2	37,8
ПМ-100 (П234) базовой технологии		114	105	112	-	6,3
ПМЭ-100В (П267Э)	Газификация после разложения сырья	142	108	163	2,8	33,7
		154	127	205	17,3	38,0
		160	140	242	25,0	42,1
		163	155	280	32,3	44,6
	Подача паров воды при разлож. сырья	110	140	190	25,0	26,3
		118	170	240	38,2	29,2

Выявленные взаимосвязи свойств техуглерода с условиями порообразования позволяют контролировать качество каждой марки, выявлять особенности технологии и технологические нарушения. Технология низкоструктурных марок использована при разработке П161 для окраски волокон и УМ-66, УМ-76, УМ-85 для антистатических резин [11,12]. Техуглерод ПМЭ-100В в комбинации с элементарным графитом использован как основа электропроводной резины для эластичного экрана кабеля [13,14], а созданный позднее макропористый техуглерод ПЗ99Э по электропроводящим и прочностным свойствам резин значительно превзошёл его [12,15-17]. По прочности бессерных резин на основе БНК или серных резин из его гидрированных модификаций ПЗ99Э превзошёл техуглерод ПЗ24, а после нормализации поверхности при испытании в БСК – и П234.

Таким образом, печная технология превращением неупорядоченности структуры техуглерода в макропористость повышает его усиливающие свойства, оцениваемые теми же методами по показателям дисперсности и структурности, как уменьшение диаметра и рост степени агрегирования его частиц. Очевидно, крупные неупорядоченные частицы полуактивного техуглерода могут дать макропористые агрегаты активного - будущего заменителя современным маркам N339 и N375 для протекторных резин. Конфронтация с НАТО, политизировала науку и закончилась распадом СССР, а реорганизация ВНИИТУ в КТИТУ СО РАН и после объединения с Омским филиалом института катализа в ИППУ СО РАН – полным разрушением технической базы для научных исследований.

Заводы быстрее науки преодолели кризис и половину продукции ассортимента США экспортируют с приёмо-сдаточными испытаниями партий по американским стандартам. Внутренние потребители получают техуглерод по ГОСТ 7885-86 без испытаний в резине, что явно не в интересах России. Успешные разработки и внедрения пористых разновидностей печного техуглерода в СССР призваны напомнить о том, что в современной России «новое» не должно быть сознательно забытым старым [18].

## Литература

1. Суrowикин В.Ф. Исследование кинетики и механизма образования сажи при разложении жидких ароматических углеводородов в печном процессе. // Производство шин, РТИ и АТИ. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1968, №2. – С. 15 – 19.
2. Никитин Ю.Н., Скрипник А.А., Процкая Л.А. К семидесятилетию усиления шинных резин печным техуглеродом. // Research Journal International Studies. 2015, №2 (33), Ч.1. – С.54 – 58.
3. Карелина В.Н., Никитин Ю.Н., Орехов С.В., Аникеев В.Н. Влияние физико-химических свойств и особенностей получения печного активного технического углерода на электропроводность вулканизатов. // Производство шин, РТИ и АТИ. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1977, № 12. – С. 14 – 15.
4. Карелина В.Н., Никитин Ю.Н., Корнев А.Е., Горелик Р.А. Особенности свойств нового активного печного электропроводящего техуглерода. // Производство шин, РТИ и АТИ. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1978, №5. – С. 17 – 20.
5. Карелина В.Н., Никитин Ю.Н., Орехов С.В., Аникеев В.Н. Свойства резин с новыми марками печного электропроводящего техуглерода. // Производство шин, РТИ и АТИ. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1978, №6. – С. 6 – 8.
6. Получение и свойства электропроводного технического углерода, М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1981.
7. Никитин Ю.Н., Карелина В.Н., Корнев А.Е. Исследование электропроводящих и деформационно-прочностных свойств резин, наполненных печным техуглеродом. // Механика эластомеров. - 1980. - Т. 3. Вып. 101. - С. 76 – 80.
8. Никитин Ю.Н., Корнев А.Е., Расторгуева Н.Н., Червяков П.И. О роли пористости печного техуглерода в повышении электропроводности вулканизатов. // Каучук и резина. 1983. №1. - С. 20 – 23.
9. Никитин Ю.Н., Корнев А.Е., Устинов В.В. О факторах, определяющих электро-проводящие свойства технического углерода. // Каучук и резина. 1983. №3. - С. 20 – 22.
10. Никитин Ю.Н., Расторгуева Н.Н., Корнев А.Е., Карелина В.Н. Применение адсорбционных методов анализа для экспресс-контроля качества электропроводящего техуглерода. // Производство шин, РТИ и АТИ. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1983. №11. - С. 24 – 27.
11. Никитин Ю.Н., Монаева Л.Ф., Ходакова С.Я., Родионов В.А. Эффективность применения высокопористого техуглерода в комбинации с другими наполнителями. // Каучук и резина. - 2005. - №6. - С. 19 – 21.
12. Никитин Ю.Н., Ходакова С.Я., Аникеев В.Н. Повышение эффективности применения пористого печного техуглерода электроразогревом в массе. // Каучук и резина. - 2007. - №1. - С. 28 – 29.
13. Никитин Ю.Н., Аникеев В.Н., Никитин И.Ю. Влияние элементного графита на свойства эластомерных композиций с печным техуглеродом. // Каучук и резина. - 2001. №1. - С. 8 – 11.
14. Никитин Ю.Н., Аникеев В.Н., Никитин И.Ю. Оптимизация свойств электропроводных эластомерных композиций с комбинацией печного пористого техуглерода и графита. // Каучук и резина. - 2002. - №5. - С. 14 – 16.
15. Никитин Ю.Н., Ходакова С.Я., Родионов В.А. О роли природы межфазного взаимодействия в усилении эластомеров техуглеродом. // Каучук и резина. - 2003. - №4. - С. 38 – 39.
16. Никитин Ю.Н., Ходакова С.Я., Родионов В.А. Особенности усиления бутадиен-нитрильных каучуков высокопористым техуглеродом. // Каучук и резина. - 2005. - №3. - С.16-17.
17. Никитин Ю.Н., Скрипник А.А., Процкая Л.А. О развитии научных основ усиления шинных резин. // Research Journal International Studies. 2014, №12 (31), Ч. 1 - С. 71 – 76.
18. Караваев М.Ю., Раздьяконова Г.И., Стрижак Е.А. и др. // Каучук и резина, 2014.-№1.-С.40; 2014.- №2.-С.38.

## References

1. Surovikin V.F. Issledovanie kinetiki i mehanizma obrazovaniya sazhi pri razlozhenii zhidkih aromatischeskih uglevodorodov v pechnom processe. // Proizvodstvo shin, RTI i ATI. M.: CNIITJeneftehim, 1968, №2. – S. 15 – 19.
2. Nikitin Ju.N., Skripnik A.A., Prockaja L.A. K semidesjatiletiju usilenija shinnyh rezin pechnym tehuglerodom. // Research Journal International Studies. 2015, №2 (33), Ch.1. - S.54 – 58.
3. Karelina V.N., Nikitin Ju.N., Orehov S.V., Anikeev V.N. Vlijanie fiziko-himicheskikh svojstv i osobennostej polucheniya pechnogo aktivnogo tehničeskogo ugleroda na jelektroprovodnost' vulkanizatorov. // Proizvodstvo shin, RTI i ATI. M.: CNIITJeneftehim, 1977, № 12. - S. 14 – 15.
4. Karelina V.N., Nikitin Ju.N., Kornev A.E., Gorelik R.A. Osobennosti svojstv novogo aktivnogo pechnogo jelektroprovodjashhego tehugleroda. // Proizvodstvo shin, RTI i ATI. M.: CNIITJeneftehim, 1978, №5. – S. 17 – 20.
5. Karelina V.N., Nikitin Ju.N., Orehov S.V., Anikeev V.N. Svojstva rezin s novymi markami pechnogo jelektroprovodjashhego tehugleroda. // Proizvodstvo shin, RTI i ATI. M.: CNIITJeneftehim, 1978, №6. – S. 6 – 8.
6. Poluchenie i svojstva jelektroprovodnogo tehničeskogo ugleroda, M.: CNIITJeneftehim, 1981.
7. Nikitin Ju.N., Karelina V.N., Kornev A.E. Issledovanie jelektroprovodjashhih i deformacionno-prochnostnyh svojstv rezin, napolnennyh pechnym tehuglerodom. // Mehanika jelastomero. - 1980. - T. 3. Vyp. 101. - S. 76 – 80.
8. Nikitin Ju.N., Kornev A.E., Rastorgueva N.N., Chervjakov P.I. O roli poristosti pechnogo tehugleroda v povyshenii jelektroprovodnosti vulkanizatorov. // Kauchuk i rezina. 1983. №1. - S. 20 – 23.
9. Nikitin Ju.N., Kornev A.E., Ustinov V.V. O faktorah, opredelajushhih jelektro-provodjashhie svojstva tehničeskogo ugleroda. // Kauchuk i rezina. 1983. №3. - S. 20 – 22.
10. Nikitin Ju.N., Rastorgueva N.N., Kornev A.E., Karelina V.N. Primenenie adsorb-cionnyh metodov analiza dlja jekspress-kontrolja kachestva jelektroprovodjashhego tehugleroda. // Proizvodstvo shin, RTI i ATI. M.: CNIITJeneftehim, 1983. №11. - S. 24 – 27.
11. Nikitin Ju.N., Monaeva L.F., Hodakova S.Ja., Rodionov V.A. Jefferktivnost' primeneniya vysokoporistogo tehugleroda v kombinacii s drugimi napolniteljami. // Kauchuk i rezina. - 2005. - №6. - S. 19 – 21.
12. Nikitin Ju.N., Hodakova S.Ja., Anikeev V.N. Povyshenie jefferktivnosti primeneniya poristogo pechnogo tehugleroda jelektrozogrevom v masse. // Kauchuk i rezina. - 2007. - №1. - S. 28 – 29.
13. Nikitin Ju.N., Anikeev V.N., Nikitin I.Ju. Vlijanie jelementnogo grafita na svojstva jelastomernyh kompozicij s pechnym tehuglerodom. // Kauchuk i rezina. - 2001. №1. - S. 8 – 11.



14. Nikitin Ju.N., Anikeev V.N., Nikitin I.Ju. Optimizacija svojstv jelektoprovodnyh jelastomernyh kompozicij s kombinacij pechnogo poristogo tehugleroda i grafita. // Kauchuk i rezina. - 2002. - №5. - S. 14 - 16.
15. Nikitin Ju.N., Hodakova S.Ja., Rodionov V.A. O roli prirody mezhfaznogo vzaimodejstvija v usilenii jelastomerov tehuglerodom. // Kauchuk i rezina. - 2003. - №4. - S. 38 - 39.
16. Nikitin Ju.N., Hodakova S.Ja., Rodionov V.A. Osobennosti usilenija butadien-nitril'nyh kauchukov vysokoporistym tehuglerodom. // Kauchuk i rezina. - 2005. - №3. - S.16-17.
17. Nikitin Ju.N., Skripnik A.A., Prockaja L.A. O razvitii nauchnyh osnov usilenija shinnyh rezin. // Research Journal International Studies. 2014, №12 (31), Ch. 1 - S. 71 - 76.
18. Karavaev M.Ju., Razd#jakonova G.I., Strizhak E.A. i dr. // Kauchuk i rezina, 2014.-№1.-S.40; 2014.- №2.-S.38.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.197

Фарус О.А.

ORCID: 0000-0002-1426-6534, Кандидат химических наук,

Оренбургский государственный педагогический университет

# РАЗРАБОТКА ТЕСТ-СИСТЕМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИОНОВ ЦИНКА В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО СИЛИКАТА

*Аннотация*

Статья посвящена решению одной из основных задач современной науки, связанной со скринингом ионов тяжелых металлов в природных объектах. В работе приведена характеристика разработанной тест-системы на основе наноструктурированного силиката. С помощью золь-гель технологии была получена основа для тест-системы в виде гибридного органо-неорганического силикатного материала. В рамках выполнения экспериментальной части были определены метрологические характеристики полученной тест-системы и доказано, что она может быть использована для определения ионов цинка в пределах от 0,309 мг/л до 8,971 мг/л.

**Ключевые слова:** экспресс-методы, окружающая среда, загрязнения окружающей среды, тест-система, силикаты, метрологические характеристики.

Farus O.A.

ORCID: 0000-0002-1426-6534, Candidate of Chemical Sciences, Orenburg state pedagogical University

# DEVELOPMENT OF TEST SYSTEMS FOR THE DETERMINATION OF ZINC IONS IN THE ENVIRONMENT BASED ON NANOSTRUCTURED MATERIALS SILICATE

*Abstract*

The article is devoted to solving one of the main tasks of modern science that is associated with the determination of heavy metal ions in natural objects. The paper presents characteristics of the designed test-systems based on nanostructured silicate material. The basis of the test system consists of a hybrid organic-inorganic silica materials produced by Sol-gel technology. When performing the experiment were determined metrological characteristics of the test system. It was proved that the test system can be used to determine the zinc ion in the range of 0,309 mg/l to 8,971 mg/l.

**Keywords:** rapid methods, environment, degree of pollution, test system, silicates, metrological characteristics.

В связи с возрастающей антропогенной нагрузкой на окружающую среду, все чаще возникает необходимость в простом и быстром анализе вещества, без существенных затрат времени и денег на процедуру самого анализа. Вследствие этого, основная задача современных методов анализа - это разработка экспресс-методов и средств для быстрой и недорогой оценки степени загрязнения объектов окружающей среды.

Эту задачу успешно могут решить тест-методы, которые уже давно разрабатываются и используются в различных областях жизни человека. На сегодняшний день уже разработано много разных тест-систем различного типа и назначения. Наиболее рационально использовать тест-системы в полевом анализе, т.к. полевой анализ является важным и перспективным направлением в защите окружающей среды. Тест-системы просто незаменимы в тех критических случаях, когда необходимо быстро определить состав объекта окружающей среды. В объектах окружающей среды постоянно находят ионы тяжелых металлов, которые наносят непоправимый вред организму человека. Уже давно отработаны методики обнаружения ионов тяжелых металлов с помощью сложного оборудования. Но каждый раз нести питьевую воду или вытяжку из почвы для определения в них тяжелых металлов нецелесообразно. Поэтому встает острая необходимость в простом и доступном методе определения компонентов анализируемого вещества. И даже в подобных случаях тест-системы могут решить данную проблему [1, 2].

В основе работы любой тест-системы лежит химическая реакция между реагентом и определяемым веществом. Реагент может быть закреплен как твердый, так и на жидкий носитель или по-другому матрицу. Но наибольшую распространенность получили тест-системы на твердом носителе. В качестве матрицы можно использовать бумагу, ткань, полимерные вещества, силикагели и т.д. Силикатные материалы легкие и недорогие, что позволяет широко использовать их в качестве носителя в разработке тест-систем. Основная задача на сегодняшний день — это разработка твердофазных тест-систем на основе модифицированного силикагеля для определения ионов тяжелых металлов в водных объектах окружающей среды [3].

Поэтому проблема разработки тест-систем для определения ионов тяжелых металлов в объектах окружающей среды на основе гибридных органо-неорганических силикатных материалов является актуальной.

**Экспериментальная часть.** В ходе реализации экспериментальной части исследования была подобрана наиболее оптимальная методика синтеза твердофазного пористого материала. Данный материал является гибридным органо-неорганическим материалом, на основе оксида кремния (IV) и раствора поливинилового спирта. Пористую основу для тест-систем получали золь-гель методом [4].

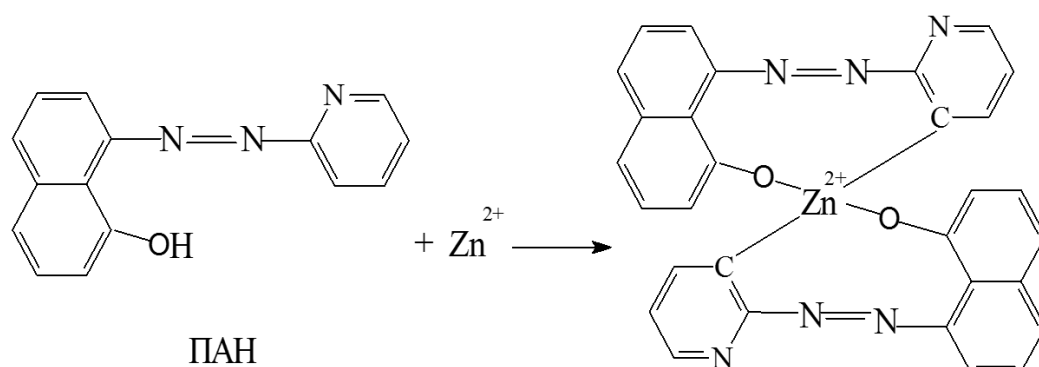
Полученный материал обладает рядом преимуществ:

1. Обладает высокой сорбционной способностью;
2. Является безопасным;
3. Имеет высокую стабильность, т.е. является устойчивым во времени и при воздействии агрессивных сред в пределах  $\text{pH} = 4-12$  и в широком интервале температур, выдерживает кипячение при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  в нейтральной среде, а в кислой среде кипячение при  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
4. Не имеет окраски;
5. При соблюдении условий синтеза сохраняет свои физико-химические параметры;
6. Легко принимает и сохраняет необходимую форму.

Данные преимущества позволили использовать полученный материал, как основу для разрабатываемых тест-систем [5, 6].

В качестве загрязняющих агентов природных объектов чаще всего выступают ионы тяжелых металлов, поэтому в качестве определяемого компонента был выбран ион цинка.

Проведенный анализ литературных данных показал, что в спектрофотометрии большая группа методик основана на использовании бифункциональных органических реагентов, образующих с ионами металлов хелатные внутрикомплексные соединения, растворимые в неполярных растворителях. К таким реагентам, часто встречающимся на практике, относится 1-(2-пиридилазо)-2-нафтол (ПАН). Ионы цинка относятся к хорошим комплексообразователям и с выбранными модификаторами образуют яркоокрашенные соединения:



В рамках исследования была получена основа тест-системы, путем иммобилизации аналитических реагентов в статическом режиме, при этом полученный пористый материал выдерживается в спиртовом растворе ПАН 24 часа. Матрица после иммобилизации ПАН приобрела светло-желтую окраску.

**Результаты и их обсуждение.** Содержание анализируемого иона в контрольном растворе оценивали в соответствии с правилом: *если окраска контрольного образца является промежуточной относительно реперных точек шкалы, то ему приписывается концентрация, равная середине диапазона*. Для каждой из полученных шкал нами были определены основные метрологические характеристики: интервал ненадежности (ИН); стандартное отклонение ( $S_c$ ); предел определения ионов ( $C_{lim}$ ) [7].

Сравнительный анализ ширины интервала ненадежности позволяет провести сопоставление различных тест-систем, чем меньше значение отношения интервала ненадежности, тем надежнее тест-система. Из рассмотренных тест-систем наиболее узкий ИН характеризует тест-системы Фибоначчи (табл. 1). Тест-системы с коэффициентом равным 2, 3 имеют очень большой ИН, поэтому они были отброшены.

Таблица 1 – Расчет ширины интервала ненадежности (ИН) для тест-системы  $\text{Zn}^{2+}$ -ПАН-Сорбент

Коэффициент	$q \approx 1.618$ (ряд Фибоначчи)	$q=2$	$q=3$
Нижняя граница	0,309	0,25	0,25
Верхняя граница	8,971	8,00	20,25
ИН	28	31	80

В рамках реализации эксперимента были получены цветовые шкалы, использующиеся для визуального экспресс-определения концентрации анализируемого иона в растворе (рис.1).

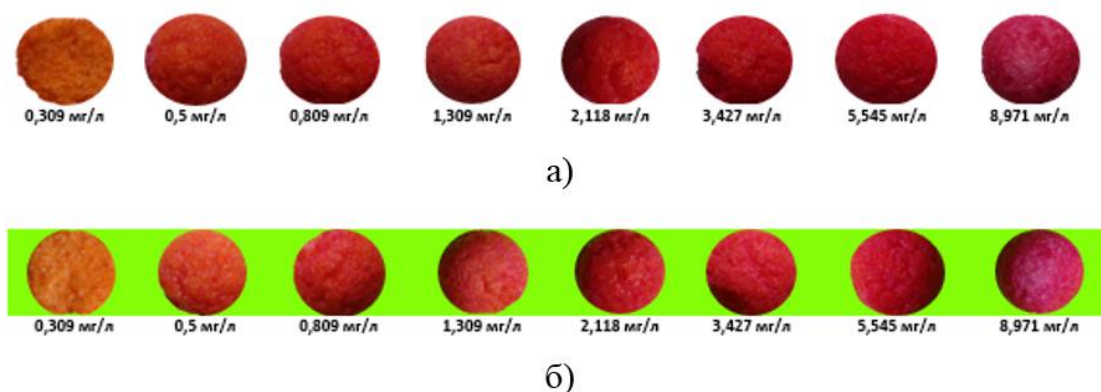


Рис. 1 – Цветовые шкалы тест-систем для определения концентрации ионов цинка (ряд Фибоначчи):  
а) белый фон; б) зеленый фон.

Все наблюдения с сорбентами проводили при дневном освещении в условиях рассеянного света. Сопоставление интенсивности окраски тест-образцов с цветовой шкалой проводили, размещая шкалу и исследуемый образец на листе белой или цветной бумаги.

Из 48 результатов определили метрологические характеристики разработанных тест-систем (табл. 2).

Таблица 2 – Метрологическая оценка тест-системы  $Zn^{2+}$ -ПАН-Сорбент

	Белый фон									Зеленый фон								
	C <sub>зад</sub> =0,6			C <sub>зад</sub> =1,5			C <sub>зад</sub> =7,8			C <sub>зад</sub> =0,6			C <sub>зад</sub> =1,5			C <sub>зад</sub> =7,8		
Варианты ответов наблюдателей	0,5	0,75	1	1	1,5	2	4	6	8	0,5	0,75	1	1	1,5	2	4	6	8
Число определений	28	16	4	3	43	2	0	2	46	25	22	1	6	39	3	0	1	47
Sc	0,165			0,163			0,202			1,139			0,219			0,463		
Cн	0,495			0,489			0,606			0,417			0,657			1,38		
Cн (ср.)	0,53									0,821								

Анализ полученных данных показывает, что предлагаемые тест-таблетки, характеризуются удовлетворительной правильностью и воспроизводимостью, при этом необходимо отметить, что при определении ионов цинка лучше использовать зеленый фон. Нами также была проведена оценка работоспособности шкал. С этой целью независимым наблюдателям задали вопрос: «Видите ли Вы различие в окраске соседних точек шкалы?», зафиксировали ответы и по результатам наблюдений вычислили частоту обнаружения различия окраски:

$$P(c) = n/N$$

где n — число положительных ответов, N — общее число наблюдений (табл. 3).

Таблица 3 – Результаты определения частоты обнаружения окраски для тест-системы определения ионов цинка.

Вероятность определения, %	Интервал с ( $Zn^{2+}$ ), мг/л	Цвет фона
100	0-0.309	белый
100	0.309-0.5	белый
100	0.5-0.809	белый
100	0.809-1.31	белый
100	1.31-2.12	белый
100	2.12-3.43	белый
95	3.43-5.54	белый
90	5.54-8.97	белый
100	0-0.309	зеленый
100	0.309-0.5	зеленый
100	0.5-0.809	зеленый

Окончание табл. 3 – Результаты определения частоты обнаружения окраски для тест-системы определения ионов цинка

Вероятность определения, %	Интервал с (Zn <sup>2+</sup> ), мг/л	Цвет фона
100	0.809-1.31	зеленый
100	1.31-2.12	зеленый
92	2.12-3.43	зеленый
85	3.43-5.54	зеленый
75	5.54-8.97	зеленый

Оценка частоты обнаружения различия окраски для выбранных шкал позволяет сделать выводы о возможности определения концентрации ионов цинка в пределах от 0,309 мг/л до 8,971 мг/л.

**Выводы.** Было выявлено, что тест-системы относятся к наиболее простым средствам полуколичественного сигнального анализа природных объектов, в которых сочетаются максимальная экспрессность анализа, простота применения, наглядность результата и достоверность.

В ходе реализации исследования, методом золь-гель технологии была получена основа для тест-систем, представляющая собой сорбент на основе оксида кремния (IV) и поливинилового спирта. На основании данного сорбента нами была разработана цветовая шкала, которая предлагалась наблюдателям, предложенные шкалы имели шаг равный 1,618 (ряд Фибоначчи). Выбор данной шкалы был обоснован значением интервала ненадежности.

Изучены метрологические характеристики, полученных тест-систем. В результате было выявлено, что при определении ионов цинка лучше использовать белый фон. Так как в данных случаях наблюдается минимальное значение предела обнаружения, которое близко к минимальному значению концентрации определяемой в рассматриваемых шкалах.

Полученные значения частоты обнаружения окраски в пределах значения всей шкалы так же подтверждают обоснованность выбранной шкалы, так как наблюдается корреляция данных, в значениях основных метрологических характеристиках.

#### Литература

1. Решетняк, Е.А. Предел обнаружения в тест-методах анализа с визуальной индикацией. Влияющие факторы / Е.А. Решетняк, Н.А. Никитина, В.М. Островская // Журнал аналитической химии. 2005. Т. 60. № 10. - С. 1102-1109.
2. Лосев, В.Н. Тест-системы для определения Cu, Fe, Co на основе дисперсных кремнезёмов, модифицированных полигексаметиленгуанидином и сульфопроизводными органических реагентов / В.Н. Лосев, С.Л. Дидух // Журнал Сибирского федерального университета. Серия «Химия». 2015. Т.3. №1. - С.64-72.
3. Гавриленко, Н.А. Твердофазная экстракция и спектрофотометрическое определение меди (II) с использованием полиметакрилатной матрицы / Н.А. Гавриленко, Н.В. Саранчина // Заводская лаборатория. 2008. №1.- С. 15-17.
4. Фарус О.А. Исследование влияния типа катализатора на процессы гелеобразования золь-гель систем на основе тетраэтоксисилана // Интернет-журнал «Науковедение» Том 7, №4 (2015) [Электронный ресурс]-М.: Науковедение, 2015 - Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/64TVN415.pdf>. DOI: 10.15862/64TVN415 (дата обращения 14.03.2016).
5. Фарус О.А. Анализ структуры поверхности волокнистых композиционных материалов типа ЛМ/Ag<sup>0</sup> и оценка возможности их использования в качестве антибактериальных материалов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/74TVN515.pdf>. DOI: 10.15862/74TVN515 (дата обращения 14.03.2016)
6. Фарус, О.А. Анализ влияния условий синтеза на структуру поверхности пленок, полученных на основе гелей на основе тетраэтоксисилана / О.А. Фарус, Д.А. Айтасова, М.В. Левина, К.Н. Афолина // В мире научных открытий. – 2015. – №4.1 (64). – С. 679-686.
7. Иванов, В.М. Сорбционное концентрирование меди, свинца и железа на носителях, модифицированных 8-оксихинолином и его производными / В.М. Иванов, Е.В. Антонова, Е.Н. Ускова // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. 2009. Т. 50. № 3. - С. 169-180.

#### References

1. Reshetnyak, E. A. the Limit of detection in the test methods of analysis with visual indication. Influencing factors / E.A. Reshetnyak, N.A. Nikitina, V.M. Ostrovskaya // Journal of analytical chemistry. 2005. Vol. 60. No. 10. - P. 1102-1109.
2. Losev, V.N. Test-system for determination of Cu, Fe, Co-based disperse silica modified with polyhexamethylenguanidines and sulphonic derivatives of organic reagents / V.N. Losev, S.L. Didukh // Journal of Siberian Federal University. Series "Chemistry". 2015. Vol. 3. No. 1. - P. 64-72.
3. Gavrilenko, N.A. Solid phase extraction and spectrophotometric determination of copper (II) using polymethacrylate matrix / N.A. Gavrilenko, N.V. Saranchina // Factory laboratory. 2008. №1.- P. 15-17.
4. Farus O.A. Investigation of the effect of catalyst type on the processes of gelling the sol-gel systems based on tetraethoxysilane // Internet-zhurnal «Naukovedenie» Vol. 7, №4 (2015) [Elektronnyj resurs]-M.: the science of Science, 2015 - Rezhim dostupa: <http://naukovedenie.ru/PDF/64TVN415.pdf>. DOI: 10.15862/64TVN415 (data obrashheniya 14.03.2016)
5. Farus O.A. Research of influence of type of catalyst on the gelation process of Sol-gel systems based on tetraethoxysilane // Internet-zhurnal «Naukovedenie» Vol. 7, №5 (2015) [Elektronnyj resurs]-M.: the science of Science, 2015 - Rezhim dostupa: <http://naukovedenie.ru/PDF/74TVN515.pdf>. DOI: 10.15862/74TVN515 (data obrashheniya 14.03.2016)

6. Farus, O.A. Analysis of influence of synthesis conditions on the surface structure of films derived from gels based on tetraethoxysilane / O.A. Farus, D.A. Aitasheva, V.M. Levin, K.N. Afonina // In the world of scientific discoveries. – 2015. – №4.1 (64). – P. 679-686.

7. Ivanov, V.M. Sorption concentration of copper, lead and iron on carriers modified with 8-hydroxyquinoline and its derivatives / V.M. Ivanov, E.V. Antonova, E.N. Uskova // Bulletin of Moscow University. Series 2. Chemistry. 2009. Vol. 50. № 3. - P. 169-180.