

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЖУРНАЛ**

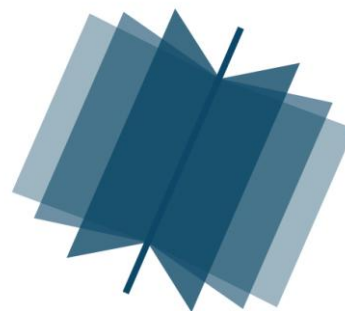
***INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL***

---

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

Екатеринбург  
2015





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)

**№9 (40) 2015  
Часть 3  
Октябрь**

Подписано в печать 15.10.2015.  
Тираж 900 экз.  
Заказ 26103  
Отпечатано с готового оригинал-макета.  
Отпечатано в типографии ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ",  
623701, г. Березовский, ул. Театральная, дом № 1, оф. 88.

Сборник по результатам XLIII 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).

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

**Члены редколлегии:**

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

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

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

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

**Физико-математические науки:** Шамолин М.В. д-р физ.-мат. наук, Глезер А.М. д-р физ.-мат. наук, Свистунов 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.иси.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. нау, проф., Лёвочкина Н.А., д-р экон. наук, к.ист.н., Ламоттке М.Н., к.экон.н.

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

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

# ОГЛАВЛЕНИЕ

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ФЕРМЕНТОВ-АНТИОКСИДАНТОВ В ОРГАНИЗМЕ ПРИ СВОБОДНО-РАДИКАЛЬНЫХ ПАТОЛОГИЯХ.....	6
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВИДОВ ДЕРНООБРАЗУЮЩИХ ЗЛАКОВ.....	11
ПРОСТОЙ ВСАСЫВАЮЩИЙ ЭЛЕКТРОД ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ.....	13
СИСТЕМНАЯ СТРУКТУРНАЯ ГИПОТЕЗА СТАРЕНИЯ: ПРОЦЕСС СТАРЕНИЯ У РАСТИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗМОВ.....	16
РАЗРАБОТКА ИММУНОХРОМАТОГРАФИЧЕСКИХ ТЕСТОВ С ВИЗУАЛЬНОЙ И ПРИБОРНОЙ РЕГИСТРАЦИЕЙ ДЛЯ БЫСТРОГО ВЫЯВЛЕНИЯ САЛЬМОНЕЛЛ.....	18

## ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOGRAPHY

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВОДОСБОРОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ШУ ПРИ ИХ КОМПЛЕКСНОМ ОБУСТРОЙСТВЕ .....	23
---	----

## ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOLOGY AND MINERALOGY

ФОРМИРОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СРЕДЫ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА.....	26
---	----

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

ВЛИЯНИЕ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА НА РАЗВИТИЕ АГРАРНОГО СЕКТОРА ВОЛГОГРАДСКОГО РЕГИОНА .....	32
ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИХ СОСТАВОВ ОТ РАСКРЫТОСТИ ТРЕЩИНЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ИХ ТЕЧЕНИЯ НА РОТАЦИОННОМ ВИСКОЗИМЕТРЕ.....	34
PROBLEMS OF INTERACTION BETWEEN COMPONENTS FACIES OF MOUNTAIN LANDSCAPES KARACHAY-SHERKESS REPUBLIC.....	37
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ АГРОЛАНДШАФТА ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	40

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА МАГНУСА ПРИ ОБТЕКАНИИ КРУГОВОГО ЦИЛИНДРА ЛИНЕЙНЫМ ПОТОКОМ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ .....	42
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУННЕЛЬНОГО ТОКА В ЭЛЕМЕНТАХ ФЛЕШ-ПАМЯТИ.....	46
КОЭФИЦИЕНТЫ ТУННЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ЧЕРЕЗ ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ БАРЬЕРЫ ТРЕУГОЛЬНОЙ И СТУПЕНЧАТОЙ ФОРМЫ .....	49
статья изъята: ПРИРОДА МАГНИТНОГО ПОЛЯ.....	53
КЛАССЫ ПОЛИНОМОВ, СОХРАНЯЮЩИХ ОБОБЩЕННЫЕ ТОЧЕЧНЫЕ РАЗБИЕНИЯ БЕСКОНЕЧНОЙ ОБЛАСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ .....	75
POSTRADIATION ACCUMULATION OF F <sub>4</sub> CENTERS IN GAMMA-IRRADIATED LiF CRYSTALS.....	79
THE PROBLEM OF STABILIZATION OF THE THICKENING PROCESS AND POSSIBLE METHOD TO SOLVE IT .....	82
ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ВЯЗКОУПРУГОСТИ ДЕФОРМИРУЕМОЙ ФИЛЬТРАЦИИ, МОДЕЛИРОВАНИЕ МАССОПЕРЕНОСА И ДИФФУЗИИ .....	85
СИНГУЛЯРНО – ДИНАМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ НЕУСТОЙЧИВОСТИ И ХАОСА .....	91

## АРХИТЕКТУРА / ARCHITECTURE

ЗДАНИЯ УПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ.....	93
--	----

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES

ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ LINUM USITATISSIMUM В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЗОНЫ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ .....	95
ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСА АГРОПРИЕМОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ, КАЧЕСТВО И СОХРАНЯЕМОСТЬ МОРКОВИ НА ОБЫКНОВЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	98
ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАЦИИ ДОННИКА БЕЛОГО ОДНОЛЕТНЕГО В ПРИМОРСКОМ КРАЕ .....	100

ПАРАМЕТРЫ СЫВОРОТОЧНЫХ АНТИТЕЛ КАК МАРКЕРЫ ИММУНОРЕАКТИВНОСТИ ОРГАНИЗМА ЖИВОТНЫХ.....	102
COMMUNAL AGRARIAN ECONOMY IN THE WORLD MARKET .....	104
ЭНДОГЕННАЯ И ЭКЗОГЕННАЯ РЕГУЛЯЦИЯ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ ЧЕРЕШНИ.....	105
АДАПТАЦИЯ ЛОСЯ ЕВРОПЕЙСКОГО (ALCES ALCES L.) К АНТРОПОГЕННЫМ ФАКТОРАМ .....	107
COLZA SEED IR-DRYING PROCESS .....	109
РЕАКЦИЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ ПОСЕВНОГО МАТЕРИАЛА В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ .....	112
ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПЛОДОРОДИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДИАЗОТРОФНЫХ ПРЕПАРАТОВ.....	114
ПРИЁМЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА СИДЕРАТЫ НОВОГО СОРТА МНОГОЛЕТНЕГО ЛЮПИНА ГРЕНАДЁР .....	116
ДВИЖЕНИЕ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА В РАБОЧЕМ ПРОСТРАНСТВЕ СУШИЛОК .....	118

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY****Гордеева А.Е.<sup>1</sup>, Кочкина А.В.<sup>2</sup>, Карадулева Е.В.<sup>3</sup>, Новоселов В.И.<sup>4</sup>**<sup>1</sup>Аспирант, ФГБОУ ВПО Пушкинский государственный институт; <sup>2</sup>аспирант, ФГБОУ ВО Тульский государственный университет; <sup>3</sup>кандидат биологических наук; <sup>4</sup>профессор, доктор биологических наук, ФГБУН Институт биофизики клетки РАН**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ФЕРМЕНТОВ-АНТИОКСИДАНТОВ В ОРГАНИЗМЕ ПРИ СВОБОДНО-РАДИКАЛЬНЫХ ПАТОЛОГИЯХ****Аннотация**

*Целью данной работы является исследование локализации экзогенного пероксиредоксина 6 (Prx 6) при разных способах его введения в организм. В исследовании было показано, что экзогенный Prx 6 распределяется в организме и имеет свои сайты локализации в тканях, которые соответствуют локализации эндогенного Prx 6. Полученные результаты имеют важное значение для понимания механизмов защиты от окислительного стресса при свободно-радикальных патологиях.*

**Ключевые слова:** пероксиредоксины, окислительный стресс.

**Gordeeva A.E.<sup>1</sup>, Kochkina A.V.<sup>2</sup>, Karaduleva E.V.<sup>3</sup>, Novoselov V.I.<sup>4</sup>**<sup>1</sup>Postgraduate student, Pushchino State Institute; <sup>2</sup>postgraduate student, Tula State University; <sup>3</sup>PhD in Biology; <sup>4</sup>professor, PhD in Biology, Institute of cell's biology RAS**DISTRIBUTION OF EXOGENOUS ANTIOXIDANT ENZYMES IN THE BODY BY FREE RADICAL PATHOLOGY****Abstract**

*The purpose of this paper is to study the localization of exogenous peroxiredoxin 6 (Prx 6) for different methods of its administration in the organism. The study showed that the exogenous Prx 6 is distributed in the organism and has the sites of localization in the tissues, which correspond to the localization of the endogenous Prx 6. These results are important for the understanding of mechanisms of protection against oxidative stress in free radical pathology.*

**Keywords:** peroxiredoxins, oxidative stress.

**Введение.** Активные формы кислорода (АФК) – продукты нормального клеточного метаболизма, которые включены в физиологические процессы. Для контролирования избыточного производства АФК в организме имеется мощная защитная система, представленная рядом эндогенных ферментов-антиоксидантов: супероксид дисмутазой, каталазой, ферментами глутатионного редокс-цикла тиоредоксином, пероксиредоксинами. Антиоксидантная защитная система сводит к минимуму протекание свободно-радикального окисления в клетках. С другой стороны, неконтролируемое производство АФК приводит к интенсификации свободно-радикальных процессов и в итоге к клеточной гибели. В условиях резкого повышения количества АФК эндогенная антиоксидантная система не способна в полной мере справиться с нейтрализацией свободно-радикальных процессов [1,2].

В литературе приводятся более 100 заболеваний важным патогенетическим фактором развития, которых являются свободно-радикальные окислительные процессы [2]. Очевидно, что для ограничения негативного действия свободно-радикальных процессов необходимо повышение антиоксидантного статуса в повреждаемой ткани, путем применения экзогенных ферментов-антиоксидантов [1].

В этом случае при выборе экзогенного фермента-антиоксиданта особую роль играет его субстратная специфичность. В этом отношении наиболее предпочтительными являются пероксиредоксины. [3]. Особый интерес представляет Prx6, так как который способен восстанавливать широкий спектр пероксидов, включая H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, небольшие органические гидропероксиды такие как гидропероксид трет-бутила и гидропероксид кумена, гидропероксиды жирных кислот и гидропероксиды фосфолипидов. При этом Prx 6 способен восстанавливать как свободные молекулы гидропероксидов жирных кислот, так и в составе фосфолипидов [4].

В последнее десятилетие возросло количество исследований, в которых показано, что эндогенный Prx 6 обнаружен во многих тканях [5,6] и функционирует в организме как мощный антиоксидантный фермент [7,8,9], а применение экзогенного Prx 6 успешно используется для повышения антиоксидантного статуса в ткани при различных свободнорадикальных патологиях [10,11,12,13,14,15]. В нашей лаборатории локализация эндогенного Prx 6 была описана в цитоплазме эпителиальных клеток верхних дыхательных путей и легких крысы, в обонятельном эпителии и эпидермисе кожи [6]; в тонком кишечнике крысы [10].

Терапевтическая активность экзогенного Prx 6 была продемонстрирована в нашей лаборатории при лечении резаных ран у крыс [11], после термических [12] и химических [13] ожогов верхних дыхательных путей. Показан защитный эффект экзогенного Prx 6 при повреждении тонкого кишечника, на фоне острой странгуляционной непроходимости [14], при тотальном ишемическом/реперфузионном поражении кишечника [10] и почек [15].

В настоящей работе исследовалась возможность проникновения в ткани экзогенного белка Prx 6 и его распределению, при разных способах введения белка в организм: внутривенное введение, перфузия растворами, содержащими Prx 6 и непосредственная инъекция белка в ткань. Результаты работы позволяют выявить способность экзогенного Prx 6 сорбироваться клетками и определить сайты его локализации в тканях. Полученные результаты будут иметь важное значение для дальнейшего выбора способа применения экзогенного Prx 6 при различных свободно-радикальных патологиях и могут быть распространены на другие типы препаратов белковой природы.

**Материалы и методы.** В экспериментах были использованы крысы-самцы линии Wistar. Работа с лабораторными животными проводилась в соответствии с положениями «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для эксперимента и других научных целей» и законодательством Российской Федерации. Всем животным вводился рекомбинантный человеческий Prx 6, который был получен в лаборатории Механизмов рецепции

Института биофизики клетки РАН, г. Пущино. Белок содержал на карбоксильном конце 6 остатков гистидина (His-tag). Наличие His-tag домена в экзогенном Prx 6 полностью исключает идентификацию эндогенного Prx 6. Использовались несколько способов введения: 1. Ретроградная перфузия изолированного сердца крысы средами, содержащими Prx6-His-tag (0,5 mg/ml); 2. Инъекция Prx6-His-tag (2mg/ml) в кожу крысы (межлопаточная область); 3. Внутривенное введение раствора Prx6-His-tag. Для выявления распределения экзогенного Prx6-His-tag в тканях использовались антитела против His-tag домена (1:100) (USBiological, USA), что полностью исключает детекцию распределения эндогенного Prx 6, который не имеет His-tag домена. Микроскопический анализ проводили на микроскопе Leica DM 6000.

#### Результаты

##### 1. Распределение экзогенного Prx6-His-tag в тканях сердца при ретроградной реперфузии раствором Prx6-His-tag.

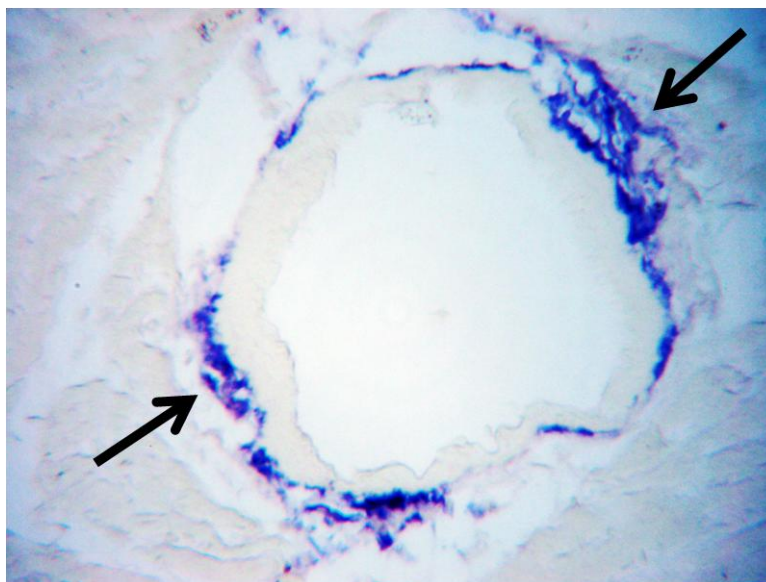


Рис. 1 – Идентификация экзогенного Prx6-His-tag в сердце крысы

Иммуногистохимический анализ распределения экзогенного Prx6-His-tag в структурах сердца показал, что Prx 6 располагается в стенке кровеносных сосудов соединительной ткани желудочков сердца (рис 1, показано стрелками). Следует отметить, что в сердце уже был идентифицирован Prx 6, который имел эндогенное происхождение и подобную локализацию.

##### 2. Распределение экзогенного Prx6-His-tag в коже, при инъекции раствора Prx6-His-tag в кожу в межлопаточной области крысы.

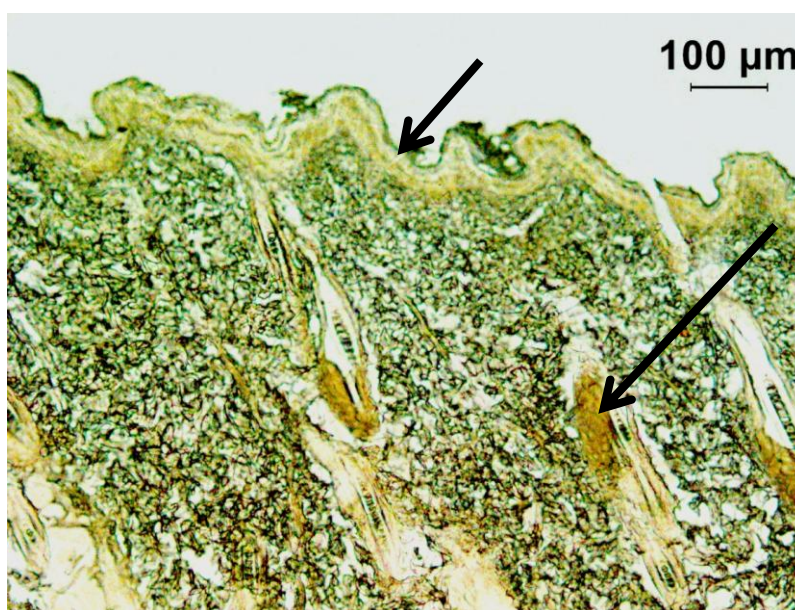


Рис. 2 – Идентификация экзогенного Prx6-His-tag в коже крысы

Ранее высокое содержание Prx 6 было обнаружено в эпидермисе кожи [6]. Для выявления мест распределения экзогенного Prx6-His-tag в коже, было проведено иммуногистохимическое окрашивание ткани антителами к His-tag домену экзогенного Prx 6. На рис. 2 видно, что Prx6-His-tag локализуется в гранулярном слое кожи, а так же концентрируется в железах волосяных фолликул (показано стрелками).



### 3. Распределение экзогенного Prx6-His-tag в тканях внутренних органов при внутривенном введении (в/в) раствора Prx6-His-tag.

С целью определения того, как в/в экзогенный Prx6-His-tag распределяется по органам с током крови, было проведено исследование по детекции его локализации в тканях легкого, кишечника и почек.

#### 3А. Распределение Prx6-His-tag в тканях легкого.

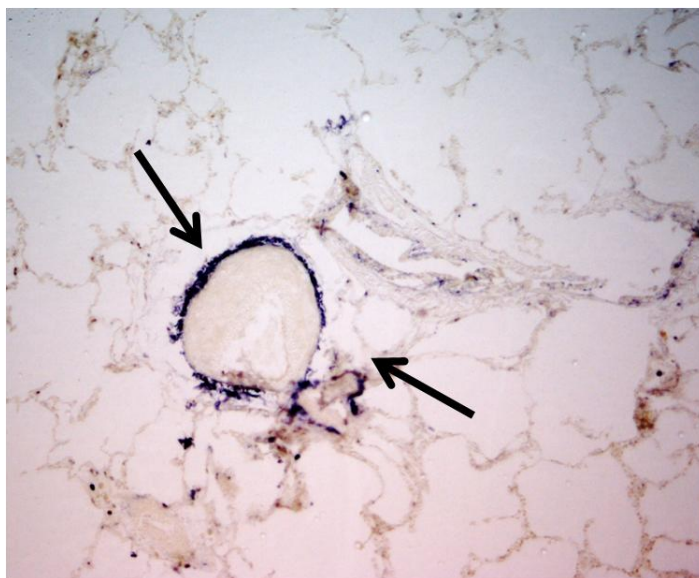


Рис. 3А – Идентификация экзогенного Prx6-His-tag в легких крысы

Было показано, что при в/в Prx6-His-tag достигает легких с током крови, проникает через оболочки кровеносных сосудов и локализуется в наружной оболочке сосудов, которая примыкает непосредственно к клеткам альвеол (рис 3А, показано стрелками). В структурах легких эндогенный Prx 6 является мажорным среди водорастворимых белков слизи [7].

#### 3Б Распределение Prx6-His-tag в тканях кишечника.

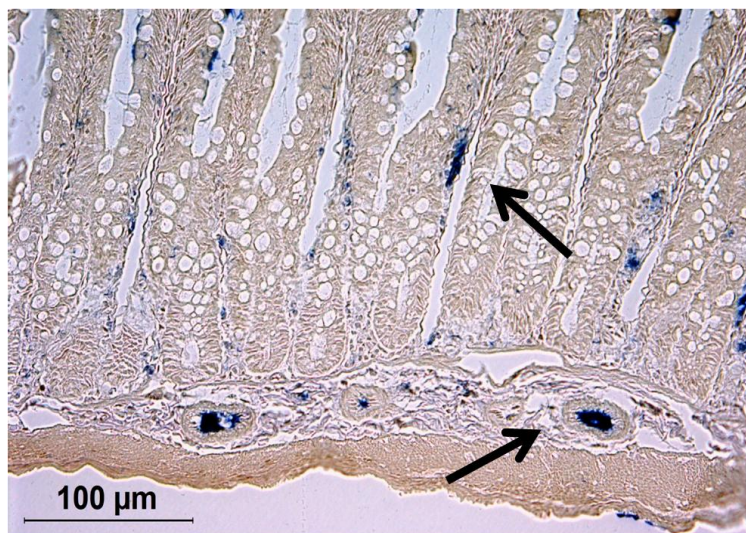


Рис. 3Б – Идентификация экзогенного Prx6-His-tag в тонком кишечнике крысы

На рис. 3Б представлены данные иммуногистохимического анализа, отражающие локализацию экзогенного Prx6-His-tag в структурах кишечника при в/в раствора белка. Экзогенный Prx6-His-tag достигает кишечника с током крови, выявляется в кровеносных сосудах подслизистой основы и собственной пластинки слизистой оболочки (показано стрелками). Кроме того, отмечается его диффузное распространение по слизистой оболочке кишечника. В кишечнике описан пул эндогенного Prx 6 [5,10].

#### 3В Распределение Prx6-His-tag в тканях почек.



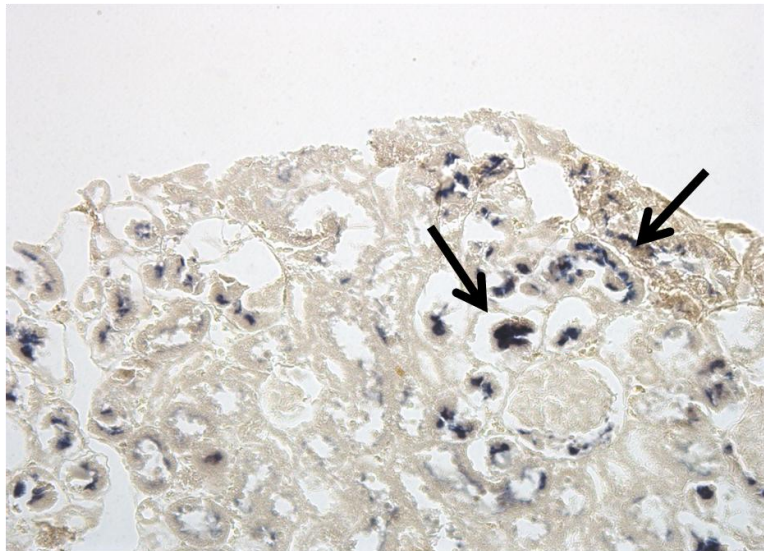


Рис. 3В – Идентификация экзогенного Prx6-His-tag почках крысы.

На рис. 3В представлены данные иммуногистохимического анализа, отражающие локализацию экзогенного Prx6 в почках крысы. Было отмечено, что при в/в экзогенный Prx6-His-tag достигает с током крови почек и адсорбируется главным образом в корковом слое органа. В корковом слое почек Prx6-His-tag локализуется преимущественно в почечных клубочках и проксимальных канальцах (показано стрелками). В почках отмечен пул эндогенного Prx 6 [5]

**Обсуждение.** Свободно-радикальные окислительные процессы являются важным фактором развития ряда патологических состояний [2]. При окислительном стрессе эндогенная антиоксидантная система не в состоянии поддерживать редокс статус в организме, что приводит к тяжелым поражениям. Проблему негативного действия свободно-радикальных процессов можно решить с помощью экзогенных ферментов-антиоксидантов. Как уже отмечалось выше, в этом отношении наиболее перспективными являются антиоксидантные белки с пероксидазной активностью - пероксиредоксины. Протекторный эффект экзогенного Prx6 был подтвержден при лечении резаных ран у крыс [11], после термических [12] и химических [13] ожогов верхних дыхательных путей, при ишемически/реперфузионном поражении кишечника [10,14] и почек [15].

В настоящей работе мы провели исследование по распределению экзогенного Prx6 в тканях крысы при различных способах его введения в организм. В нашем исследовании мы показали, что экзогенный Prx 6 способен распределяться по тканям и сорбироваться клетками.

Так в сердце после ретроградной перфузии экзогенный Prx 6 был детектирован в желудочках, где он локализуется в наружной стенке кровеносных сосудов, которая примыкает непосредственно к клеткам миокарда. Интересно отметить, что локализация экзогенного Prx 6 аналогична локализации эндогенного Prx 6, что должно играть определенную физиологическую роль. В частности, это может говорить о защите наиболее важных и уязвимых мест в миокарде от окислительного стресса.

При инъекции экзогенного Prx 6 в кожу нами была отмечена его локализация в местах скопления эндогенного Prx 6, в гранулярном слое кожи, а также железах волосных фолликул. Такая локализация может объяснять лечебный эффект от применения экзогенного Prx6-His-tag при поражении кожи [11].

В нашем исследовании мы показали, что при в/в Prx6-His-tag распределяется по органам с током крови и детектируется в тканях легкого, кишечника, почек. Так в легких Prx6-His-tag проникает через оболочки кровеносных сосудов и локализуется в наружной оболочке сосудов, которая примыкает непосредственно к клеткам альвеол. В кишечнике экзогенный Prx6-His-tag детектируется в кровеносных сосудах подслизистой основы и собственной пластинки слизистой оболочки. Кроме того, отмечается его диффузное распространение по слизистой оболочке кишечника. Интересно отметить, что Prx6-His-tag сорбируется именно в тех местах, которые наиболее уязвимы при ишемически/реперфузионном поражении кишечника. Этот факт может объяснять протекторный эффект Prx6-His-tag, который выражается в уменьшении поражения структур кишечника при данной патологии [10,14]. В почках экзогенный Prx6-His-tag сорбируется главным образом в корковом слое органа, где локализуется преимущественно в почечных клубочках и проксимальных канальцах. Таким образом, экзогенный Prx 6 попадают в те места органов, где в случае окислительного стресса наблюдается максимальное разрушение клеток. В частности, в случае почки при ишемически/реперфузионном поражении наблюдается массовая гибель клеток в почечных клубочках и проксимальных канальцах, а применение экзогенного пероксиредоксина практически полностью защищает эти клетки при таком типе поражении органа [15].

Следует особо подчеркнуть, что экзогенный Prx 6 локализуется в тех местах, где наблюдается повышенное содержание эндогенного Prx 6, т.е. осуществляется направленный транспорт белка в эти области. В этом отношении следует отметить, что открытый в нашей лаборатории секреторный белок 45 кДа, являющийся гомологом белков – переносчиков гидрофобных соединений, локализован в тех же местах, что и Prx 6, причем в эквимоллярных соотношениях [16]. Функция белка 45 кДа пока не определена, однако внимание привлекает, что возможно данный белок осуществляет транспорт Prx 6 в соответствующее место.

Колокализация эндогенного и экзогенных ферментов-антиоксидантов Prx 6 в различных тканях свидетельствует о выполнении ими одинаковых функций в организме. Данный факт особенно важен при лечении свободнорадикальных патологий, когда применение экзогенного Prx 6 может быть целенаправленно использовано для повышения

антиоксидантного статуса органа. Это альтернатива естественному увеличению уровня эндогенного Prx 6, что является ответной реакцией организма на возросший уровень АФК.

#### Литература

1. Ланкин В.З. Свободно-радикальные процессы в норме и при патологических состояниях / В.З. Ланкин, А.К. Тихазе, Ю.Н. Беленков. – Москва: РКНПК МЗ РФ, 2001. – 78 с.
2. Меньщикова Е.Б. Окислительный стресс. Патологические состояния и заболевания / Е.Б. Меньщикова, Н.К. Зенков, В.З. Ланкин, И.А. Бондарь, В.А. Труфакин. – Новосибирск: АРТА, 2008. – 284 с.
3. Flohe L., Harris J.R. Peroxiredoxin Systems//Subcellular biochemistry 2007; 44:1-25.
4. Peshenko I.V., Shichi H. Oxidation of active center cysteine of bovine 1-Cys peroxiredoxin to the cysteine sulfenic acid form by peroxide and peroxynitrite//Free Radic. Biol. Med. 2001; 31:292–303.
5. Nan-Nan Liua, Zeng-Shan Liua et al. Full-length cDNA cloning, molecular characterization and differential expression analysis of peroxiredoxin 6 from Ovis aries//Vet. Immunol. Immunopathol. 2015;161:208-219.
6. Novoselov SV, Peshenko IV et al. Localization of the 28-kDa peroxiredoxin in rat epithelial tissues and its antioxidant properties//J. Cell Tissue Res.1999;298:471-480.
7. Power JH, Asad S. et al. Peroxiredoxin 6 in human brain: molecular forms, cellular distribution and association with Alzheimer's disease pathology//Acta Neuropathol.2008;115:611-22.
8. Новоселов В.И. Роль пероксиредоксинов при окислительном стрессе в органах дыхания//Пульмонология 2012;1:83-87.
9. Новоселов В.И., Мубаракшина Э.К., Янин В.А. и др. Вклад антиоксидантных систем при регенерации эпителия трахеи после термического ожога верхних дыхательных путей//Пульмонология 2008;6:80–84.
10. Gordeeva AE, Temnov AA. et al. Protective Effect of Peroxiredoxin 6 in Ischemia/reperfusion induced damage of small intestine//Dig.Dis.Sci.2015; DOI 10.1007/s10620-015-3809-3
11. Новоселов В.И., Барышников Л.М., Амелина С.Е., Фесенко Е.Е. Влияние пероксиредоксина VI на заживление резаной раны//Докл.Акад.Наук 2003;393:412-414.
12. Новоселов В.И., Мубаракшина Э.К., Янин В.А., Амелина С.Е., Фесенко Е.Е. Роль антиоксидантных систем в регенерации эпителия трахеи после термического ожога верхних дыхательных путей// Пульмонология 2008; 6: 81-85.
13. Волкова А.Г. и др. Эффект различных ферментов-антиоксидантов на регенеративные процессы в эпителии трахеи после химического ожога// Пульмонология 2014; 2: 84-91.
14. Гордеева А.Е., Шарапов М.Г., Новоселов В.И. и др. Эффект пероксиредоксина VI на сохранение тонкой кишки крысы при ишемии/реперфузии//Трансплантология 2014;4:21-25.
15. Палутина О.А., Шарапов М.Г. Темнов А.А., Новоселов В.И. Нефропротективный эффект экзогенных ферментов-антиоксидантов при ишемически-реперфузионном повреждении тканей почки//Бюл. эксп. биол. мед. 2015;9:305-310.
16. Merkulova MI, Novoselov VI et al. A novel 45 kDa secretory protein from rat olfactory epithelium: primary structure and localization//FEBS Lett.1999;450:126-130.

#### References

1. Lankin VZ Free-radical processes in normal and pathological states / VZ Lankin, AK Tihaze, YN Belenkov. - Moscow: Cardiology Ministry of Health, 2001. - 78.
2. Menshchikova EB Oxidative stress. Pathological conditions and diseases / EB Menshchikova, NK Zenkov, VZ Lankin, IA Cooper, VA Trufakin. - Novosibirsk: ARTA, 2008. - 284 p.
3. Flohe L., Harris J.R. Peroxiredoxin Systems//Subcellular biochemistry 2007; 44:1-25.
4. Peshenko I.V., Shichi H. Oxidation of active center cysteine of bovine 1-Cys peroxiredoxin to the cysteine sulfenic acid form by peroxide and peroxynitrite//Free Radic. Biol. Med. 2001; 31:292–303.
5. Nan-Nan Liua, Zeng-Shan Liua et al. Full-length cDNA cloning, molecular characterization and differential expression analysis of peroxiredoxin 6 from Ovis aries//Vet. Immunol. Immunopathol. 2015;161:208-219.
6. Novoselov SV, Peshenko IV et al. Localization of the 28-kDa peroxiredoxin in rat epithelial tissues and its antioxidant properties//J. Cell Tissue Res.1999;298:471-480.
7. Power JH, Asad S. et al. Peroxiredoxin 6 in human brain: molecular forms, cellular distribution and association with Alzheimer's disease pathology//Acta Neuropathol.2008;115:611-22.
8. Novoselov VI Peroxiredoxins role of oxidative stress in the respiratory // Pulmanologiya 2012; 1: 83-87.
9. Novoselov VI, Mubarakshina EK, Yanin VA and others. The contribution of antioxidant systems in the regeneration of tracheal epithelium after thermal burns of the upper respiratory tract // Pulmonologiya 2008; 6: 80-84.
10. Gordeeva A.E. Temnov A.A. et al. Protective Effect of Peroxiredoxin 6 in Ischemia/reperfusion induced damage of small intestine//Dig.Dis.Sci.2015; DOI 10.1007/s10620-015-3809-3
11. Novoselov VI Baryshnikov LM Amelin SE, Fesenko EE Influence peroxiredoxin VI in the healing of incised wounds // Dokl.Akad.Nauk 2003; 393: 412-414.
12. Novoselov VI, Mubarakshina EK, Yanin VA Amelin SE, Fesenko EE The role of antioxidant systems in the regeneration of the epithelium of the trachea after thermal burns of the upper respiratory tract // Pulmonologiya 2008; 6: 81-85.
13. Volkov AG et al. The effect of various antioxidant enzymes in the regenerative processes in the epithelium of the trachea after chemical burn // Pulmonologiya 2014; 2: 84-91.
14. Gordeeva AE Sharapov MG, Novoselov VI et al. Effect peroxiredoxin VI in preserving rat small intestine ischemia / reperfusion // Transplantologiya 2014; 4: 21-25.
15. Palutina OA, Sharapov MG Temnov AA Novoselov VI Renal protection effect of exogenous antioxidant enzymes during ischemia-reperfusion injury of kidney tissue // Bul. exp. biol. med. 2015; 9: 305-310.17.
16. Merkulova MI, Novoselov VI et al. A novel 45 kDa secretory protein from rat olfactory epithelium: primary structure and localization//FEBS Lett.1999;450:126-130.

Зуева Г.А.<sup>1</sup>, Хертек Ш.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,  
Центральный сибирский ботанический сад, г. Новосибирск;

<sup>2</sup>аспирант кафедры биологии естественно-географического факультета,  
Кызыльский государственный университет

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВИДОВ ДЕРНООБРАЗУЮЩИХ ЗЛАКОВ

*Аннотация*

На базе Тувинского Государственного университета г. Кызыла проводятся исследования по изучению качества семян перспективных дернообразующих злаков. Введение в культуру устойчивых видов и форм газонных растений особенно актуально в республике Тыва, так как отсутствует отработанный ассортимент, районированный для этой зоны. Полученные результаты станут основой для моделирования газонных травосмесей в конкретных экологических условиях.

**Ключевые слова:** газонные растения, интродукция, ассортимент, семена, энергия и процент всхожести.

Zueva G.A.<sup>1</sup>, Khertek S.N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD, Senior Scientist, Central Siberian Botanical Garden, Novosibirsk,

<sup>2</sup>postgraduate student, Department of Biology, Faculty of Natural Sciences and Geography, Kyzylskaya State University

## THE DEFINITION OF QUALITY SEEDS OF PROMISING TYPES TURF GRASSES

*Abstract*

On the basis of Tuva State University in Kyzyl conducted studies on seed quality promising turf grasses. Introduction to the culture of sustainable species and forms of grass plants is especially true in the Republic of Tuva, as there is no exhaust range, zoned for that zone. The results will be the basis for the modeling of turf grass mixtures in specific environmental conditions.

**Keywords:** lawn plant, introduction, range, seeds, energy and germination percentage.

**М**ониторинг газонных травостоев в г. Кызыл показал, что газоны находятся в неудовлетворительном состоянии. Видовой состав очень органичен, недостаточно декоративен и устойчив. При его подборе не учитывались биологические особенности растений и почвенно-климатические условия региона.

Широкому распространению долголетних декоративных и устойчивых газонов препятствует отсутствие отработанного ассортимента газонных трав ценных видов, районированных по природным зонам, и нужного количества семенного материала. Накопленный как за рубежом, так и в нашей стране опыт газоноведения показывает, что проблема создания газонных травостоев может быть успешно решена только на основе глубокого знания биологических особенностей видов, используемых при закладке газонов в конкретных эколого-географических условиях.

Решение проблемы создания и содержания газонов в республике Тыва очень актуально. Особые климатические условия (резко континентальный климат) требуют особого подхода к подбору ассортимента дернообразующих злаков. Своей семеноводческой базы в Тыве нет, а на рынке реализуются семена импортного производства, которые не подходят для местных условий. В связи с этим мы использовали семена злаков репродукции Центрального сибирского ботанического сада СО РАН, г. Новосибирска, которые характеризуются такими характеристиками как зимостойкие, засухоустойчивые. Есть перспектива на городских ландшафтах с суровым климатом, продолжительной зимой, иметь зеленые травостои с ранней весны до поздней осени.

Данное исследование особенно актуально в Республике Тыва еще и потому, что ее флора является источником природного генофонда для интродукции дернообразующих злаков.

Качество семян - это залог успешного результата уже в первый год получить декоративный, высокого качества дерновый покров. Работа с семенами является первым этапом решения проблемы.

**Цель исследований** – изучить биологию прорастания семян дернообразующих злаков в связи с введением их в культуру в качестве газонных трав.

**Объекты, условия и методы исследования.**

Материалом для исследования служили семена перспективных газонных растений, репродукции Центрального сибирского ботанического сада СО РАН г. Новосибирска, урожая 2012 года: *Poa pratensis* L., *Festuca rubra* L., *F. ovina* L., и *Agrostis alba* L.

Семена *Poa pratensis* мелкие, почти трехгранные, длиной 2-3 мм, шириной 0,5 мм, жесткие, в массе имеют буроватый оттенок, опушенные – с пучком волосков в нижней части, поэтому несypучие. Известно, что сразу после сбора семена имеют низкую всхожесть. Период покоя, или послеуборочного дозревания семян, характерен для большинства видов растений, в том числе и злаковых.

Семена *F. rubra* довольно крупные, до 5 мм длиной и 1 мм шириной, удлинённые, осте видным заострением, серо-желтые. Прорастают семена сразу же после их созревания.

Семена *F. ovina* длиной 4-5 мм, шириной 0,75 -1 мм. Всходы дают сразу после созревания.

Очень мелкие длина до 1, 5 мм, ширина 1мм семена у *A. Alba*. Для посева их можно использовать сразу после созревания.

Энергию и процент всхожести определяли в лабораторных условиях по ГОСТ 12038-66 (1975), 19449-93 (1995). Каждый образец проращивался в чашках Петри, в 4-х повторностях (по 50 семян в каждой), в хорошо освещенной комнате (20-25°) при оптимальной влажности. В качестве увлажнителя использовалась дистиллированная вода.

Учет энергии прорастания и всхожести проводился соответственно через 7 и 21 сутки.

Математическую обработку результатов исследований проводили по Б.А. Доспехов. [1].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Биологическое созревание семян, обусловленное видовыми свойствами, в условиях Новосибирска происходит в следующей последовательности: *P. pratensis* - с 12 по 20 июля, *F. rubra* - с 22 июля по 5 августа, *F. ovina* – 25 июня по 10 июля, *A. alba* - с 10 по 20 августа [2].

Заложенные 19.06.13 г на проращивание семена всех образцов под воздействием воды набухали, достигнув максимального объема. Раньше всех (на 4-5 сутки) началось прорастание семян *F. rubra*, *F. ovina* и *A. alba*. На седьмые сутки провели подсчет проросших семян, оно составило:  $48,5 \pm 2,1$ ;  $43,3 \pm 2,2$  и  $44,5 \pm 2,1$ . Энергия всхожести составила соответственно: 94; 86,5 и 89 %.

Для семян *P. pratensis* отмечена задержка прорастания в начале периода. Единичное прорастание ( $7,5 \pm 0,2$ ) отмечено на 7 сутки. Можно предположить, что низкая энергия всхожести связана с периодом дозревания, так как семена год хранились в сухом помещении. Как отмечала Е.Я. Мирошниченко [3], если семена многолетних видов мятлика попадают в неблагоприятные для прорастания условия (сухость, похолодание), впадают в состояние так называемого вторичного покоя. Энергия прорастания таких семян в оптимальных условиях остается пониженной. Семена как бы вновь проходят послеуборочное дозревание, накапливая энергетические начала.

В процессе проращивания семян у образцов *P. pratensis* (5%) и *Festuca rubra* (3%) отмечено наличие множественных зародышей – полиэмбриония – характерный признак апомиксиса. Это говорит о том, что данным видам свойственно апомиктичное, или бесполое размножение. Двойные зародыши – это явление характеризует главным образом экотипы северных и сибирских регионов [4].

Низкая энергия, но высокая всхожесть у образца *P. pratensis* подтверждает утверждение С. С. Хохлова (1950) о том, что такая картина характерна для экотипов с апомиктическим способом развития семян и подтверждает высокую биологическую активность апомиктов.

Регулярные наблюдения (на 5, 7, 15, 20 и 21 сутки) велись за состоянием семян, ходом их прорастания, характером роста первичного корня и первичного листа. Семена *F. rubra*, *F. ovina* и *A. alba* дали дружные массовые всходы. Нами отмечено, что у разнокачественных семян *P. pratensis*, всхожесть растянута (рис.).

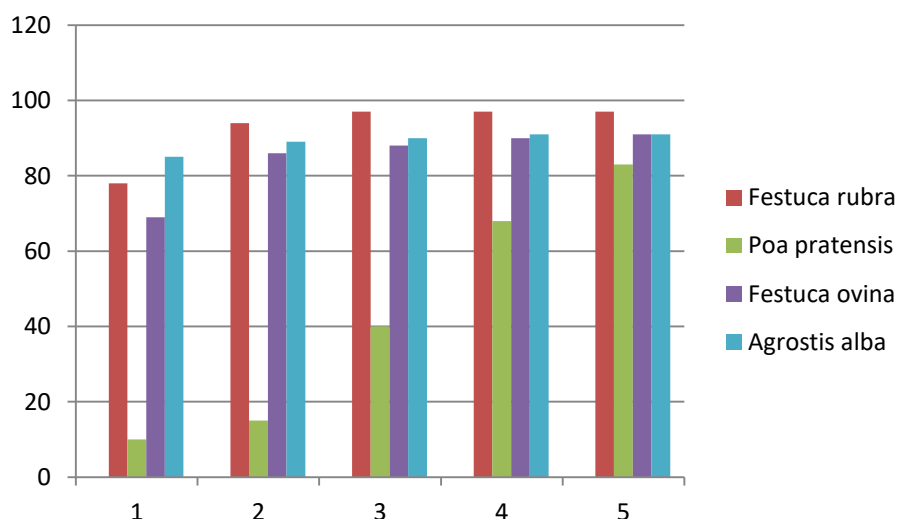


Рис. – Активность выхода семян из покоя у опытных образцов

Это характерно многим интродуцируемым видам, являясь перекрестноопыляемыми в дикорастущем состоянии, они дают относительно более разнокачественные семена, что и ведет к неодновременному выходу семян из состояния покоя. Тем более ценным для введения в культуру будут апомиктичные, или бесполое размножение [6], формы разных видов. Это облегчит селекционную работу, направленную на выравнивание семенных качеств.

Нельзя не отметить, что биохимический и биофизический комплекс семенных зачатков многолетних злаков очень сложен. Попадая в новые условия произрастания, не только взрослое растение, но и отдельное семя будут по-разному реагировать на изменяющиеся факторы [2]. Под воздействием температуры и света в прорастающих семенах повышается активность биохимических и физиологических процессов.

По нашим данным, на 21-е сутки проращивания семян все исследуемые образцы показали достаточно высокую всхожесть (рис.), что благоприятно для практического использования их в газонной культуре.

**Выводы.** В результате изучения биологии прорастания видов: *Poa pratensis*, *Festuca rubra*, *F. ovina* и *Agrostis alba* выявлено, что:

1. Изученные образцы *Festuca rubra*, *F. ovina* и *Agrostis alba* после годичного хранения в комнатных условиях имеют неглубокий эндогенный покой.

2. Семена *Poa pratensis* проходят период послеуборочного дозревания в лабораторных условиях, характеризуются пульсирующими колебаниями энергии прорастания и всхожести. Для газонной культуры всхожесть хранящихся семян целесообразно определять перед посевом. Самая высокая энергия всхожести наблюдается у *Festuca rubra* (97%), *F. ovina* (91%) и *Agrostis alba* (91%).

3. Растянутый период всхожести у *Poa pratensis* связан с разнокачественными семенами. Учет всхожести (на 21 сутки) показал, что большая часть семян вышла из состояния покоя, процент всхожести составил 83.

4. Все изученные образцы рекомендуются для практического использования в условиях газонной культуры Республики Тыва.

## Литература

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1986. 351 с.
2. Зуева Г.А. Биология прорастания и всхожесть семян некоторых представителей дернообразующих злаков // Вестник КрасГАУ. 2009. № 10 (37). С. 45-49.
3. Мирошниченко Е.Я. Всхожесть семян некоторых видов мятлика (*Poa L.*) в связи с периодом покоя // Интродукция декоративных растений для цветников и газонов в Сибири. Новосибирск, 1968. С.74-92.
4. Мирошниченко Е.Я. К вопросу об апомиктическом размножении некоторых разновидностей мятлика – *Poa L.*, распространенных в Сибири. «Тезисы докл. межвуз. конф. по экспер. Генетике», Л., 1961, ч.2
5. Хохлов С.С. Перспективы эволюции высших растений. Саратов, 1950. Т. 11. С. 3-197.

## References

1. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta [The technique of field experience]. Moscow, 1985, 351 p.
2. Zueva G.A. Biology germination and seed germination of some representatives of turf grasses // Herald KrasGAU. 2009. № 10 (37). pp. 45-49.
3. Miroshnichenko E.Y. Seed germination of some species of bluegrass (*Poa L.*) in relation to a period of rest // Introduction of ornamental plants for flower beds and lawns in Siberia. Novosibirsk, 1968. pp.74-92.
4. Miroshnichenko E. Y. To the question of apomictic reproduction some species of bluegrass – *Poa L.*, common in Siberia. "Theses. Intercollege. Conf. according to the experts. Genetics", L., 1961, part 2.
5. Khokhlov, S. S., Prospects for the evolution of higher plants. Saratov, 1950. T11. P. 3-197.

**Казаков А.<sup>1</sup>, Александров М.<sup>1</sup>, Жилияков Н.В.<sup>2</sup>, Хазиев Э.Ф.<sup>3</sup>, Самигуллин Д.В.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Магистрант, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева, НИИ прикладной электродинамики, фотоники и живых систем, <sup>2</sup>магистрант, Казанский (Приволжский) федеральный университет, <sup>3</sup>младший научный сотрудник, Учреждение Российской академии наук Казанский институт биохимии и биофизики Казанского научного центра РАН, Казанский (Приволжский) федеральный университет, <sup>4</sup>кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Казанский институт биохимии и биофизики Казанского научного центра РАН, Казанский (Приволжский) федеральный университет, доцент, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева,

НИИ прикладной электродинамики, фотоники и живых систем

*Работа поддержана грантами: РФФИ № 13-04-00886 (СДВ), Президиума РАН "Фундаментальные исследования для разработки биомедицинских технологий" и Президента РФ, Ведущая научная школа НШ-5584.2014.4. Работа частично выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров*

## ПРОСТОЙ ВСАСЫВАЮЩИЙ ЭЛЕКТРОД ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

## Аннотация

Для решения экспериментальных задач по изучению принципов передачи информации в живых системах часто возникает необходимость стимулировать биологические объекты электрическими импульсами. Для сопряжения стимулятора с биологическим объектом используют стимулирующие электроды. В статье подробно изложена методика изготовления всасывающего стимулирующего электрода, пригодного для стимуляции нервно-мышечных препаратов. Электрод изготовлен из недорогих, легкодоступных компонентов. Конструкция электрода проста и может быть адаптирована для других биологических объектов.

**Ключевые слова:** всасывающий электрод, стимуляция биологических объектов.

**Kazakov A.<sup>1</sup>, Alexandrov M.<sup>1</sup>, Zhilyakov N.V.<sup>2</sup>, Khaziev E.F.<sup>3</sup>, Samigullin D.V.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Master, Kazan National Research Technical University named after AN Tupolev, Institute of Applied Electrodynamics, photonics and living systems, <sup>2</sup>master, Kazan (Volga) Federal University, <sup>3</sup>junior Researcher, Russian Academy of Sciences, Kazan Institute of Biochemistry and Biophysics, Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan (Volga region) Federal University, <sup>4</sup>PhD in Biology, Senior Researcher, Kazan Institute of Biochemistry and Biophysics, Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan (Volga region) Federal University, associate professor, Kazan National Research Technical University named after AN Tupolev, Institute of Applied Electrodynamics, photonics and living systems

## A SIMPLE SUCTION ELECTRODE FOR ELECTRICAL STIMULATION OF BIOLOGICAL OBJECTS

## Abstract

When principles of signal transmission in nervous systems are studied, it is often necessary to stimulate biological objects with electrical pulses. Stimulating electrodes are used for a coupling of stimulator and object. The article details the technique of manufacturing of a suction electrode suitable for the stimulation of neuromuscular junction. The electrode is made of inexpensive readily available materials. The design of the electrode is simple and can be adapted to other biological objects.

**Keywords:** suction electrode, stimulation of biological objects.

## Введение

Для решения экспериментальных задач по изучению принципов передачи информации в живых системах возникает необходимость стимулировать биологические объекты. Для этих целей используют специальные стимуляторы, оснащенные изолированными выходами. Они коммерчески доступны, и на рынке представлены различные модели: как одноканальные, так и многоканальные, программируемые и аналоговые. Но для сопряжения



стимулятора или усилителя с биологическим объектом необходим стимулирующий электрод. Иногда для стимуляции используют простые проволочки из неокисляющегося металла, например, серебра или платины. Но для ряда исследований электроды такого типа неприменимы из-за морфологических особенностей исследуемого образца. Для стимуляции и регистрации активности биологических объектов, имеющих малые размеры, используют так называемые «всасывающие» электроды [1]. Эти электроды обычно используются для регистрации потенциалов действия от изолированных нервов, поскольку они обеспечивают нетравматичный, но достаточно плотный контакт между концом электрода и препаратом, что обеспечивает хорошее соотношение сигнал–шум при записи электрофизиологической активности. Современные методы патч-клэмп регистрации были бы невозможны без применения всасывающих электродов [1]. Различные конструкции всасывающих электродов описаны в литературе и некоторые из них коммерчески доступны [2-7]. Большинство из них производятся из стеклянных микрокапилляров на специальных микроустройствах с последующим формированием кончика оплавлением. Стеклянные электроды имеют ряд недостатков: они легко ломаются, недолговечны, засоряются и требуют специального оборудования для изготовления. В нашей лаборатории разработана конструкция простого всасывающего электрода из пластиковых трубок вместо стеклянных микропипеток. Этот электрод с успехом используется для стимуляции нервно-мышечных препаратов холоднокровных и теплокровных животных. Он лишен недостатков, присущих стеклянным электродам – прост в изготовлении, долговечен, легко очищается, совместим со всеми видами оборудования и легко закрепляется на экспериментальной камере.

### Материалы

Всасывающий электрод состоит из следующих компонентов: два провода в изоляции длиной около 1,5 м с разъемами, необходимых для соединения электрода со стимулятором; пластиковая трубка для всасывания нерва и крепления одного контакта (достаточной упругости); короткая пластиковая трубка для крепления второго контакта; контакты, изготовленные из отрезков серебряной проволоки; термообжимная трубка для герметизации и фиксации всей конструкции электрода; силиконовая трубка, соединённая со шприцом для всасывания нерва, наконечник для микропипетки на 200 мкл, одноразовый шприц объемом 1 мл (Рис. 1).

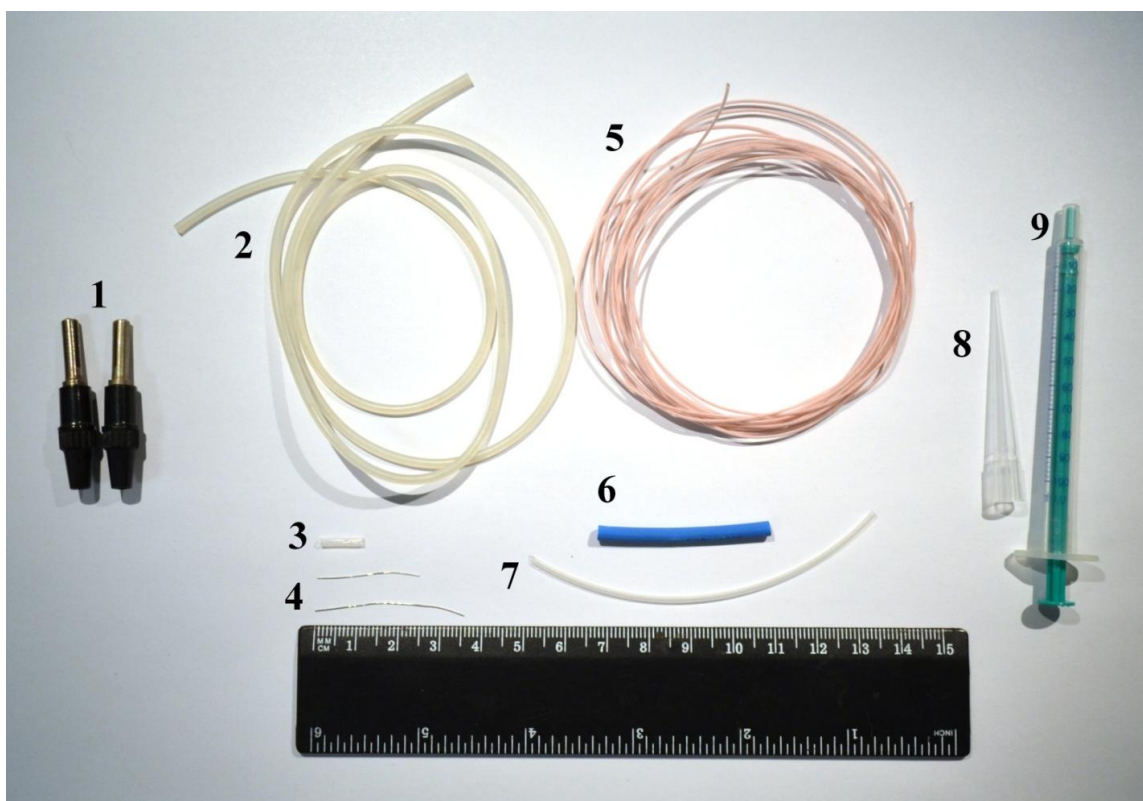


Рис. 1 – Составные части электрода. 1 – разъемы для соединения электрода со стимулятором; 2 – силиконовая трубка; 3 – короткая пластиковая трубка для крепления второго контакта; 4 – контакты из отрезков серебряной проволоки; 5 – два провода в изоляции, ~1,5 м; 6 – термообжимная трубка; 7 – пластиковая трубка для всасывания нерва и крепления одного контакта; 8 – наконечник для микропипетки, 200мкл; 9 – одноразовый шприц, 1 мл.

### Изготовление электрода

На первом этапе изготовления подбирается пластиковая трубка длиной около 9 см. Внутренний диаметр трубки должен соответствовать морфологическим особенностям препарата - примерному диаметру культи нерва. В нашем случае это около 1 мм. В трубке на расстоянии около 2 см от одного конца делается отверстие тонкой шприцевой иглой. В него вводится один из контактов с припаянным изолированным проводом. Контакт вводится так, чтобы он не достигал конца трубки примерно на 1-2 мм. Место ввода контакта и место спайки можно изолировать лаком.

Затем изготавливается второй контакт. На его конце при помощи пинцета формируется кольцо, диаметром равное диаметру трубки. К нему припаяется второй изолированный провод. Затем этот контакт фиксируется на трубке при помощи второй трубки длиной 1 см, имеющей больший диаметр, так, чтобы кольцо плотно установилось на конец трубки как показано на Рис. 2.



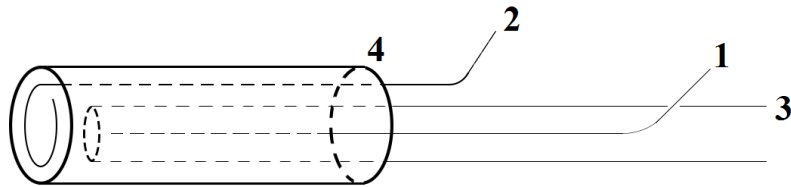


Рис. 2 – Схема расположения элементов. 1 – первый контакт; 2 – второй контакт; 3 – силиконовая трубка; 4 – короткая трубка большего диаметра для крепления второго контакта.

Для герметизации и фиксации контактов на всю конструкцию надевается отрезок термообжимной трубки с диаметром 2,5 мм и длиной около 4 см и обжимается.

Необходимо иметь в виду, что термообжимная трубка должна плотно охватывать всю конструкцию, чтобы исключить утечку раствора. Без должной герметизации нерв не будет держаться в электроде. Для засасывания препарата полиэтиленовая трубка соединяется с силиконовой трубкой, которая, в свою очередь через переходник, сделанный из одноразового наконечника от микропипетки, соединяется со шприцем. Используется наконечник на 200 мкл с обрезанным концом, так, чтобы он плотно надевался на шприц. На свободные концы проводов длиной около 1,5 м (длина выбирается исходя из того на каком расстоянии стимулятор находится от рабочей камеры) припаиваются контакты, совместимые с выходом стимулятора (в зависимости от модели стимулятора). Провода свиваются между собой. Общий вид всасывающего электрода представлен на Рис. 3.

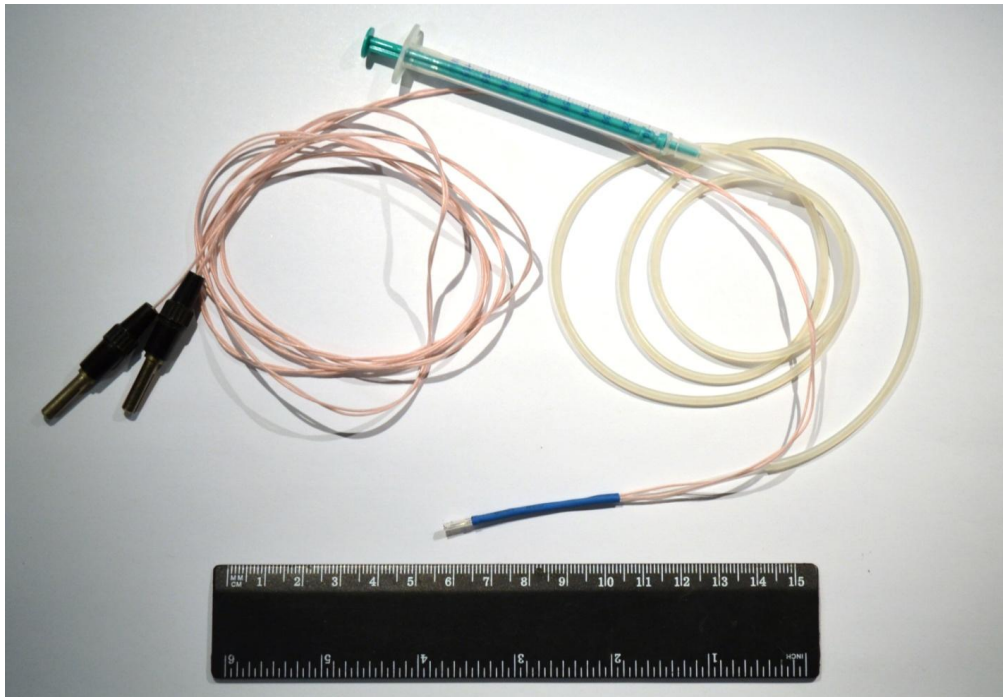


Рис. 3 – Готовый всасывающий электрод

### Использование электрода

Изготовленный всасывающий электрод можно закреплять на экспериментальной камере при помощи пластилина или стоматологического воска. Также можно использовать для его фиксации микроманипулятор. Электрод подводится к свободной культе нерва и при помощи шприца отрезок нерва вместе с раствором всасывается в электрод. За счет вакуума образующегося в системе шприц–электрод нерв фиксируется в электроде. Всасывание нужно проводить плавно, не прилагая излишних усилий, чтобы не повредить нерв. После фиксации нерва в электроде, коннекторы присоединяют к стимулятору и запускают стимуляцию нерва. После использования электрод необходимо промывать дистиллированной водой, всасывая и выталкивая ее при помощи шприца. Электрод желательно хранить в сухом состоянии для предотвращения загрязнения.

### Обсуждение

Применение различного диаметра трубок позволяет изготавливать электроды разного диаметра для различных биологических образцов. В нашей лаборатории мы изготавливаем электроды для стимуляции диафрагмального нервно-мышечного препарата мышцы, препарата кожно-грудинной мышцы лягушки и изолированного нервно-мышечного препарата *m. levator auris longus* мыши. Поскольку оба контакта электрода изолированы от заполняющего экспериментальную камеру раствора, утечки стимулирующего тока незначительны. Наш электрод обеспечивает надёжную стимуляцию экспериментального объекта при небольших значениях тока стимулирующего импульса. Это выгодно отличает его от конструкций, описанных ранее [1, 2]. Также данный всасывающий электрод можно использовать для экстраклеточной записи электрофизиологической активности нервов, как это описано в ряде работ [1, 2].

### Литература

1. Sakmann B. Single-channel recording. / B Sakmann, E Neher. // New York: Plenum Press -1995- 700 P.
2. Bruce, R. J. Construction of a Simple Suction Electrode for Extracellular Recording and Stimulation / R. J. Bruce, A. H. Stephen, and H. B. Robert // The Journal of Undergraduate Neuroscience Education (JUNE). - 2007.-Vol. 6(1). - P. 21-26.
3. Bruce, R. L. Tools for physiology labs: an inexpensive high-performance amplifier and electrode for extracellular recording / R. L. Bruce, A. W. Robert, R. J Bruce // Journal of Neuroscience Methods. - 2001.-Vol. 106. - P. 47-55
4. Easton, D. M. Nerve-end recording in conducting volume / D. M. Easton // Science. - 1960.-132.- P. 1312–1313
5. Florey, E. A new suction-electrode system / E. A Florey M. E Kreibel. // Comp Biochem Physiol. -1966.-18-P.175–178.
6. Delcomyn, F. A simple system for suction electrodes / F. A Delcomyn // J Electrophysiol Tech. – 1974.-3-P.2 2–25.
7. Stys PK. Suction electrode recording from nerve and fiber tracts / In: Kettenmann H, Grantyn R, editors. Practical electrophysiological methods // New York: Wiley-Liss- 1992.-P. 189–194.

Коломийцев А.К.

Кандидат медицинских наук, Ростовский государственный медицинский университет  
**СИСТЕМНАЯ СТРУКТУРНАЯ ГИПОТЕЗА СТАРЕНИЯ: ПРОЦЕСС СТАРЕНИЯ  
У РАСТИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗМОВ**

### Аннотация

*Системная структурная гипотеза старения рассматривает любой многоклеточный организм как систему, состоящую из различных клеточных ассоциаций, находящихся в симбиотическом взаимодействии. Одно из таких сообществ клеток является доминирующим, оно определяет кинетику развития всего организма. Нервная система является доминирующей клеточной ассоциацией у животных и человека. Продолжительность ее развития и жизни может определяться ограничением способности нейронов регенерировать во взрослом организме. Это может определять продолжительность жизни организма в целом.*

*Хотя у растений нет нервной системы, правило доминирования также можно выявить в их системной организации. Например, апикальные меристемы у растений выполняют функцию центров органогенеза. Так как органы растительных организмов образуются в течение всего жизненного цикла, апикальные меристемы имеют в своем составе популяцию плюрипотентных стволовых клеток. Таким образом, апикальные меристемы могут играть доминирующую роль в системном устройстве, развитии и жизненном цикле растительных организмов. Растения по плану строения рассматриваются как модульные организмы, причем процесс старения не всегда очевиден для всего модульного организма. Предложено ввести специальное понятие- регенерационный субмодуль, являющийся структурной единицей, состоящей из клеток и тканей, имеющих регенерационный комплекс- группу стволовых клеток, восстанавливающих ткани регенерационного субмодуля. Одна из таких структурных единиц является доминирующей в организме и определяет продолжительность его жизни.*

**Ключевые слова:** старение, регенерация, старение растений, стволовые клетки, апикальные меристемы.

Kolomiitsev A.K.

MD, PhD, Rostov State Medical University

### SYSTEMIC STRUCTURAL HYPOTHESIS OF AGING: AGING IN PLANTS

### Abstract

*The systemic structural hypothesis considers every multicellular organism as a system that consists of various cellular associations in symbiotic interaction. A single one of these associations may determine the organism's developmental kinetics system-wide. The nervous system is the limiting cellular association in animals and humans. The duration of its development is restricted by the capability of neurons to regenerate in adult organisms. This may determine the duration of life of organism as a whole. So the organism is hypothetically presented as a "neuronal cell culture" that develops on the "medium" (the other tissues which make up the body).*

*Although there is no nervous system in plants, this rule can also be observed in their organization. For instance, apical meristems in plants play the role of organogenesis units. Because organs are produced continuously throughout the life cycle, the apical meristems maintain a pluripotent stem cell population. Thus, apical meristems may play a dominant role in plant maintenance, development and life cycle. Plants are considered as modular organisms (as well as some animals, primarily invertebrates). Senescence occurs in the units of a modular organism but sometimes systemic aging is not obvious in organism as a whole.*

*It is offered to introduce a special term – regeneration submodule (RS)- a unit that consists of cells and tissues which have a general regeneration complex- a group of stem cells that renovate strictly these cells and tissues. Such regeneration submodules are formed within organs and systems; one of them is dominating unit which determines the life duration.*

**Keywords:** aging, regeneration, plant aging, stem cells, apical meristems.

**О**собый интерес представляет вопрос о том, как процесс старения реализуется в многоклеточных растительных организмах.

Некоторые исследователи считают, что у растений нет единого общего механизма старения [1]. Разница в продолжительности жизни растений различных видов очень велика. В настоящее время процесс старения растений считается более сложным для изучения, чем старение животных, и рассматривается с точки зрения приспособительного свойства, имеющего неодинаковое происхождение у разных групп растений.

Предложена универсальная системная структурная гипотеза старения [2,3]. Вкратце основные ее положения заключаются в следующем. Многоклеточные организмы функционируют как сложные системы, и жизнь клеток

регулируется как внутриклеточными молекулярными процессами, так и общей системной организацией. Процесс развития определяется кинетической кривой роста популяции [4,5], которая является универсальной для любого сообщества клеток- клеточной культуры, колонии микроорганизмов и т.д. Гипотеза рассматривает любой многоклеточный организм как систему, состоящую из различных клеточных сообществ, находящихся в симбиотическом взаимодействии. Одно из таких сообществ клеток является доминирующим, оно определяет кинетику развития всего организма. Под такими клеточными сообществами подразумеваются ткани организма и их структурные элементы, так как различные типы клеток, хотя и имеют общий генетический код, тем не менее в значительной степени различаются по многим параметрам: функциональности, размерам, продолжительности жизни, возможностям деления. Нервная система является доминирующей клеточной ассоциацией у млекопитающих и человека. Продолжительность ее развития и жизни может продолжаться ограничением способности нейронов регенерировать во взрослом организме. Это может определять продолжительность жизни организма в целом. Таким образом, животный организм гипотетически представляется как 'культура нервных клеток', которая развивается на 'среде' из других тканей, из которых состоит организм.

Хотя у растений нет нервной системы, правило доминирования также можно выявить в их системной организации. Например, апикальные меристемы у растений выполняют функцию центров органогенеза. Так как органы растительных организмов образуются в течение всего жизненного цикла, апикальные меристемы имеют в своем составе популяцию плюрипотентных стволовых клеток [6]. Таким образом, апикальные меристемы могут играть доминирующую роль в системном устройстве, развитии и жизненном цикле растительных организмов. При этом следует принять во внимание тот факт, что одним из типов старения растений является т.наз. апикальное старение- процесс, начинающийся в апикальной меристеме. Этот тип старения может быть основным согласно системной структурной гипотезе старения.

В настоящее время все типы организмов по плану организации делят на две группы: модульные и унитарные. К первым относятся все виды растений, некоторые виды животных, одноклеточные организмы, ко второй группе- подвижные животные и человек. План строения модульных организмов базируется на неопределенной структуре, состоящей из связанных между собой модулей, расположенных на различных уровнях сложной системы (листья, ствол, ветви) [7]. Каждый отдельный модуль обладает свойством индивидуального старения. Таким образом, процесс старения не очевиден для всего модульного организма, хотя каждый его элемент может проходить процесс индивидуального старения.

Возможно ли выделить в модульных и унитарных организмах какой-либо общий системный элемент, который являлся бы структурной основой сложных многоклеточных организмов? Таким элементом, вероятно, может быть определенный функциональный комплекс, состоящий из клеток и тканей, имеющих общий регенерационный комплекс – стволовые клетки, которые осуществляют восстановление именно этих тканей, который был условно назван регенерационным субмодулем (РС). Такой комплекс может совпадать со структурными компонентами модуля, например, у растений, или не совпадать с таковыми у унитарных организмов. Вероятно, РС формируются в пределах различных органов и систем- в любом случае основой субмодуля является группа стволовых клеток, восстанавливающая ткани РС.

Восстановление структур за счет стволовых клеток ограничено программами генетической регуляции роста- здесь система функционирует подобно клеточной или микробной культуре. Вероятно, это общее свойство всех биосистем.

Модульные и унитарные организмы, согласно предлагаемой гипотезе, состоят из групп РС, причем эти системные единицы являются общим структурным компонентом всех многоклеточных организмов. У одних видов организмов эти субмодули являются функционально равнозначными, у других, более сложных, они образуют сложную иерархическую структуру. В такой структуре один из этих компонентов является доминирующим, и именно его свойства регенерации определяют продолжительность жизни организма в целом.

Если рассматривать растения как модульные организмы, то большинство видов хотя и имеет свойства модульной структуры, однако, эти модули не являются равнозначными по строению и функциям. Например, модульная организация корней растений отличается от соответствующей структурной организации побегов, листьев и т. п. В то же время системы РС, вероятно, являются более универсальными структурными единицами. В растениях такими компонентами являются апикальные меристемы, содержащие стволовые клетки, в организмах животных это сложные тканевые структуры.

Даже если принять за основу понятие РС, тем не менее, очевидно, что общая организация сложного многоклеточного организма предполагает наличие неравнозначных субмодулей в зависимости от выполняемой функции. Поэтому вполне вероятно, что один из них является доминирующим и определяет продолжительность жизни организма в целом.

Доминирующий регенерационный субмодуль организма имеет, таким образом, резервный потенциал стволовых клеток, который расходуется в течение жизни организма. Истощение пула стволовых клеток может поэтому приводить к постепенной дегенерации субмодуля, старению и гибели всего организма. В этом случае продолжительность жизни организма должна определяться уже генетическими особенностями стволовых клеток именно этого РС, т.е. клеток определенного типа.

### Литература

1. Жмылев П.Ю. Эволюция длительности жизни растений: факты и гипотезы// Журнал общей биологии . Том 67, 2006. № 2, март-апрель. Стр. 107-119.
2. Kolomiitsev A.K. Life duration: a new systemic hypothesis // Medical Hypotheses (2002) 58:6, 540-543.
3. Коломийцев А.К. Старение организма как свойство структурной организации биосистем. М.: Эдитус, 2012.- 138 с.
4. Варфоломеев С.Д., Калужный С.В. Биотехнология: Кинетические основы микробиологических процессов. М., Высш. шк., 296 с.)

5.Khokhlov AN., Golovina ME., Chirkova Elu., Nadzharian TLAnalysis of the kinetic growth patterns of cultured cells. III. The effect of inoculation density, of a geroprotector-antioxidant and of stationary-phase aging. Tsitologiya. 1987 . Mar. 29:3.353-7.

6.Полевой В.В., Саламатова Т.С. Физиология роста и развития растений. Ленинград, 1991, 240с.

7. Bowman JL, Eshed Y. Formation and maintenance of the shoot apical meristem. Trends in Plant Science, 2000, 5:3:110-115.

#### References

1.Жмылев П.Ю. Эволюция длительности жизни растений: факты и гипотезы // Журнал общей биологии . Том 67, 2006. № 2, март-апрель. Стр. 107-119.

2.Kolomiitsev AK. Life duration: a new systemic hypothesis // Medical Hypotheses (2002) 58:6, 540-543.

3.Kolomiitsev A. K. Starenie organizma kak svoystvo strukturnoi organizatsii biosistem. M.: Editus, 2012.- 138 S.

4.Varfolomeev S.D., Kaluzhni S.V. Biotehnologia: kineticheskie osnovi mikrobiologicheskikh processov. M.: Vishaya Shkola, 1990.- 296 S.

5.Khokhlov AN., Golovina ME., Chirkova Elu., Nadzharian TLAnalysis of the kinetic growth patterns of cultured cells. III. The effect of inoculation density, of a geroprotector-antioxidant and of stationary-phase aging. Tsitologiya. 1987 . Mar. 29:3.353-7.

6.Polevoi V.V., Salamatova T.S. Fiziologia rosta i razvitiya rastenii. Физиология роста и развития растений. Leningrad.: Izdatelstvo Leningradskogo Universiteta, 1991.- 240 S.

7. Bowman JL, Eshed Y. Formation and maintenance of the shoot apical meristem. Trends in Plant Science, 2000, 5:3:110-115.

**Шиленко И.В.<sup>1</sup>, Ярков С.П.<sup>2</sup>, Титов А.А.<sup>3</sup>, Кононенко А.Б.<sup>4</sup>, Иванчикова М.С.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Кандидат технических наук, <sup>2</sup>доктор биологических наук, <sup>3</sup>кандидат биологических наук,

ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт биологического приборостроения»,

<sup>4</sup>кандидат биологических наук, доцент, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии», <sup>5</sup>студент, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

#### **РАЗРАБОТКА ИММУНОХРОМАТОГРАФИЧЕСКИХ ТЕСТОВ С ВИЗУАЛЬНОЙ И ПРИБОРНОЙ РЕГИСТРАЦИЕЙ ДЛЯ БЫСТРОГО ВЫЯВЛЕНИЯ САЛЬМОНЕЛЛ**

#### **Аннотация**

*Разработаны иммунохроматографические тесты на основе конъюгатов наночастиц коллоидного золота и люминесцентных микрочастиц со специфическими антителами для быстрого выявления сальмонелл различных групп. Показано влияние свойств антител полученных из различных источников на чувствительность тестов. Указаны преимущества и недостатки использованных меток антител при конструировании иммунохроматографических тестов для выявления сальмонелл.*

**Ключевые слова:** иммунохроматографический анализ, сальмонеллы, наночастицы коллоидного золота, люминесцентные микрочастицы.

**Shilenko I.V.<sup>1</sup>, Yarkov S.P.<sup>2</sup>, Titov A.A.<sup>3</sup>, Kononenko A.B.<sup>4</sup>, Ivanchikova M.S.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>PhD in Engineering, <sup>2,3</sup>PhD in Biology, Federal State Unitary Enterprise «State Scientific Research Institute of Biological Engineering», <sup>4</sup>PhD in Biology, «All Russian Scientific Research Institute of Veterinary Sanitary Hygiene and Ecology»,

<sup>5</sup>student, D. Mendelev University of Chemical Technology of Russia

#### **DEVELOPMENT OF THE IMMUNOCHROMATOGRAPHIC TESTS FOR THE RAPID SALMONELLA DETECTION USING VISUAL AND DEVICE DETECTION**

#### **Abstract**

*Immunochromatographic tests based on conjugates of gold nanoparticles and luminescent microparticles with specific antibodies for rapid detection of Salmonella various groups are developed. Influence of properties of antibodies from different sources on sensitivity of tests is shown. Advantages and disadvantages of the used antibodies labels at designing immunochromatographic tests for Salmonella detection are specified.*

**Keywords:** immunochromatographic assay, salmonella, gold nanoparticles, luminescent microparticles.

#### **Введение**

В России сохраняется неблагоприятный прогноз по заболеваемости сальмонеллезом, поэтому своевременное выявление возбудителя заболевания представляет собой актуальную санитарно-гигиеническую задачу. По данным Роспотребнадзора три серовара *S. enteritidis*, *S. typhimurium*, *S. infantis* в 2014 г. составляли от 83,9 до 93% от общего числа выявленных сальмонелл [1].

Иммунохроматографические тесты (далее тесты) занимают самостоятельное место в обширном перечне методов выявления сальмонелл и, как правило, используются совместно с культуральным методом их выявления и идентификации. В большей части тестов для выявления сальмонелл применяют конъюгаты наночастиц коллоидного золота (НКЗ) с антителами [2-5]. Тесты представляют собой полоску мультимембранного композита, помещенную в пластиковую оправу. Мультимембранный композит состоит из нитроцеллюлозной мембраны, мембраны пропитанной конъюгированными НКЗ со специфическими антителами против сальмонелл и впитывающих подложек, соединенных между собой для обеспечения движения тока жидкости. На нитроцеллюлозной мембране в аналитической зоне нанесены антитела к сальмонеллам, а в контрольной зоне – антивидовые по отношению к антителам конъюгата антитела. Клетки сальмонелл, содержащиеся в жидкой пробе, под действием капиллярных сил взаимодействуют с

конъюгатом и антителами, нанесенными на мембрану, образуя иммобилизованные на мембране иммунные комплексы, которые визуализируются благодаря метке использованной в конъюгате.

Известно, что иммунохроматографический анализ (ИХА) с применением люминесцентных меток имеет более высокую чувствительность по сравнению с другими, например, колориметрическими, метками [6]. Целью работы было сравнение эффективности различных по конструкции тестов, по выявлению клеток сальмонелл.

#### Материалы и методы

Для изготовления тестов применяли материалы компании Millipore, США: нитроцеллюлозную мембрану HF120, закрепленную на основе из полистирола, стекловолоконную GFSP и целлюлозную CFSP мембраны.

Для получения конъюгатов и формирования аналитической зоны мембраны применяли иммунокомпоненты, указанные в таблице 1.

Для конструирования тестов с визуальной регистрацией использовали конъюгаты НКЗ со специфическими антителами. НКЗ средним диаметром 25 и 40 нм получали по методу Frens [7] восстановлением 0,01%  $\text{HAuCl}_4$  раствором 1% цитрата натрия. Конъюгаты НКЗ с антителами получали по методике, описанной в [8].

Таблица 1 – Иммунокомпоненты, применявшиеся для разработки тестов

Наименование	Характеристика	Производитель / поставщик
Омнивалентный энтероклон Анти- Salmonella A-67	Смесь моноклональных антител ко всем группоспецифическим О-антигенам сальмонелл	Компания Sifin, Германия
Полиспецифический энтероклон Анти- Salmonella I (A-E)	Смесь моноклональных антител к О-антигенам сальмонелл групп А-Е	Компания Sifin, Германия
Поливалентная диагностическая сальмонеллезная О- сыворотка к основным группам (А, В, С, D, Е) адсорбированная для реакции агглютинации «Петсал» (далее – баранья сыворотка)	Содержит О- агглютинины против антигенов 1, 2, 3, 4, 5, 6 <sub>1</sub> , 6 <sub>2</sub> , 7, 8, 9, 10, 12	Институт вакцин и сывороток, г. Санкт-Петербург, Россия
Ig фракция бараньей сыворотки «Петсал»	Препарат выделен осаждением насыщенным сульфатом аммония	Выделяли сами
Кроличьи поликлональные антитела ABIN286030	Специфичны к О- и Н- антигенам сальмонелл. В качестве иммуногена применяли смесь клеток <i>S. typhimurium</i> , <i>S. heidelberg</i> , <i>S. enteritidis</i>	Antibodies-online, Германия

Для тестов с приборной регистрацией применяли конъюгаты антител с карбоксилированными люминесцентными микрочастицами FluoSpheres® (Molecular Probes, США) диаметром 0,1 мкм. Длины волны возбуждения люминесценции и эмиссии  $\lambda_{\text{возб}} / \lambda_{\text{эмисс}} = 350/435$  нм (голубая область спектра). Конъюгаты антител с микрочастицами получали используя N-(3-диметиламинопропил)-N'-этилкарбодимид гидрохлорид (EDAC) по методике [9]. Массовое соотношение антител и микрочастиц в полученных нами конъюгатах было равно 0,05, 0,1 и 0,2.

Тесты получали следующим образом. Для тестов с визуальной регистрацией на стекловолоконную подложку наносили конъюгаты НКЗ, разведенные в 50 мМ буфере трис-(гидроксиметил)-аминометана, pH 8,5, содержащем 10% сахарозы и 0,25% БСА до  $A^{525} = 3,0$  (для НКЗ диаметром 25 нм) и  $A^{530} = 3,0$  (для НКЗ диаметром 40 нм). Для тестов с приборной регистрацией на стекловолоконную подложку наносили предварительно трижды обработанные ультразвуком конъюгаты люминесцентных микрочастиц в концентрациях 0,015% и 0,03%. На нитроцеллюлозную мембрану диспенсером в виде линий наносили антитела, разведенные в 10мМ К-Na фосфатном буфере с pH 7,4. В аналитическую зону теста наносили антитела к сальмонеллам: баранью сыворотку «Петсал», либо Ig фракцию, выделенную из нее в концентрациях 10 мг/мл или 19 мг/мл, либо энтероклоны в концентрации 2 мг/мл, либо кроличьи поликлональные антитела ABIN286030. В контрольную зону теста наносили антивидовые антитела по отношению к антителам конъюгата в концентрации 2 мг/мл. Мультимембранные композиты высушивали, нарезали на полоски шириной 5 мм и помещали в пластиковые оправы. Готовые тесты хранили в герметичных пакетах с силикагелем.

Для оценки чувствительности тестов готовили взвеси сальмонелл в концентрации  $5 \times 10^4$  -  $1 \times 10^8$  м.к./мл в буфере для проведения иммунохроматографического анализа (ФГУП «ГосНИИБП», Россия). Все бактериальные препараты были предварительно инаktivированы кипячением. *S. paratyphi* А штамм 225, *S. typhimurium*, *S. paratyphi* В, *S. heidelberg* штамм 1150, *S. newport*, *S. choleraesuis*, *S. enteritidis* штамм 17, *S. typhi* штамм 33, *S. anatum* штамм 161 были получены из коллекции НИИ вакцин и сывороток (г. Санкт-Петербург). *S. typhimurium* штамм VGNK, *S. infantis* штамм 517, *S. enteritidis* штамм 29/1, *S. enteritidis* штамм 899, *S. dublin* штамм 412, *S. anatum* штамм 33/36 были получены из коллекции ВНИИВСГЭ (г. Москва). Объем анализируемого образца не превышал 150 мкл, регистрацию результата анализа проводили через 15 мин и 30 мин. Визуальная регистрация результатов анализа заключалась в наблюдении окрашенных НКЗ полос на аналитической мембране. Две полосы – результат анализа положительный; одна полоса в контрольной зоне – результат анализа отрицательный, если окрашенных полос не наблюдали, то результат анализа не учитывали. Приборную регистрацию проводили на регистраторе люминесценции видеоцифровом «РЛВ-1» (разработка ФГУП «ГосНИИБП», Россия). Принцип работы прибора основан на видеоцифровой регистрации люминесценции [6]. Излучающие светодиоды и светофильтры регистратора позволяли возбуждать люминесценцию в диапазоне длин волн 340-400 нм, и регистрировать люминесценцию при длинах волн

более 400 нм. Отношение интенсивности люминесценции аналитической и контрольной зон тестов ( $Q=I_a/I_c$ ) измеряли в условных единицах. Если  $Q > 0$ , то результат анализа положительный, если  $Q = 0$ , то результат анализа считали отрицательным.

### Обсуждение результатов

Подбор иммунокомпонентов для конъюгата и аналитической зоны проводили на тестах с визуальной регистрацией с конъюгатами со средним размером наночастиц 25 нм. Комбинировали конъюгаты антител и антигена наносимые в аналитическую зону мембраны.

Было выявлено, что тесты с энтероклонами в конъюгате или аналитической зоне выявляли только *S. typhimurium*. Как видно из таблицы 2, если в составе теста присутствовали оба энтероклона, то чувствительность выявления *S. typhimurium* составляла  $5 \times 10^6$  м.к./мл. Повысить чувствительность выявления *S. typhimurium* в 10 раз удалось заменой энтероклона А-67 на кроличьи поликлональные антитела. Энтероклоны для выявления других сальмонелл основных групп А, В, С, D, Е иммунохроматографическим методом оказались малоприспособны.

Таблица 2 – Выявление *S. typhimurium* экспресс-тестами с энтероклонами

Антитело		Чувствительность, м.к./мл
конъюгата	аналитической зоны	
Энтероклон А-67	Энтероклон I (А-Е)	$1 \times 10^7$
Энтероклон I (А-Е)	Энтероклон А-67	$5 \times 10^6$
Энтероклон А-67	Энтероклон А-67	клетки не выявлялись
Энтероклон I (А-Е)	Кроличьи антитела	$5 \times 10^5$
Энтероклон А-67	Кроличьи антитела	клетки не выявлялись
Кроличьи антитела	Энтероклон I (А-Е)	$1 \times 10^5$
Кроличьи антитела	Энтероклон А-67	клетки не выявлялись

Поскольку баранья сыворотка «Петсал» и ее Ig фракция помимо специфических иммуноглобулинов содержали другие белки, конъюгаты НКЗ получили с нагрузкой, равной пятикратной стабилизирующей концентрации. Различное комбинирование конъюгатов бараньей сыворотки, конъюгатов кроличьих антител с аналитическими мембранами, содержащими баранью сыворотку или Ig фракцию бараньей сыворотки, или кроличьи антитела, не привело к выявлению сальмонелл. Был сделан вывод, что агглютинирующую поливалентную сыворотку «Петсал» невозможно использовать в ИХА.

Основные группы сальмонелл А, В, С, D, Е возможно было выявлять, если в конъюгате и аналитической зоне находились кроличьи поликлональные антитела. Время анализа составило 15 мин, увеличение времени анализа до 30 мин приводило к появлению окрашивания аналитической зоны теста (положительный результат) при анализе «холостой пробы». Как видно из таблицы 3, наибольшая чувствительность наблюдалась при выявлении сальмонелл группы В. Возможно, это объясняется тем, что в качестве иммуногена применяли смесь клеток *S. typhimurium*, *S. heidelberg*, *S. enteritidis*. *S. typhimurium*, *S. heidelberg* имеют три общих О-антигена (4, 5 и 12), а *S. enteritidis* – два общих О-антигена с *S. typhimurium* (1 и 12) и один с *S. heidelberg* (12). *S. paratyphi* А и *S. typhi* имели только один общий О-антиген (1 и 12 соответственно) с *S. typhimurium*, *S. heidelberg*, *S. enteritidis*. Остальные сальмонеллы общих антигенов не имели.

Таблица 3 – Чувствительность выявления сальмонелл экспресс-тестом на основе кроличьих поликлональных антител

Наименование сальмонеллы	Группа	О- антиген	Чувствительность выявления, м.к./мл
<i>S. paratyphi</i> А штамм 225	А	1 2 12	$1 \times 10^7$ м.к./мл
<i>S. typhimurium</i>	В	1 4 5 12	$5 \times 10^5$ м.к./мл
<i>S. typhimurium</i> VG NK	В	1 4 5 12	$5 \times 10^5$ м.к./мл
<i>S. paratyphi</i> В штамм 4219	В	1 4 5 12	$1 \times 10^6$ м.к./мл
<i>S. heidelberg</i> штамм 1150	В	1 4 5 12	$5 \times 10^5$ м.к./мл
<i>S. choleraesuis</i> штамм 595	С	6 7 vi	$1 \times 10^7$ м.к./мл
<i>S. infantis</i> штамм 517	С	6 7	$1 \times 10^7$ м.к./мл
<i>S. newport</i>	С	6 8	$5 \times 10^7$ м.к./мл
<i>S. typhi</i> штамм 33	Д	9 vi 12	$5 \times 10^6$ м.к./мл
<i>S. enteritidis</i> штамм 17	Д	1 9 12	$5 \times 10^6$ м.к./мл
<i>S. enteritidis</i> штамм 29/1	Д	1 9 12	$1 \times 10^6$ м.к./мл
<i>S. enteritidis</i> штамм 899	Д	1 9 12	$5 \times 10^6$ м.к./мл
<i>S. dublin</i> штамм 412	Д	1 9 12	$5 \times 10^7$ м.к./мл
<i>S. anatum</i> штамм 161	Е	3 10	$1 \times 10^7$ м.к./мл
<i>S. anatum</i> штамм 33/36	Е	3 10	$5 \times 10^7$ м.к./мл



Увеличение размера НКЗ для получения конъюгатов с кроличьими поликлональными антителами с 25 до 40 нм не привели к увеличению чувствительности выявления сальмонелл, хотя для белковых антигенов такой эффект наблюдался ранее [8]. Указанный тест был специфичен по отношению к микробным клеткам кишечной палочки, протей и шигелл в концентрациях в 10...100 раз превышающих чувствительность теста.

Поскольку наибольшим разнообразием выявляемых сальмонелл и чувствительностью обладал тест с кроличьими поликлональными антителами в конъюгате НКЗ и аналитической зоне, то именно с ними получили конъюгаты с люминесцентными микрочастицами. Конъюгаты отличались нагрузкой указанными антителами и концентрацией микрочастиц. Вначале сконструированные тесты на основе люминесцентных микрочастиц были испытаны «холостой» пробой. Были отобраны для дальнейших экспериментов тесты, проявившие яркую люминесценцию контрольной зоны (не менее 3000 усл. ед.) и отсутствие фоновой люминесценции аналитической зоны. Таким условиям удовлетворял тест с конъюгатом с концентрацией микросфер 0,015% и нагрузкой 0,2 мг кроличьих антител на 1 мг микросфер. Тестом, построенный на основе такого конъюгата, выявляли сальмонеллы, относящиеся к группам В, С и D.

При регистрации результата анализа через 15 мин чувствительность выявления сальмонелл *S.typhimurium* составила  $5 \times 10^6$  м.к./мл, *S. enteritidis*  $5 \times 10^7$  м.к./мл, *S. heidelberg*  $1 \times 10^6$  м.к./мл. Для повышения чувствительности время анализа увеличили до 30 мин, тогда чувствительность выявления *S.typhimurium* стала  $1 \times 10^5$  м.к./мл, *S. enteritidis*  $1 \times 10^6$  м.к./мл, *S. heidelberg*  $1 \times 10^5$  м.к./мл.

### Заключение

Показано, что для выявления сальмонелл групп А, В, С, D, Е иммунохроматографическим методом в тестах для получения конъюгата и нанесения в аналитическую зону наиболее пригодны кроличьи поликлональные антитела, полученные к антигенам сальмонелл различных групп.

Исследована возможность выявления сальмонелл тестами на основе конъюгатов НКЗ и люминесцентных микрочастиц.

Тесты с приборной регистрацией на основе люминесцентных микрочастиц имеют чувствительность выявления сальмонелл в пять раз выше по сравнению с тестами с визуальной регистрацией на основе НКЗ. В то же время при конструировании и практическом применении тестов на основе люминесцентных микрочастиц существуют проблемы. Суспензии конъюгатов люминесцентных микрочастиц плохо стабилизируются антителами и белками, следовательно, способны к агрегации. Основная проблема заключается в агрегации суспензии полимерных микрочастиц за счет адгезии «полимер-полимер» в суспензии и «полимер-стекловолоконная подложка», учитывая значительную суммарную поверхность суспензии микрочастиц. Явления агрегации и адгезии затрудняют десорбцию конъюгата с подложки, а по мере хранения тестов приводят к необратимой адсорбции конъюгата. Сохраняемость тестов во времени требует дополнительного исследования. Необходимо постоянно контролировать агрегацию микрочастиц, из-за этого процесс получения конъюгата люминесцентных микрочастиц трудновоспроизводим. В процессе химической сшивки антител с микрочастицами возможна блокировка активных центров специфических антител, что приводит к уменьшению активности взаимодействия с сальмонеллами. Для регистрации люминесценции требуется прибор, что с одной стороны увеличивает объективность полученных результатов, а с другой стороны – может удорожить стоимость единичного анализа. Тесты с визуальной регистрацией на основе НКЗ лишены данных недостатков. Срок годности тестов на основе НКЗ может достигать 2-3 лет при хранении при комнатной температуре.

Как правило, образцы продуктов питания имеют низкий уровень контаминации сальмонеллами. Поэтому иммунохроматографические тесты напрямую не применяют для выявления сальмонелл и сочетают с бактериологическим методом. В такой схеме анализа исследуемая проба после обогащения в жидкой питательной среде вносится в иммунохроматографический тест. Это позволяет сократить время, затрачиваемое в бактериологическом методе на весь анализ, и исключает последующую стадию культивирования микроорганизмов на плотных селективных средах [10]. Чувствительность иммунохроматографического теста в диапазоне  $10^6$ - $10^7$  м.к./мл вполне приемлема для подобной схемы анализа. Иммунохроматографический тест должен быть чувствителен и специфичен, время анализа не должно превышать 30 мин, тогда в полной мере проявляются его преимущества перед общепризнанными, но более трудоёмкими методами – твердофазным иммуноферментным анализом (2-3 ч) и полимеразной цепной реакцией (4-6 ч).

### Литература

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2014 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2015. – 206 с.
2. Singlepath Salmonella for the rapid detection of Salmonella in food [Электронный ресурс]. Системные требования: Adobe Acrobat Reader. URL: [http://www.amco-instruments.com/index\\_files/pdf/singlepath-salmonella.pdf](http://www.amco-instruments.com/index_files/pdf/singlepath-salmonella.pdf) (дата обращения 04.09.2015).
3. Bird C.B. Reveal for Salmonella test system / C.B. Bird, R.L. Miller, B.M. Miller // J. AOAC Int. – 1999. – V. 82. – № 3. – P. 625–633.
4. Evaluation of an immunochromatography strip assay for the detection of Salmonella sp. from poultry / D.A. Bautista, S. ElanKumaran, J.A. Akring, R.A. Heckert // J.Vet.Diagn.Invest. – 2002. – V. 14. – P. 427–430.
5. RapidChek Select Salmonella enteritidis test system for detection of Salmonella enteritidis in poultry house drag swabs, shell egg pools, and chicken carcass rinsates / M.T. Muldoon, V. Gonzales, M.I. Sutzko et al. // J AOAC Int. – 2011. – V. 94. – № 4. – P. 1138–115.
6. Люминесцентный иммунохроматографический анализ антигенов микроорганизмов / С.П. Яков, С.Н. Скопинская, И.В. Шиленко и др. // Вестник РАМН. – 2009. – № 3. – С. 20-26.
7. Frens, G. Preparation of gold dispersions of varying particle size: Controlled nucleation for the regulation of the particle size in monodisperse gold suspensions / G. Frens // Nature Phys Sci. – 1973. – V. 241, – № 1. – P. 20–22.

8. Development and Optimization of Immunoassays for the Detection of Botulinum Toxins / A.A. Titov, I.V. Shilenko, A.A. Morozov et al. // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2012. – v. 48. – № 2. – P. 249-256.

9. Working with FluoSpheres fluorescent microspheres. Molecular Probes. 2004. [Электронный ресурс]. Системные требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://tools.lifetechnologies.com/content/sfs/manuals/mp05001.pdf> (дата обращения 12.03.2015).

10. Соколов Д.М. Экспресс-тесты Singlepath и Duopath для выявления патогенных микроорганизмов и токсинов в пищевых продуктах / Д.М. Соколов, М.С. Соколов // Молочная промышленность. – 2015. – № 1. – С. 4-6.

#### References

1. O sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Rossijskoj Federacii v 2014 godu: Gosudarstvennyj doklad.-M.: Federal'naja sluzhba po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitelej i blagopoluchija cheloveka, 2015. –206 p.

2. Singlepath Salmonella for the rapid detection of Salmonella in food. URL: [http://www.amco-instruments.com/index\\_files/pdf/singlepath-salmonella.pdf](http://www.amco-instruments.com/index_files/pdf/singlepath-salmonella.pdf)

3. Bird C.B. Reveal for Salmonella test system / C.B. Bird, R.L. Miller, B.M. Miller // J. AOAC Int. – 1999. – V. 82. – № 3. – P. 625–633.

4. Evaluation of an immunochromatography strip assay for the detection of Salmonella sp. from poultry / D.A. Bautista, S. ElanKumaran, J.A. Akring, R.A. Heckert // J.Vet.Diagn.Invest. – 2002. – V. 14. – P. 427 – 430.

5. RapidChek Select Salmonella enteritidis test system for detection of Salmonella enteritidis in poultry house drag swabs, shell egg pools, and chicken carcass rinsates / M.T. Muldoon, V. Gonzales, M.I. Sutzko et al. // J AOAC Int. – 2011. – V. 94. – № 4. – P. 1138–115.

6. Ljuminescentnyj immunohromatograficheskij analiz antigenov mikroorganizmov / S.P. Yarkov, S.N. Skopinskaja, I.V. Shilenko i dr. // Vestnik RAMN. – 2009. – № 3. – S. 20–26.

7. Frens, G. Preparation of gold dispersions of varying particle size: Controlled nucleation for the regulation of the particle size in monodisperse gold suspensions / G. Frens // Nature Phys Sci. – 1973. –V. 241, – № 1. – P. 20–22.

8. Development and Optimization of Immunoassays for the Detection of Botulinum Toxins / A.A. Titov, I.V. Shilenko, A.A. Morozov et al. // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2012. – v. 48. – № 2. – P. 249-256.

9. Working with FluoSpheres fluorescent microspheres. Molecular Probes. 2004. URL: <http://tools.lifetechnologies.com/content/sfs/manuals/mp05001.pdf>.

10. Sokolov D.M. Jekspress-testy Singlepath i Duopath dlja vyjavlenija patogenny mikroorganizmov i toksinov v pishcevyh produktah / D.M. Sokolov, M.S. Sokolov // Molochnaja promyshlennost'. – 2015. – № 1. – S. 4–6.

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».

**ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOGRAPHY****Кирейчева Л.В.<sup>1</sup>, Козыкеева А.Т.<sup>2</sup>, Даулетбай С.Д.<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Доктор технических наук,

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н.Костякова,

<sup>2</sup>доктор технических наук, Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан<sup>3</sup>докторант, Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВОДОСБОРОВ В БАСЕЙНЕ РЕКИ ШУ  
ПРИ ИХ КОМПЛЕКСНОМ ОБУСТРОЙСТВЕ****Аннотация**

На основе систематизации и анализа информационно-аналитических материалов о формировании и функционировании ландшафтов и агроландшафтов определены коэффициенты экологической стабильности и устойчивости техноприродных систем водосбора в бассейне реки Шу и даны рекомендации по повышению природно-ресурсного потенциала.

**Ключевые слова:** система, оценка, анализ, бассейн, водосбор, ландшафт, агроландшафт, экология, устойчивость, стабильность.

**Kireycheva L.V.<sup>1</sup>, Kozykееva A.T.<sup>2</sup>, Dauletbay S.D.<sup>3</sup>**<sup>1</sup>PhD in Engineering, All-Russian Research Institute for Hydraulic

Engineering and Reclamation named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russia

<sup>2</sup>PhD in Engineering, Tarazskii State University named after M.H. Dulati, Taraz, Kazakhstan<sup>3</sup>doctoral student, Tarazskii State University named after M.H. Dulati, Taraz, Kazakhstan**ESTIMATION OF THE ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF THE RIVER SHU WATERSHED AT ITS  
INTEGRATED ENGINEERING****Abstract**

Coefficients on environmental sustainability of antropogenic-natural systems within the river Shu watershed are determined on the base of systematization and analysis of informative-analytical materials, as well as recommendations on increasing of natural-resource potential are given.

**Keywords:** system, estimation, analysis, watershed, landscape, agricultural landscape, ecology, sustainability, stability.

**Актуальность.** При проведении антропогенной деятельности необходимо по возможности не нарушать равновесие естественных природных процессов, которые регулируют энергетический обмен с окружающей средой. Экологическое равновесие – это баланс всех компонентов ландшафта и естественных процессов, что обеспечивает эволюционное развитие системы природопользования [1]. Критериями природной устойчивости ландшафта являются «высокая организованность, интенсивное функционирование и сбалансированность функций геосистем, включая биологическую продуктивность и возобновимость растительного покрова» [2]. Рассматривая вопросы оптимизации агроэкосистем и агроландшафтов, очень важно располагать методами их комплексной характеристики и системой количественных оценок [3].

**Цель исследований.** Оценка экологической устойчивости водосборов в бассейне реки Шу при их комплексной обустройстве.

**Методика исследований.** Для оценки степени экологической устойчивости ландшафта использован известный метод определения коэффициента экологической стабилизации ландшафта ( $K_{эсл}$ ), основанный на соотношении площадей, занятых различными элементами ландшафта, положительного или отрицательного воздействующих их на природную среду.

Коэффициент экологической стабилизации выражается соотношением [3]:  $K_{эсл} = \sum_{i=1}^n F_{ст} / \sum_{i=1}^m F_{нст}$ , где  $F_{ст}$  – площади, оказывающими положительное влияние на ландшафт);  $F_{нст}$  – площади, занимаемые деградированными элементами ландшафта. С помощью рассчитанных значений  $K_{эсл}$ , оценку устойчивости ландшафта можно производить по следующей шкале: нестабильный, с ярко выраженной нестабильностью ( $K_{эсл} \leq 0.50$ ); нестабильный ( $K_{эсл} = 0.51–1.00$ ); устойчиво стабильный ( $K_{эсл} = 1.01–3.00$ ); стабильный ( $K_{эсл} = 3.01–4.50$ ); стабильный, с ярко выраженной стабильностью ( $K_{эсл} \geq 4.50$ )[4].

Для оценки экологической устойчивости ландшафта можно также использовать коэффициент экологической устойчивости ( $K_{эу}$ ), учитывающий структуры биотических и абиотических элементов ландшафтов, их экологическую

значимость определяется по формуле[5]:  $K_{эу} = \frac{1}{F} \sum_{i=1}^n f_i \cdot K_{эз} \cdot K_{эм}$ , где  $F$  – площадь природных и техноприродных

систем (водосбора);  $f_i$  – площадь  $i$ -того уголья;  $K_{эз}$  – коэффициент, характеризующий экологическое значение отдельных биотехнических элементов,  $K_{эм}$  – коэффициент геолого-морфологической устойчивости рельефа (принимается равным 1.0 для стабильного и 0.70 – для нестабильного рельефа) [4]. Урбанизированные территории резко уменьшают экологическую стабильность водосбора, поэтому для них коэффициент стабильности принимается отрицательным и ориентировочно равным (– 1.00). С помощью полученного таким способом значения можно оценить устойчивость исследуемого ландшафта по следующей классификации: «нестабильная территория

( $K_{эу} \leq 0.33$ ); мало стабильная ( $K_{эу} = 0.34 - 0.50$ ); средне стабильная ( $K_{эу} = 0.51 - 0.66$ ); стабильная территория ( $K_{эу} \geq 0.66$ )» [4].

**Результаты исследования и обсуждения.** Выполненный анализ состояния сельскохозяйственных и мелиорированных земель в бассейне реки Шу показал, что в настоящее время наблюдается широкомасштабное развитие деградационных процессов, вследствие чего уменьшается объем сельскохозяйственной продукции и понижается экологическая устойчивость агроландшафтов [7-9]. Нами была поставлена задача оценить экологическую устойчивость территории водосборов бассейна реки Шу по коэффициентам  $K_{эсл}$  и  $K_{эу}$ . Для этого были определены площади всех земельных угодий исследуемых водосборов бассейна реки Шу и для каждой площади рассчитаны соответствующие коэффициенты (таблица 1).

Таблица 1 – Оценка экологической устойчивости территории водосборов бассейна реки Шу

Показатели		Площадь, тыс. га					
		Кыргызстан	Казахстан, Жамбылская область				
			Меркенский	Т. Рыскулов	Кордайский	Шуский	Мойынкумский
1		2	3	4	5	6	7
Пашня	$f_i$	-	92.31	160.42	113.27	118.49	-
	$K_{эз}$	-	0.14	0.14	0.14	0.14	-
	$K_{эу}$		12.92	22.45	15.86	16.59	-
Орошаемые земли	$f_i$	289.9	23.26	10.42	38.89	32.94	8.41
	$K_{эз}$	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	$K_{эу}$	144.95	11.63	5.21	19.45	26.19	4.21
Многолетние насаждения	$f_i$	7.34	1.63	0.20	1.16	0.35	0.31
	$K_{эз}$	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
	$K_{эу}$	3.16	0.70	0.09	0.50	0.15	0.13
Залежи	$f_i$	-	1.92	0.20	1.17	17.95	0.30
	$K_{эз}$	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
	$K_{эу}$	-	1.19	0.12	0.73	11.13	0.19
Сенокосы	$f_i$	86.2	7.93	19.77	11.73	5.50	58.38
	$K_{эз}$	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
	$K_{эу}$	58.62	5.39	13.44	7.98	3.74	39.70
Пастбища	$f_i$	1682.0	44.02	29.76	128.34	106.03	273.07
	$K_{эз}$	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
	$K_{эу}$	1143.8	29.93	20.23	87.27	72.10	185.69
Обводненные пастбища	$f_i$	-	464.40	597.16	318.94	457.29	1445.41
	$K_{эз}$	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
	$K_{эу}$	-	315.79	406.07	216.88	310.95	982.88
Сельскохозяйственные угодья		2065.4	633.84	817.75	612.34	738.20	1784.57
Общая площадь		3580.0	710.0	1050.0	897.3	1200.0	5040.0
$\sum_{i=1}^n f_i \cdot K_{эз} \cdot K_{эу}$		1350.5	377.55	447.38	348.67	440.85	1212.8
$K_{эу}$		0.377	0.531	0.426	0.388	0.367	0.240
$F_{нст}$		1514.6	76.16	232.25	284.96	461.8	3255.43
$K_{эсл}$		1.364	9.322	3.521	2.149	1.598	0.548
Степень экологической устойчивости	( $K_{эу}$ )	низкая	средняя	низкая	низкая	низкая	очень низкая
Степень экологической стабильности	( $K_{эсл}$ )	устойчиво стабильная	стабильная	стабильная	устойчиво стабильная	устойчиво стабильная	нестабильная

Из таблицы видно, что по степени экологической устойчивости ( $K_{эу}$ ) территория Меркенского района Жамбылской области Республики Казахстан относится к средней ( $K_{эу} = 0.531$ ), а районы Т. Рыскулова ( $K_{эу} = 0.426$ ), Кордайский ( $K_{эу} = 0.388$ ) и Шуйский районы ( $K_{эу} = 0.367$ ), а также территория Кыргызской Республики ( $K_{эу} = 0.377$ ) – низкой степени устойчивости, территория Мойынкумского района ( $K_{эу} = 0.240$ ) – очень низкой экологической устойчивости. При этом по степени экологической стабильности территории Меркенского района и района Т. Рыскулова Жамбылской области Республики Казахстан относятся к экологической стабильным, а Мойынкумский район – экологической нестабильным, Кордайский и Шуйский районы, а также территория Кыргызстана – экологической устойчиво стабильным.

Одним из важных показателей устойчивости ландшафтных комплексов является соотношение отдельных элементов территории водосборов.

Следует отметить, что в республике Кыргызстан доля сельскохозяйственных угодий составляет в бассейне реки Шу 58%, а в республике Казахстан 52%. Однако, в Кыргызстане пастбища занимают 80% от сельхозугодий и пашня отсутствует, а в республике Казахстан обводненные пастбища составляют около 72%, пашня 10,5%, то есть антропогенная нагрузка выше. Очень маленький процент в обеих республиках составляют многолетние насаждения, залежи и сенокосы не более 2-3%, которые являются экологическим каркасом. Несоблюдение соотношения биотических и абиотических элементов ландшафта определяет низкую степень экологической устойчивости. Практически для всех районов Жамбылской области Республики Казахстан и территории Кыргызстана, расположенных в бассейне реки Шу, требуется разработка мер по оптимизации их экологической инфраструктуры и проведению природоохранных мероприятий. Оптимизация экологической инфраструктуры водосборов бассейна реки Шу сводится к объединению различных типов агроэкосистем, урочищ и фаций в гомогенные по утилитарно-экологическим функциям группы: увеличение площадей экологического каркаса, восстановление естественных ценозов на пастбищах; улучшение видового состава растительности на сенокосах; формирование специальных мелиоративных севооборотов на орошаемых землях, включая многолетние и однолетние травы; увеличение доли многолетних насаждений.

Кроме того, требуется восстановление обводненности территории близко к естественному фону данного ландшафтного образования путем сохранения и поддержания природно-обусловленного уровня гидрогеохимического режима поверхностных и грунтовых вод.

**Заключение.** Таким образом, при рассмотрении условий оптимизации структуры ландшафтов в бассейне реки Шу интерес представляет соотношение площадей естественных и преобразованных экосистем. Согласно Реймерсу Н. Ф. экологическое равновесие наблюдается, когда процентное соотношение между естественных и преобразованных экосистем составляет 60:40 [10]. Поэтому оптимизация структуры сельскохозяйственных угодий ландшафтных систем водосбора бассейна реки Шу должна базироваться на эколого-ландшафтном подходе, включающем принципы зональности, адаптивности, экологической устойчивости, социально-экономической эффективности и целесообразности использования природно-ресурсных потенциалов региона.

#### Литература

1. Романова Э.П. Современные ландшафты Европы – Изд. МГУ, 1997 – С. 311
2. Голованов А.И., Кожанов Е.С., Сухарев Ю.И. Ландшафтоведение М.: «Колосс», 2005. - С. 215
3. Клементова Е., Гейниге В. Оценка экологической устойчивости сельскохозяйственных ландшафтов // Мелиорация и водное хозяйство. - 1995.- №5. - С. 33-34.
4. Агроэкология: методология, технология, экономика. - М.: Колосс, 2004. - 400 с.
5. Глазовский М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. - М., 1997. – 102 с.
6. Кирейчева Л.В., Козыкеева А.Т., Даулетбай С.Д. Оценка антропогенной нагрузки в бассейне реки Шу // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). - Москва. - 2014.- №8. Ч. 5. - С. 72-75.
7. Козыкеева А.Т., Иванова Н.И., Койбагарова К.Б., Даулетбай С.Д. Оценка техногенной нагрузки на водосборный бассейн трансграничной реки Шу // Материалы международной научно-практической конференции «Техносферная безопасность: наука и практика». – Бишкек, 2015. - С. 93-95.
8. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаев К.Ж., Даулетбай С.Д. Моделирование функционирования водосборов бассейна реки Шу при комплексном обустройстве // Гидрометеорология и экология. - 2014. - №2. - С.111-122.
9. Козыкеева А.Т., Даулетбай С.Д. Оценка антропогенной нагрузки на водосборную территорию трансграничного бассейна рек Шу // Труды международной научно-практической конференций «Ауезовские чтения-13: «Нұрлы жол»-стратегический шаг на пути индустриально-инновационного и социально-экономического развития страны.- Шымкент, 2015. – С. 57–62.
10. Реймерс Н.Ф. Природопользование. - М.: Мысль, 1990. – 637 с.

#### References

1. Romanova Je.P. Sovremennye landshafty Evropy – Izd. MGU, 1997 –S. 311
2. Golovanov A.I., Kozhanov E.S., Suharev Ju.I. Landshaftovedenie M.: «Koloss», 2005. - S. 215
3. Klementova E., Gejnige V. Ocenka jekologicheskoj ustojchivosti sel'-skohozhajstvennyh landshaftov // Melioracija i vodnoe hozhajstvo. - 1995.- №5. - S. 33-34.
4. Agrojekologija: metodologija, tehnologija, jekonomika. - M.: Koloss, 2004. - 400 s.
5. Glazovskij M.A. Metodologicheskie osnovy ocenki jekologo-geohimi-cheskoj ustojchivosti pochv k tehnogennym vozdejstvijam. - M., 1997. - 102 s.

6. Kirejcheva L.V., Kozykeeva A.T., Dauletбай S.D. Ocenka antropogennoj nagruzki v bassejne reki Shu // Evrazijskij Sojuz Uchenyh (ESU). - Moskva. - 2014.- №8. Ch. 5. - S. 72-75.
7. Kozykeeva A.T., Ivanova N.I., Kojbagarova K.B., Dauletбай S.D. Ocenka tehnogennoj nagruzki na vodosbornyj bassejn transgranichnoj reki Shu // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Tehnosfernaja bezopasnost': nauka i praktika». – Bishkek, 2015. - S. 93-95.
8. Mustafaev Zh.S., Kozykeeva A.T., Mustafaev K.Zh., Dauletбай S.D. Modelirovanie funkcionirovaniya vodosborov bassejna reki Shu pri kompleksnom obustroystve // Gidrometeorologija i jekologija. - 2014. - №2. - S.111-122.
9. Kozykeeva A.T., Dauletбай S.D. Ocenka anorlogennoj nagruzki na vodosbornuju territoriju transgranichnogo bassejna rek Shu // Trudy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencij «Auezzovskie chtenija-13: «Nŷrly zhol»- strategicheskij shag na puti industrial'no-innovacionnogo i social'no-jekonomicheskogo razvitiya strany.- Shymkent, 2015. - S. 57-62.
10. Rejmers N.F. Prirodopol'zovanie. - M.: Mysl', 1990. - 637 s.

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

**Дашко Р.Э.<sup>1</sup>, Зайдуллина Л. М.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Доктор геолого-минералогических наук, <sup>2</sup>аспирант,

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

### **ФОРМИРОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СРЕДЫ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

**Аннотация**

*В статье приведены особенности верхней части инженерно-геологического разреза подземного пространства Санкт-Петербурга, где проложены трубы системы водоотведения с учетом факторов загрязнения грунтов и подземных вод различными органическими и неорганическими соединениями природного и техногенного генезиса. Особо выделена деятельность подземной микробиоты по отношению к конструкционным материалам (бетон и металлы).*

**Ключевые слова:** песчано-глинистые грунты, подземное пространство, загрязнение, подземные воды, микроорганизмы, конструкционные материалы, биокоррозия.

**Dashko R.E.<sup>1</sup>, Zaydullina L.M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>PhD in Geology and Mineralogy, <sup>2</sup>postgraduate student,

National Mineral Resources University «Mining»

### **FORMATION OF CORROSIVE ENVIRONMENT IN THE UPPER SECTION OF UNDERGROUND SPACE OF ST. PETERSBURG**

**Abstract**

*The article the features of the top of the engineering-geological section of the underground space of St. Petersburg, where the laid pipe water disposal system taking into account the factors of contamination of soils and groundwater with various organic and inorganic compounds of natural and anthropogenic origin are presented. The activities of the underground microbiota in relation to construction materials (concrete and metals) is highlighted.*

**Keywords:** sandy-clayey soils, underground space, contamination, underground water, microorganisms, construction materials, biocorrosion.

**С**овременные тенденции развития мегаполисов предполагают интенсивное освоение подземной среды с целью размещения коммуникаций различного назначения.

Подземное пространство Санкт-Петербурга представляет собой двухэтажное строение: фундамент и осадочный чехол. В разрезе последнего выделяют две толщи отложений – верхнюю и нижнюю.

В верхней толще подземного пространства Санкт-Петербурга были проложены системы водоотведения неглубокого заложения (обычно в зоне аэрации), водопроводные сети и теплоцентраль, а также канализационные коллекторы средней глубины заложения (60-70 годы XX века) [2].

Согласно архивным данным, в Санкт-Петербурге подземные трубопроводы начали укладывать еще при Петре I. Создавалась сеть водоотводных, укрепленных досками канав, проводимых вдоль улиц, в отдельных местах для стока воды прокладывались трубы.

В годы Первой мировой войны строились кирпичные и бетонные резервуары-коллекторы, бетонные трубы. Позже основным материалом для строительства канализационных труб служили чугун, сталь, керамика, имеющие различные сроки эксплуатации, не превышающие 50 лет. На сегодняшний день материал труб канализационных сетей и тоннельных коллекторов – в основном железобетон и бетон, реже черные металлы, при капитальном ремонте используются трубы из современных синтетических материалов. На основе постоянного контроля канализационных сетей, проводимого ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», определено, что 1200 км сетей находятся в неудовлетворительном состоянии и требуют незамедлительного ремонта, из них 130 км признаны находящимися в критическом состоянии, т.е. необходима их срочная замена.

Региональная канализационная система в Санкт-Петербурге, пройденная в 1935 г. в пределах исторического центра на Васильевском острове, представляет собой, в основном, трубопроводы неглубокого заложения ( $h \leq 3$  м), поэтому наибольший интерес для оценки эксплуатационной надежности инженерных коммуникаций представляют песчано-глинистые грунты верхней части разреза.

Обычно вмещающей средой систем водоотведения малой и средней глубины заложения служат относительно молодые четвертичные водонасыщенные песчано-глинистые отложения: техногенные грунты (tIV) – супеси и



суглинки с включением строительного мусора, болотные отложения (торфа (bIV)), озерно-морские (литориновые, l,m IV) разности, представленные в основном мелкозернистыми/пылеватыми песками, реже супесями и суглинками [7]. Озерно-морские отложения подстилают озерно-ледниковые (lgIII) разности – суглинки и глины с прослоями песка пылеватого, на отдельных участках на дневную поверхность выходит морена осташковского горизонта (gIII) (Рис.1).

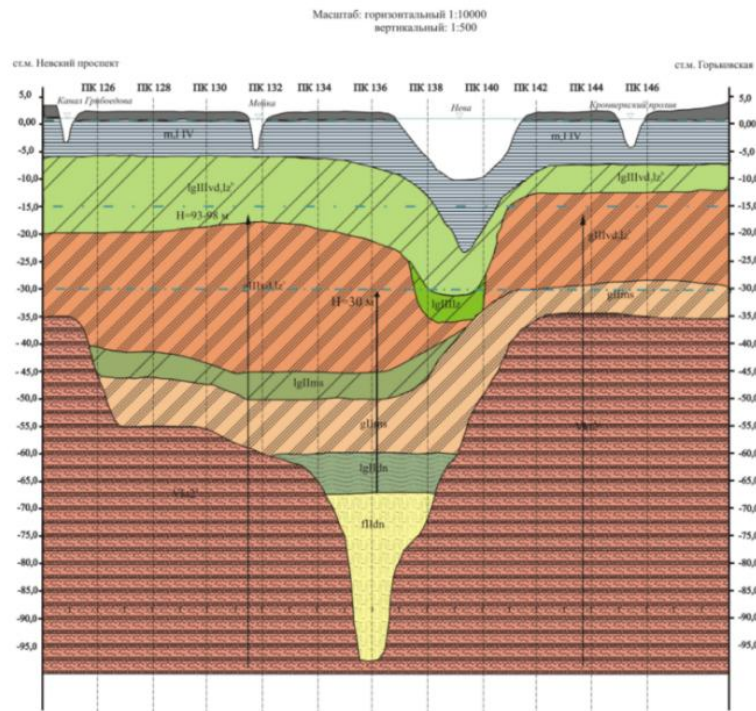


Рис. 1 – Схематический геолого-литологический разрез погребенной долины с элементами гидрогеологии [2]

В зависимости от глубины прокладки канализационных труб можно выделить несколько типовых разрезов (Рис.2): **а** - система пройдена в загрязненных техногенных грунтах, представленных песками и супесями с включением строительного мусора и органических остатков, подстилаемые озерно-морскими разностями, в верхней части которых присутствуют болотные отложения; **б** - трубопроводы заложены в озерно-морских водонасыщенных песках, перекрытых техногенными грунтами; **в** - инженерные коммуникации приурочены к озерно-морским песчано-глинистым отложениям, залегающим непосредственно под болотами.

Дисперсные грунты озерно-морского генезиса в историческом центре Санкт-Петербурга - водонасыщенные, слабые и неустойчивые разности, обогащены органическим веществом природного и техногенного генезиса и формируют высокую агрессивность подземной среды по отношению к материалам канализационных труб (бетон, железобетон, металлы и др.).

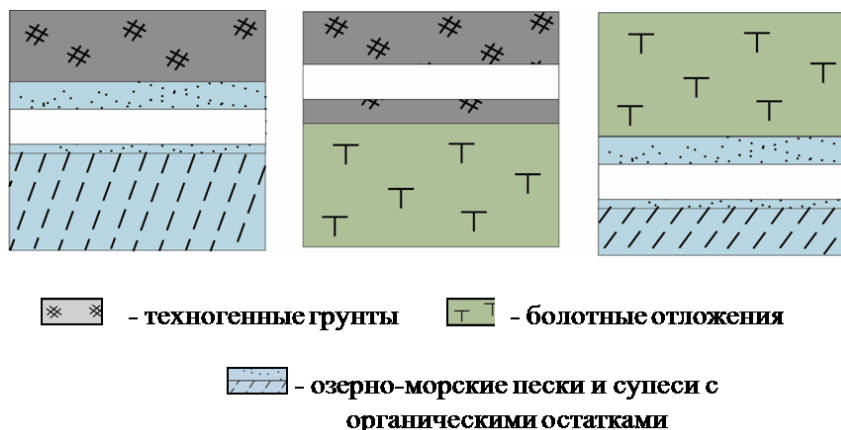


Рис. 2 – Типовые разрезы размещения канализационных труб в пределах исторического центра Санкт-Петербурга

Наибольшее значение для безопасного функционирования канализационных труб неглубокого заложения имеют подземные воды, прежде всего, грунтовый водоносный горизонт, поскольку его уровень залегает в пределах глубин от 0,1 до 3,5 м. Водоносный горизонт грунтовых вод на территории Санкт-Петербурга имеет региональное распространение, приурочен к грунтам техногенного генезиса (насыпным и намывным), современным отложениям болот, литориновым (озерно-морским) пескам и супесям, озерно-ледниковым разностям верхнечетвертичного возраста, а также развитым песчаным линзами лужской стадии оледенения. Относительным водоупором горизонта служат валунные суглинки лужской морены. Мощность водоносного горизонта может превышать 10 м и достигать 15–20 м [4].

На площади города водоносный горизонт повсеместно загрязнен за счет поступления контаминантов различной природы (жидкая фаза свалок, утечки из инженерных сетей, нефтяные углеводороды и др.). Минерализация воды на загрязненных территориях обычно более 1 г/дм<sup>3</sup>, в отдельных случаях может достигать 3-5 г/дм<sup>3</sup>. В химическом составе загрязненных грунтовых вод часто отмечается повышенное содержание хлоридов, сульфатов, аммония, органических компонентов, а также углекислоты, что необходимо учитывать при оценке их агрессивности по отношению к конструкционным материалам канализационных систем неглубокого заложения.

Кроме того, динамика формирования и изменения состава грунтовых вод и грунтов определяется не только хозяйственным освоением, но и природными факторами. Наличие болотных отложений в разрезе Санкт-Петербурга оказывает воздействие на подстилающие грунты, обогащая их органическими компонентами, а также микроорганизмами, которые могут генерировать газы: метан, азот, сероводород, водород, аммиак, диоксид углерода и др. Образование малорастворимых газов (метана и азота) создает условия для разуплотнения песчано-глинистых грунтов и перехода их в неустойчивое состояние. Растворимые газы (сероводород и CO<sub>2</sub>) формируют агрессивность водонасыщенной подземной среды по отношению к бетонам (только CO<sub>2</sub>) и черным металлам за счет подкисления вод.

Длительное загрязнение грунтовых вод и грунтов, присутствие природной органики в воде, а также поступление органических соединений техногенного генезиса способствует формированию анаэробных (восстановительных) условий в подземной среде, которые имеют большое значение для характера протекания электрохимической и биохимической коррозии. Следует отметить, что на большей части территории города величина Eh в грунтовых водах значительно ниже нуля и изменяется в широких пределах от -1 до -127 мВ (таб. 1).

Таблица 1 – Содержание некоторых компонентов в грунтовых водах островной части Санкт-Петербурга

Элементы	I	II	III	IV	V	VI
pH*	6,85-7,23	7,21-7,38	6,84-7,29	6,88-7,47	7,21-7,68	6,85-7,69
Eh, мВ*	(+68) – (- 55)	(-61)- (-93)	(+63)- (-105)	(-68)- (-107)	(+85)- (+17)	(-61)- (-127)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	1,4-25,2	2,3-4,0	1,8-33,0	1,9-2,7	2,4-5,0	1,5-9,8
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	24,6-65,7	16,0-41,1	16,0-164,4	8,0-57,5	22,0-123,3	13,8-657,6
Cl <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	39,0-709,6	42,5-60,4	35,4-857,9	35,4-226,9	32,0-71,2	28,7-531,0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	122,0-1384,5	463,6- 573,4	244,0-1723,0	183,0-427,0	97,6-488,1	158,6-1220,0
Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>	577,1-2484,5	895,2- 723,6	449,1-2780,4	418,4-897,8	361,2- 956,9	482,8-2725,5
Перманганатная окисляемость, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	24,7-112,2	25,6-112,0	13,2-80,0	16,6-64,0	14,8-80,0	19,0-144,0
CO <sub>2</sub> агр., мг/дм <sup>3</sup>	17,6-24,2	до 2,2	до 48,8	2,2-13,2	2,2-22,0	2,2-103,4
Нефтепро-дукты, мг/дм <sup>3</sup>	0,14	0,12-	0,04-0,92	0,12-0,26	0,07	0,08-0,91

Примечание: \*значения pH и Eh – по результатам измерений в полевых условиях. Острова: I – Адмиралтейский; II – Коломенский; III – Васильевский, IV – Заячий, V – Петроградский, VI – Безымянный.

Важное значение при оценке влияния грунтовых вод на безопасность функционирования инженерных коммуникаций имеет размещение коллектора в определенной влажностной зоне в зависимости от положения уровня грунтовых вод (Рис.3).

Необходимость изучения такого аспекта связана с многочисленными авариями инженерных сетей в историческом центре. Наличие дефектов в трубопроводах приводит к повреждению асфальта на проезжей части улиц, разрыву трубопроводов. При размещении канализационных трубопроводов ниже уровня грунтовых вод в зоне постоянной влажности варьирование положения зеркала подземных вод не вызывает опасность появления растягивающих напряжений в трубах, способствующих образованию микро-, а впоследствии и макротрещин. Загрязнение грунтовых вод может происходить только за счет диффузионных процессов. В случае, если труба размещается выше уровня грунтовых вод может наблюдаться поступление канализационных стоков в грунтовые воды и грунты, что способствует их загрязнению. При сезонном или техногенном подтоплении, наоборот, грунтовые воды поступают в систему канализации, увеличивая гидравлическую нагрузку на сооружения.

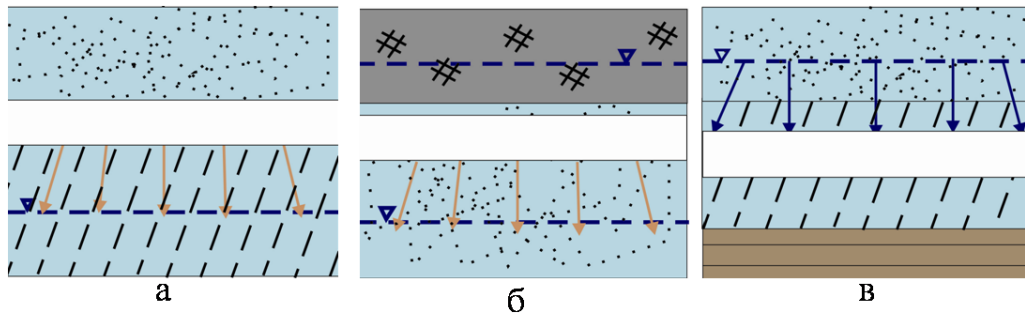


Рис. 3 – Схематические разрезы размещения канализационных трубопроводов в различных влажностных зонах:  
а – в зоне аэрации (выше минимального уровня); б – в зоне колебания уровня грунтовых вод;  
в – ниже уровня грунтовых вод.

Помимо анализа агрессивного действия подземных вод необходимо в обязательном порядке оценивать роль микробной компоненты. Микробиота участвует в формировании химического состава грунтовых вод, повышая их коррозионную способность не только за счет генерации газов, но и значительного увеличения содержания органических и неорганических кислот, снижая величину pH до 5–4, редко ниже. Кроме того, возрастает содержание органических соединений, определяемых по величине перманганатной и бихроматной окисляемости (ХПК) за счет роста белковых соединений, живых и мертвых клеток микроорганизмов.

По данным современных микробиологических исследований биокоррозия вызывается различными физиологическими группами, родами и видами микроорганизмов, в том числе бактериями, грибами (микромикетами), актиномицетами, микроводорослями, а также продуктами их метаболизма, которые рассматриваются как основные агенты биохимического процесса.

В зависимости от окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных условий возбудителями биокоррозии могут быть аэробные, анаэробные или факультативные формы микроорганизмов.

Особенно активно биокоррозия конструкционных материалов проявляется в анаэробной среде, что весьма актуально при рассмотрении устойчивости конструкционных материалов в подземной среде Санкт-Петербурга.

Исследованиями российских и зарубежных ученых установлено, что скорость развития биокоррозии может в 10 000 раз превышать скорость протекания химической коррозии и приводит к преждевременному разрушению и выходу из строя инженерных коммуникаций. Таким образом, микроорганизмы оказывают существенное влияние на характер протекания электрохимической коррозии (Рис.4).

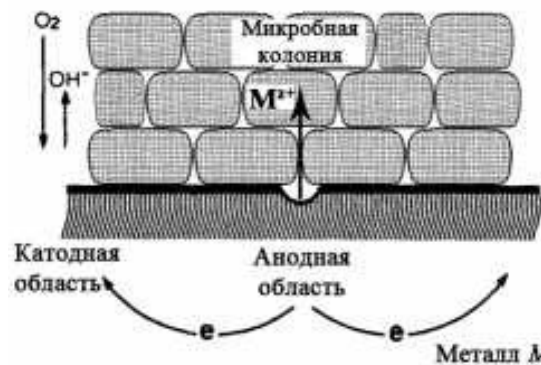
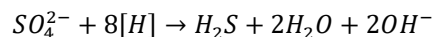


Рис. 4 – Упрощенная схема микробной коррозии металлов [9]

По результатам микробиологических исследований в болотных отложениях отмечается зональность распределения микроорганизмов в зависимости от окислительно-восстановительных условий: от аэробных к глубокоанаэробным.

Наибольшее распространение в подземном пространстве Санкт-Петербурга получили факультативные и анаэробные формы микроорганизмов, среди которых выделяют денитрифицирующие, сульфатредуцирующие и аммонифицирующие бактерии [5].

Среди анаэробных форм микроорганизмов наиболее опасны по отношению к строительным материалам сульфатредуцирующие бактерии, восстанавливающие сульфаты до  $H_2S$ , который агрессивен по отношению к бетонам и металлам:



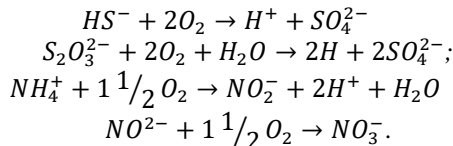
Сульфатредуцирующие бактерии способны ускорять ход электрохимических процессов металлов в несколько раз. Сероводород, продуцируемый сульфатредуцирующими бактериями, усиливает агрессивность среды и скорость коррозии в форме питтингов и утоньшения толщины металлических конструкций либо стенок трубопроводов.

Попадая в поры бетона, сероводород нейтрализует гидроксид кальция, а затем вступает во взаимодействие с кристаллогидратами цементных минералов с образованием кальциевых солей различной растворимости [6]. Наряду с сульфатредуцирующими бактериями агрессивное воздействие на подземные конструкции оказывают анаэробные уролитические бактерии, широко распространенные в канализационных стоках. В таких условиях устойчивость

бетонов снижается за счет генерации растворимой соли  $CaSO_4(NH_4)_2SO_4 \cdot 3H_2O$ , которая либо вымывается из бетона или кристаллизуется при высоких концентрациях, предопределяя развитие кристаллизационного давления.

В условиях загрязнения подземной среды канализационными стоками и хозяйственно-бытовыми отходами коррозионное воздействие на бетоны могут оказывать аммонифицирующие бактерии, перерабатывающие белки с последующим образованием аминокислот, которые в дальнейшем разлагаются с образованием аммиака (при  $pH > 11-12$ ).

В аэробной среде для металлических конструкций и бетонов наиболее опасны тионовые и нитрифицирующие бактерии, деятельность которых определяется продуцированием ими сильных минеральных кислот — серной и азотной (или азотистой), соответственно:



Для металлических конструкций опасны значения  $pH \leq 4$ , в бетонах под действием азотной кислоты наблюдается вынос гидроксида кальция  $Ca(OH)_2$ , а в присутствии серной кислоты — образование гидросульфалюмината кальция — этtringита («цементной бациллы»), что приводит к дезинтеграции бетонной конструкции.

Железоокисляющие бактерии, развивающиеся в аэробной среде, способны окислять двухвалентное железо до  $Fe^{3+}$ , которое, после вторичных реакций, превращается в ржавчину. Создаются неравномерно аэрируемые области на поверхности металла, вследствие чего возникает электрохимическая коррозия, где анодом представлены участки коррозии с бактериальной массой, а катодом — «чистые», хорошо аэрируемые участки. В конечном итоге образуются каверны («питтинги»), что особо актуально при эксплуатации подземных трубопроводов [6].

Физиологические группы бактерий, агрессивные по отношению к бетонным и металлическим конструкциям, могут функционировать в широком диапазоне кислотно-щелочных, окислительно-восстановительных и температурных условий (таб. 2). Особо опасными для бетонов являются силикатные бактерии, разрушающие основные цементные минералы.

Значительное место в биокоррозионных процессах занимают микромицеты, которые имеют превосходную адаптационную способность к окружающим условиям. Для них характерна широкая амплитуда изменчивости и различные мутации, приспособление к экстремальным условиям среды [1].

Таблица 2 – Жизнедеятельность некоторых бактерий в различных условиях эксплуатации конструкций [8]

Бактерии	Условия жизнедеятельности		Продукты жизнедеятельности	Среда обитания	Объекты коррозии
	pH	T, °C			
Тионовые	2-9	18-37	Серная кислота	Аэробная	Металлические конструкции, бетоны, строительные растворы
Нитрифицирующие	5,5-8,2	4-60	Азотная, азотистая кислоты и их соли		
Сульфатредуцирующие	5-9	2-65	Сероводород, сульфиды	Анаэробная	

Результаты обследования подземных коммуникаций, эксплуатируемых в центральной части города, подтверждают тот факт, что прогрессирующее разрушение бетонов, железобетонов и чугунов происходит в результате воздействия загрязненных и минерализованных подземных вод в условиях высокой микробной пораженности водонасыщенных грунтов [2, 3, 6, 7]. О характере этого разрушения можно судить по результатам анализа химического состава водных вытяжек, приготовленных из проб разрушенных конструктивных материалов и натечных форм (высолов, наростов, сталактитов и др.), образующихся на поверхности конструкции в результате выноса продуктов коррозии при подтоке фильтрующихся подземных вод (фото 1).



Фото 1 – Наросты и выносы с ржавым мокрым налетом (а); сталактит на ребре жесткости в тоннельных конструкциях (б)

Таким образом, коррозия, связанная с физико-химической активностью грунтов и деятельностью микроорганизмов, представляет особый интерес в современной практике проектирования, строительства и эксплуатации инженерных сооружений. Изучение коррозионной активности среды должно основываться на лабораторных и полевых исследованиях всех составляющих ее компонентов, что позволит избежать аварийных и предаварийных ситуаций, связанных с коррозионным повреждением строительных конструкций.

Общие нормативные требования по защите от коррозии бетонных, железобетонных и металлических конструкций содержатся в СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии». В РВСН 20-01-2006 «Защита строительных конструкций зданий и сооружений от агрессивных химических и биологических воздействий окружающей среды» даны рекомендации по предупреждению и ликвидации последствий биоповреждений строительных конструкций для условий подземного пространства Санкт-Петербурга [8].

#### Литература

1. Вернигорова В.Н., Королев Е.В., Еремкин А.И., Соколова Ю.А. Коррозия строительных материалов. Монография. - М.: Издательство «Палеотип», 2007. - 176 с.
2. Дашко Р.Э., Александрова О.Ю., Котюков П.В., Шидловская А.В. Особенности инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга // Развитие городов и геотехническое строительство. - 2011. - №13. - с. 24-71.
3. Дашко Р.Э., Власов Д.Ю., Шидловская А.В. Геотехника и подземная микробиота: Институт «ПИ Георекострукция» - СПб, 2014. - 280 с.
4. Дашко Р.Э., Карпова Я.А. К вопросу комплексного подхода инженерно-геологического и геотехнического обеспечения и оценки условий строительства и эксплуатации зданий и сооружений в Санкт-Петербурге. Труды Международной конференции по геотехнике Технического Комитета 207 ISSMGE, 2014.Т.2. - с. 197-207.
5. Дашко Р. Э., Котюков П. В. Исследование биоагрессивности подземной среды Санкт-Петербурга по отношению к конструкционным материалам транспортных тоннелей и фундаментов. Записки Горного института. – СПб, 2007. - Т.172. - с. 217-220.
6. Дашко Р.Э., Перевошикова Н.А. Формирование биоагрессивности подземной среды и ее влияние на конструкционные материалы // Грунтоведение, №1, 2012. – СПб: «Центр генетического грунтоведения». с. 33-37.
7. Дашко Р.Э., Шидловская А.В., Котюков П.В. Анализ и оценка гидрогеологических условий при обеспечении безопасности строительства и эксплуатации подземных транспортных сооружений в Санкт-Петербурге // Материалы 2-й международной конференции ГЕОЛОГИЯ КРУПНЫХ ГОРОДОВ, Санкт-Петербург, 2012.с. 22-23.
8. Региональные временные строительные нормы. Защита строительных конструкций, зданий и сооружений от агрессивных химических и биологических воздействий окружающей среды. РВСН 20-01-2006. СПб: Стройиздат, 2006. - 50 с.
9. Hector A. Videla. Microbially induced corrosion: an updated overview // International biodeterioration & biodegradation, 48. - 2001. - P. 176-201.

#### References

1. Vernigorova V.N., Korolev E.V., Eremkin A.I., Sokolova Ju.A. Korrozija stroitel'nyh materialov. Monografija. - M.: Izdatel'stvo «Paleotip», 2007. - 176 s.
2. Dashko R.Je., Aleksandrova O.Ju., Kotjukov P.V., Shidlovskaja A.V. Osobennosti inzhenerno-geologicheskikh uslovij Sankt-Peterburga // Razvitie gorodov i geotekhnicheskoe stroitel'stvo. - 2011. - №13. - s. 24-71.
3. Dashko R.Je., Vlasov D.Ju., Shidlovskaja A.V. Geotekhnika i podzemnaja mikrobiota: Institut «PI Georekonstrukcija» - SPb, 2014. - 280 s.
4. Dashko R.Je., Karpova Ja.A. K voprosu kompleksnogo podhoda inzhenerno-geologicheskogo i geotekhnicheskogo obespechenija i ocenki uslovij stroitel'stva i jekspluatacii zdaniy i sooruzhenij v Sankt-Peterburge. Trudy Mezhdunarodnoj konferencii po geotekhnike Tehnicheskogo Komiteta 207 ISSMGE, 2014. T.2. - s. 197-207.
5. Dashko R.Je., Kotjukov P.V. Issledovanie bioagressivnosti podzemnoj sredy Sankt-Peterburga po otnosheniju k konstrukcionnym materialam transportnyh tonnelej i fundamentov. Zapiski Gornogo instituta. – SPb, 2007. - T.172. - s. 217-220.
6. Dashko R.Je., Perevoshhikova N.A. Formirovanie bioagressivnosti podzemnoj sredy i ee vlijanie na konstrukcionnye materialy // Gruntovedenie, №1, 2012. – SPb: «Centr geneticheskogo gruntovedenija». s. 33-37.
7. Dashko R.Je., Shidlovskaja A.V., Kotjukov P.V. Analiz i ocenka gidrogeologicheskikh uslovij pri obespechenii bezopasnosti stroitel'stva i jekspluatacii podzemnyh transportnyh sooruzhenij v Sankt-Peterburge // Materialy 2-j mezhdunarodnoj konferencii GEOLOGIJA KRUPNYH GORODOV, Sankt-Peterburg, 2012. s. 22-23.
8. Regional'nye vremennye stroitel'nye normy. Zashhita stroitel'nyh konstrukcij, zdaniy i sooruzhenij ot agressivnyh himicheskikh i biologicheskikh vozdejstvij okruzhajushhej sredy. RVSН 20-01-2006. SPb: Strojizdat, 2006. - 50 s.
9. Hector A. Videla. Microbially induced corrosion: an updated overview // International biodeterioration & biodegradation, 48. - 2001. - P. 176-201.



## НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

Денисова Е.В.

Кандидат географических наук, Волгоградский государственный аграрный университет  
**ВЛИЯНИЕ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА НА РАЗВИТИЕ  
АГРАРНОГО СЕКТОРА ВОЛГОГРАДСКОГО РЕГИОНА**

*Аннотация*

*Рассмотрены вопросы формирования нормативно-правовой базы, регулирующей вопросы перевода земель сельскохозяйственного назначения в другие категории земель на примере аграрного региона. Предложен ряд мер по использованию и сохранению особо ценной категории земель.*

**Ключевые слова:** земли сельскохозяйственного назначения, использование земель, особо ценные угодья, перевод в другие категории земель.

Denisova E.V.

PhD in Geography, Volgograd state agricultural University

**THE IMPACT OF THE REGULATORY FRAMEWORK IN THE FIELD OF LAND MANAGEMENT ON THE  
DEVELOPMENT OF THE AGRICULTURAL SECTOR OF VOLGOGRAD REGION**

*Abstract*

*Deals with the formation of the normative-legal base regulating questions of transfer of agricultural lands into other categories of lands by the example of an agricultural region. A number of the measures on the use and preservation of especially valuable land category.*

**Keywords:** agricultural land, use of land, especially valuable land, other land category.

Развитие новых форм собственности на землю создают в современном обществе объективные условия для становления и развития земельного рынка. Однако независимо от форм собственности необходимо соблюдать такие условия использования земель, которые бы не повлекли за собой ухудшение и выбытие из активного оборота особо значимой для сельского хозяйства категории – земель сельскохозяйственного назначения.

Основная цель действующего Федерального закона «О переводе земель или земельных участков из одной категории в другую» ФЗ-172 – регулирование вопросов перевода земель. Однако, на самом деле, происходит бесконтрольный перевод земель сельскохозяйственного назначения в другие категории, с целью их дальнейшей продажи. Особенно острым и болезненным остается вопрос, касающийся перевода ценных продуктивных земель с соблюдением всех нормативно-правовых аспектов, касающихся этого вопроса и что не мало важно, достаточно всесторонних обоснований необходимости данного процесса.

В последнее время все более активно обсуждается законопроект, касающийся отмены деления на категории земель. У данного документа есть две стороны.

Согласно этому документу предлагается установить вид разрешенного использования земельных участков, который определит вид хозяйственной или иной деятельности, осуществляемой на конкретном земельном участке. Для каждого земельного участка предполагается установление одного или несколько видов разрешенного использования.

В целях создания условий для устойчивого развития муниципальных образований, сохранения окружающей среды и объектов культурного наследия документом предусматривается осуществление зонирования территорий муниципальных образований (за исключением лесного фонда, водного фонда, особо охраняемых природных территорий).

Рассмотрим, насколько остро данная проблема находит свое отражение на территории Городищенского района Волгоградской области.

Район является одним из районов, производящих сельскохозяйственную продукцию, так как обладает для этого значительными земельными ресурсами. Площадь земель сельскохозяйственного назначения в районе составляет 190 тыс. га, из них 128,8 тыс. га пашни.

Район граничит с пригородной зоной Волгограда и является стратегическим в сфере функционирования АПК, а особенно в сфере производства продукции растениеводства, которая в общем объеме реализации составляет 74,3%. Из всех предприятий района, более 50% являются предприятия перерабатывающими сельхозпродукцию.

От этой отрасли в значительной степени зависит формирование доходной части бюджета 18 сельских и городских поселений муниципального района [3].

Основу экономики Городищенского муниципального района во многом определяет развитие агропромышленного комплекса. Результаты работы промышленных предприятий района во многом зависят от ситуации, сложившейся в сельскохозяйственной отрасли.

Особое значение этот вопрос имеет для лучших, наиболее удобных земель в границах населенных пунктов и районного центра п. Городище Городищенского района. Вокруг этих земель разворачивается наиболее острое противостояние между аграриями и представителями строительного бизнеса. Именно представители строительного бизнеса и земельные спекулянты, уже скупившие наиболее ценные земли, хотят освободить их от излишнего, с их точки зрения, регулирования и контроля [5].

Ситуация с оборотом земельных участков сельскохозяйственного назначения в этом районе складывается довольно непростая. Из-за своего близкого расположения к г. Волгограду и потенциальным возможностям для развития инвестиционных площадок перевод земельных участков сельскохозяйственного назначения в другие категории земель происходит с целью:



- ✓ реализации крупных инвестиционных проектов, направленных на модернизацию предприятий;
- ✓ размещения транспортно-логистических центров;
- ✓ участия в федеральных целевых программах по переселению граждан из ветхого и аварийного жилья и развития застроенных территорий;
- ✓ развития сети заготовительных, снабженческо-сбытовых и перерабатывающих сельскохозяйственных потребительских кооперативов;
- ✓ реализации инвестиционных проектов по строительству современных животноводческих комплексов [4].

Таким образом, земельные участки сельскохозяйственного назначения под различными предложениями теряют свою уникальность и ценность, что приводит к изменению структуры земельного фонда и целостности агроландшафта. В условиях формирования рыночных отношений, земли сельскохозяйственного назначения всегда дешевле земель поселений или земель промышленности, однако упразднить категории земель, и тем самым упростить процедуру перевода их в другие категорически недопустимо.

В качестве мероприятий по рациональному использованию и сохранению земель особо ценной категории земель в данном районе и области в целом, предлагается:

1. Создать реестр особо ценных участков сельскохозяйственных угодий, а также участков, оказывающих влияние на формирование и развитие устойчивых агроландшафтов с невозможностью их перевода ни при каких условиях.
2. Своевременное проведение работ по мониторингу земель позволит выявить непригодные участки сельскохозяйственных угодий, проведение работ по восстановлению плодородия не возможно ввиду их полной деградации или природных особенностей.
3. Выявлять те участки, которые без проведения комплекса противоэрозионных работ повлекут за собой деградацию и утрату всего агроландшафта.
4. Формировать сельскохозяйственные зоны, с четким обозначением их площади, границ, где перевод земель сельскохозяйственного назначения в другие категории был бы невозможен.

#### Литература

1. Федеральный закон Российской Федерации от 21 декабря 2004 г. № 172-ФЗ «О переводе земель или земельных участков из одной категории в другую» (ред. от 31.12.2014 г.) [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – Режим доступа : <http://www.consultant.ru/popular/earth/>.
2. Проект Федерального закона № 587639-6 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты в части установления запрета на перевод земель сельскохозяйственного назначения в иные категории земель, а также на изменение вида их разрешенного использования» (ред. от 12.08.2014 г.) [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – Режим доступа : <http://www.consultant.ru/popular/earth/>
3. Инвестиционный паспорт Николаевского района [Электронный ресурс] // Сайт администрации Волгоградской области. – Режим доступа : [volganet.ru](http://volganet.ru)
4. Стратегия социально-экономического развития Городищенского муниципального района Волгоградской области до 2020 года [Электронный ресурс] // <http://www.agmr.ru>
5. [Электронный ресурс] // [www.kapital-rus.ru/articles/article/239025](http://www.kapital-rus.ru/articles/article/239025)

#### References

1. Federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii ot 21 dekabrya 2004 g. № 172-FZ «O perevode zemel' ili zemel'nyh uchastkov iz odnoj kategorii v druguju» (red. ot 31.12.2014 g.) [Jelektronnyj resurs] // Konsul'tant Pljus. – Rezhim dostupa : <http://www.consultant.ru/popular/earth/>.
2. Proekt Federal'nogo zakona № 587639-6 «O vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty v chasti ustanovlenija zapreta na perevod zemel' sel'skohozjajstvennogo naznachenija v innye kategorii zemel', a takzhe na izmenenie vida ih razreshennogo ispol'zovanija» (red. ot 12.08.2014 g.) [Jelektronnyj resurs] // Konsul'tant Pljus. – Rezhim dostupa : <http://www.consultant.ru/popular/earth/>
3. Investicionnyj pasport Nikolaevskogo rajona [Jelektronnyj resurs] // Sajt administracii Volgogradskoj oblasti. – Rezhim dostupa : [volganet.ru](http://volganet.ru)
4. Strategija social'no-jekonomicheskogo razvitija Gorodishenskogo municipal'nogo rajona Volgogradskoj oblasti do 2020 goda [Jelektronnyj resurs] // <http://www.agmr.ru>
5. [Jelektronnyj resurs] // [www.kapital-rus.ru/articles/article/239025](http://www.kapital-rus.ru/articles/article/239025)

Петраков Д.Г.<sup>1</sup>, Шагиахметов А.М.<sup>2</sup>, Рошин П.В.<sup>3</sup>, Литвин В.Т.<sup>2</sup><sup>1</sup>Доцент, кандидат технических наук, <sup>2</sup>аспирант, <sup>3</sup>кандидат технических наук,

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

**ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИХ СОСТАВОВ ОТ РАСКРЫТОСТИ ТРЕЩИНЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ИХ ТЕЧЕНИЯ НА РОТАЦИОННОМ ВИСКОЗИМЕТРЕ****Аннотация**

*В данной работе представлены результаты исследований реологических свойств полимерного состава в зависимости от раскрытости трещины при имитации данных условий на ротационном вискозиметре. Установлено, что уменьшение зазора при определенных условиях течения заставляет гель активно сшиваться и увеличивать напряжение сдвига. Таким образом, доказана возможность выборочного проникновения в трещины призабойной зоны продуктивного пласта при ремонтно-изоляционных работах на скважинах.*

**Ключевые слова:** ремонтно-изоляционные работы, гелеобразующий состав, реологические свойства, ограничение водопритока, капитальный ремонт скважин.

Petrakov D.G.<sup>1</sup>, Shagiakhmetov A.M.<sup>2</sup>, Roschin P.V.<sup>3</sup>, Litvin V.T.<sup>2</sup><sup>1</sup>Associate professor, PhD in Engineering, <sup>2</sup>postgraduate student, <sup>3</sup>PhD in Engineering,

National Mineral Resources University (University of Mines)

**THE RESEARCH OF THE DEPENDENCE OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF GELLING AGENT COMPOSITIONS FROM FRACTURE OPENING IN SIMULATION OF FLOW AT ROTATIONAL VISCOMETER****Abstract**

*There are some results of experimental investigations of polymeric composition rheological properties versus fracture opening during the deposit parameters modelling at the rotational viscometer. It has been established that decrease in the gap under certain conditions causes cross-linked gel actively and to increase the shear stress. In this way, it has been proven the possibility of selective penetration into the fractures of bottomhole formation zone producing formation in the water shutoff treatment on the wells.*

**Keywords:** water shutoff treatment, gel, rheological properties, water suppression, well workover.

Текущий период нефтедобычи в стране обусловлен ухудшением структуры запасов нефтяных месторождений, добавлением в разработку неоднородных коллекторов и резким переходом ведущих эксплуатационных объектов на заключительную стадию разработки, которая характеризуется высокой обводненностью добываемой продукции и малыми дебитами скважин по нефти. Для снижения повышенной обводненности продукции скважин зачастую производят ремонтно-изоляционные работы (РИР). Такой подход подразумевает закачку сшитых полимерных систем, либо обработку призабойной зоны пласта полимер-гелевыми системами [4,7]. Особенно актуальна данная проблема для трещинных коллекторов, которые зачастую представлены карбонатными породами. В таких коллекторах нефти и газа, в силу высокой проводимости, трещины служат, как правило, основными путями фильтрации пластовых флюидов, в то время как большая часть запасов углеводородов может быть сосредоточена в матрице с относительно низкой проницаемостью. Для трещиноватых коллекторов при разработке залежей нефти путем заводнения характерны опережающие прорывы закачиваемых или пластовых вод по системе трещин к добывающим скважинам. При этом нефть из них вытесняется весьма эффективно, и коэффициент может достигать значительных величин: 0,8–0,85. Опыт показывает, что из матрицы трещинно-поровых коллекторов нефть также вытесняется, однако коэффициент вытеснения сравнительно невелик – он не превышает значения 0,3 даже для гидрофильных коллекторов. Вытеснение нефти из трещинных коллекторов происходит под действием двух важнейших факторов: 1) неустановившиеся градиенты давления в системе матрица – трещины; 2) процесс капиллярной пропитки. При этом сама капиллярная пропитка происходит крайне медленно [1,8,9,10].

Одной из важнейших проблем в последние десятилетия было ограничение водопритока в скважины, дренирующие трещиноватый пласт, а также изоляция высокопроводящей единичной трещины, которая связывает добывающую скважину с нагнетательной или с водоносным горизонтом. Моментальное обводнение извлекаемого флюида происходит в результате прорыва пластовых и нагнетаемых вод по высокопроницаемым пластам и трещинам. В этих условиях важной задачей является сдерживание дренирования вод в высокопроницаемой части и трещинах пласта-коллектора. Одним из основных методов в середине прошлого столетия являлось полимерное заводнение. Данный способ, благодаря свойству полимеров увеличивать вязкость воды, способствует снижению отношения подвижности воды и нефти, тем самым снимая возможность прорыва воды, обусловленной неоднородностью пласта. Для данного мероприятия необходимо закачивать в пласт значительное количество композиции, поэтому этот метод не прижился при ограничении водопритока в скважины. Ввиду данного фактора популярность при снижении движения воды по трещинам и высокопроницаемым пропласткам приобрели технологии с применением малообъемных закачек (оторочек), приводящим к созданию водоизоляционного экрана в призабойной зоне добывающих скважин. Для мероприятий по ограничению водопритока через нагнетательные скважины используют более дешевые и доступные реагенты [2,3,5].

Однако поведение ПГС в пластовых условиях изучено слабо, ввиду того, что до недавнего времени невозможно было проводить эксперименты в условиях, приближенных к пластовым. Появление современных ротационных вискозиметров позволяет моделировать движение геля в трещинах за счет регулирования зазора в измерительной системе (например, «плита-плита»).

В лаборатории повышения нефтеотдачи Горного университета с целью изучения поведения полимерных систем в трещинах различной раскрытости были проведены исследования по определению зависимости реологических свойств полимеров от вероятной раскрытости изолируемой трещины.

Для изучения были взяты 2 образца ПГС с предполагаемой различной вязкостью. Для приготовления гелеобразующей композиции №1 смешивались следующие реагенты: полимер карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ-500), сшиватель ацетат хрома и катализатор (загуститель) сульфат меди. Все компоненты являются экологически чистыми и безвредными продуктами. Данный состав рекомендуется при ограничении водопритока в трещинах. Для уменьшения движения вод в высокопроницаемых пропластках предлагается гелеобразующая композиция, состоящая из КМЦ-500, ацетата хрома и ацетата натрия, который значительно снижает вязкость состава после приготовления, но при гелировании не снижает прочностных характеристик композиции.

Для проведения исследования был использован реометр Anton Paar MCR 102, отличающийся высокой точностью при изучении свойств различных жидкостей. Устройство прибора детально описано в работах [6,11]. На данной установке имеется возможность изменения зазора в системе «плита – плита» для имитирования течения жидкости в трещине с раскрытостью до 1 мм. В данном случае такая возможность была использована для изучения поведения гелеобразующего состава в трещинах пласта различной раскрытости.

Эксперимент проводился следующим образом. На плиту дозатором помещался образец гелеобразующего состава, устанавливался определенный зазор и пластовая температура 25°C. Далее в течение 2 минут скорость сдвига линейно увеличивалась от 0 до 100 с<sup>-1</sup>, имитируя движение геля по трещине. В ходе эксперимента с образцами геля №1 и №2 устанавливались следующие зазоры: 1; 0,8; 0,6 и 0,5 мм.

На рисунке 1 представлены графики зависимостей напряжения сдвига геля №1 от времени при увеличении скорости сдвига от 0 до 100 с<sup>-1</sup>.

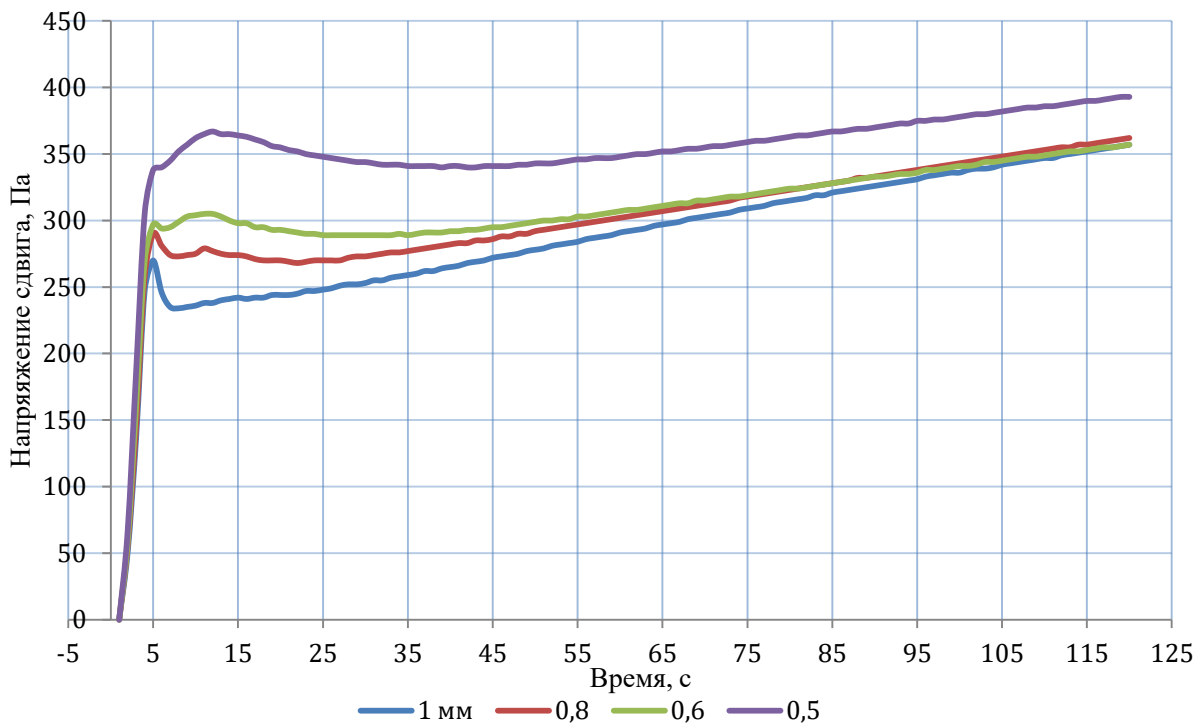


Рис. 1 – Зависимость напряжения сдвига от времени гелеобразующей композиции №1 при линейном увеличении скорости сдвига от 0 до 100 с<sup>-1</sup>

На представленном графике хорошо видно влияние установленного зазора на реологические свойства гелеобразующего состава. Это возможно объяснить следующим образом. Во-первых, воздействие на гелеобразующий состав происходит с различными массами, меняющимися при изменении зазора. Например, масса геля, заключенного в пространстве между неподвижной плитой и плитой ротора в зазоре 0,5 мм будет меньше, чем масса геля в зазоре 1 мм. Поэтому передача механической энергии от вискозиметра к образцу геля будет происходить одним и тем же образом, однако соотношение переданной энергии к массе образца будет существенно различаться. Уменьшение зазора с 1 мм до 0,5 мм увеличивает в 2 раза энергию, передаваемую единице массы геля, используемого для эксперимента. Во-вторых, при указанных скоростях сдвига вероятно преобразование механической энергии в тепловую, которая позволяет создавать в гелеобразующем составе дополнительные химические связи. Именно за счет таких эффектов возможно обосновать дополнительный параметр селективности состава, который проявляется в упрочнении геля в мелких трещинах и порах, и дальнейшему его движению по крупным высокопроницаемым каналам, что позволяет гелеобразующей композиции проникать как можно глубже в обрабатываемый участок пласта и изолировать крупные высокопроницаемые каналы. За счет этого возможна некоторая экономия реагента, так как в основном будут изолированы именно крупные трещины, являющиеся каналами фильтрации для воды.

Также по методике, приведенной выше, был исследован менее вязкий гелеобразующий состав №2.

На рисунке 2 представлена зависимость напряжения сдвига от времени гелеобразующей композиции №2 при постепенном линейном увеличении скорости сдвига.

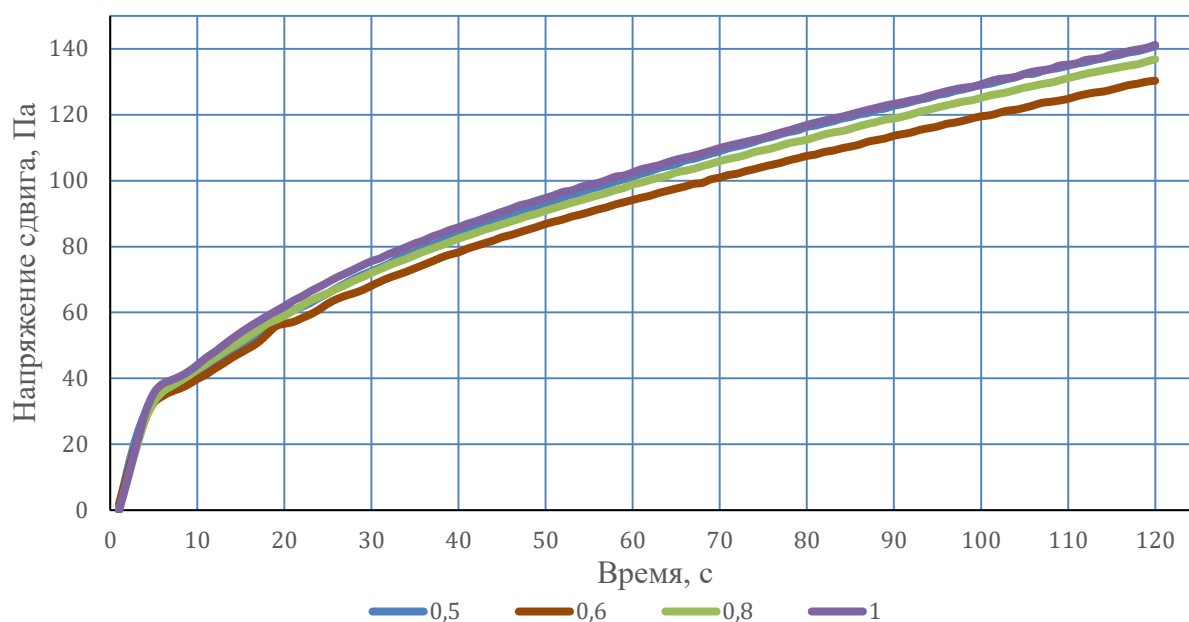


Рис. 2 – Зависимость напряжения сдвига от времени гелеобразующей композиции №2 при линейном увеличении скорости сдвига от 0 до 100 с<sup>-1</sup>

На основании выполненных исследований возможно сделать следующие выводы:

1. Установлена зависимость реологических свойств гелеобразующих составов от раскрытости трещины при моделировании их течения на ротационном вискозиметре. При этом выявлены явления, которые могут играть положительную роль при выполнении операции по водоизоляционным работам в скважинах, вскрывших нефтяные или газовые пласты.

2. Сделан вывод о возможности использования особенностей реологических свойств гелеобразующих составов для повышения эффективности использования технологий водоизоляции добывающих скважин, либо выравнивания профиля приемистости нагнетательных.

#### Литература

1. Балакин В. В., Власов С. А., Фомин А. В. Моделирование полимерного заводнения слоисто-неоднородного пласта // Нефтяное хозяйство. – 1998. – № 1. – С. 47-48.
2. Власов С.А., Краснопецева Н.В., Каган Я.М. и др. Новые перспективы полимерного заводнения в России. // Нефтяное хозяйство. – 1998. – № 5. – С. 46-49.
3. Никитин М. Н. Обоснование технологии повышения нефтеотдачи залежей высоковязких нефтей в трещинно-поровых коллекторах с применением гелеобразующего состава на основе силиката натрия : дис. канд. техн. наук. – СПб., 2012. – 181 с.
4. Никитин М. Н., Петухов А. В. Гелеобразующий состав на основе силиката натрия для ограничения водопритока в сложнопостроенных трещинных коллекторах // Нефтегазовое дело. – 2011. – № 5. – С. 143-154.
5. Петров Н.А. Ограничение притока воды в скважинах / Н.А. Петров, А.В. Коренько, Ф.Н. Янгиров, А.И. Есипенко. – М.: ВНИИОЭНГ, 1995. – 65 с.
6. Рощин П.В. Обоснование комплексной технологии обработки призабойной зоны пласта на залежах высоковязких нефтей с трещинно-поровыми коллекторами: дис. канд. техн. наук. – СПб., 2014. – 112 с.
7. Стрижнев К.В. Ремонтно-изоляционные работы в скважинах: Теория и практика / К.В. Стрижнев. – СПб.: «Недра», 2010. – 560 с.
8. Стрижнев К. В., Стрижнев В. А. Выбор тампонажного материала для обоснования технологии ремонтно-изоляционных работ // Нефтяное хозяйство. – 2006. – № 9. – С. 108-111.
9. Сургучев М.Л., Кеманов В.И., Гавура Н.В. и др. Извлечение нефти из карбонатных коллекторов. М.: Недра, 1987. – 230с.
10. Lencenkov N. S. Eksperimental'nye issledovania po ocenke effektivnosti sostava "Belitkom" dla ogranicenia vodopritokov k neftnyam skvazinam // Wiertnictwo, Nafta, Gaz. – 2008. – Т. 25. – С. 433-440.
11. Roschin P.V., Zinoviev A.M., Struchkov I.A., Kalinin E.S., Dziwornu C.K. Solvent selection based on the study of the rheological properties of oil. Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 6-1 (37). – С. 120-122.

#### References

1. Balakin V. V., Vlasov S. A., Fomin A. V. Modelirovanie polimernogo zavodnenija sloisto-neodnorodnogo plasta // Neftjanoe hozjajstvo. – 1998. – № 1. – S. 47-48.
2. Vlasov S.A., Krasnopenceva N.V., Kagan Ja.M. i dr. Novye perspektivy polimernogo zavodnenija v Rossii. // Neftjanoe hozjajstvo. – 1998. – № 5. – S. 46-49.
3. Nikitin M. N. Obosnovanie tehnologii povyshenija nefteotdachi zalezhej vysokovjazkich neftej v treshhinno-porovyh kolektorah s primeneniem geleobrazujushhego sostava na osnove silikata natrija : dis. kand. tehn. nauk. – SPb., 2012. – 112 s.
4. Nikitin M. N., Petuhov A. V. Geleobrazujushhij sostav na osnove silikata natrija dlja ogranicenija vodopritoka v slozhnopostroennyh treshhinnyh kolektorah // Neftegazovoe delo. – 2011. – № 5. – S. 143-154.

5. Petrov N.A. Ogranichenie pritoka vody v skvazhinah / N.A. Petrov, A.V. Korenjako, F.N. Jangirov, A.I. Esipenko. – M.: VNIIOJeNG, 1995. – 65 s.
6. Roshhin P.V. Obosnovanie kompleksnoj tehnologii obrabotki prizabojnoj zony plasta na zalezah vysokovjazkih neftej s treshhinno-porovymi kollektorami: dis. kand. tehn. nauk. – SPb., 2014. – 112 s.
7. Strizhnev K.V. Remontno-izoljacionnye raboty v skvazhinah: Teorija i praktika / K.V. Strizhnev. – SPb.: «Nedra», 2010. – 560 s.
8. Strizhnev K. V., Strizhnev V. A. Vybora tamponazhnogo materiala dlja obosnovanija tehnologii remontno-izoljacionnyh rabot // Neftjanoe hozjajstvo. – 2006. – № 9. – S. 108-111.
9. Surguchev M.L., Kemanov V.I., Gavura N.V. i dr. Izvlechenie nefti iz karbonatnyh kollektorov. M.: Nedra, 1987. – 230s.
10. Lencenkov N. S. Eksperimental'nye issledovaniya po ocenke effektivnosti sostava "Belitkom" dla ogranichenia vodopritokov k neftanym skvazhinam // Wiertnictwo, Nafta, Gaz. – 2008. – T. 25. – S. 433-440.
11. Roschin P.V., Zinoviev A.M., Struchkov I.A., Kalinin E.S., Dziwornu C.K. Solvent selection based on the study of the rheological properties of oil. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2015. – № 6-1 (37). – S. 120-122.

Сивоконь Ю.В.<sup>1</sup>, Лошаков А.В.<sup>2</sup>, Шевченко Д.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Кандидат географических наук, <sup>2</sup>кандидат сельскохозяйственных наук, <sup>3</sup>кандидат сельскохозяйственных наук, Ставропольский государственный аграрный университет

### ПРОБЛЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ ФАЦИЙ ГОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКОЙ РЕСПУБЛИКИ

*Аннотация*

*Рассмотрены особенности применения геохимического подхода в изучении взаимодействия компонентов фаций, их основных видов в пределах горных ландшафтов. Сформулирован и обоснован понятийный аппарат, касающийся геохимических закономерностей взаимосвязей фациальных образований.*

**Ключевые слова:** горный ландшафт, фация, геохимические условия, межкомпонентные связи.

Sivokon Yu.V.<sup>1</sup>, Loshakov A.V.<sup>2</sup>, Shevchenko D.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PhD in Geography, <sup>2</sup>PhD in Agriculture, <sup>3</sup>PhD in Agriculture, Stavropol State Agrarian University

### PROBLEMS OF INTERACTION BETWEEN COMPONENTS FACIES OF MOUNTAIN LANDSCAPES KARACHAY-CHERKESS REPUBLIC

*Abstract*

*The features of the application of geochemical approach to the study of the interaction of components facies, their main species in mountain landscapes. Formulate and justify the conceptual apparatus relating to the laws of geochemical facies relationships formations.*

**Keywords:** mountains, facies and geochemical conditions, Interconnects connection.

The landscape is a complex natural formation consisting of a plurality of components, combined into one real-power communications and information. Systemically important role in the landscape play a certain correlation and dependency when interacting components mutually influence each other [4]. Carrying out geochemical studies of such relationships, the study of their dynamics, allow us to predict any changes in the functioning of natural systems, as well as stability to external influences. This study is relevant because in the strategy of innovative development of the Russian Federation for the period up to 2020 a lot of attention paid to environmental performance [1]. A particularly important role is played by mountain landscapes which have a low degree of self-organization and particularly sensitive to human disturbance [8].

The most expedient to study the interaction of the components at the level facies, is the smallest morphological landscape units, with the closest relationship between the components of different levels of organization of matter (bioinert, abiotic and biotic). The integrity of the facial Geosystems provides sufficient internal migration close ties. This narrowness of these bonds are more stable than between adjacent facies geosystems [9; 2].

Facies approach allows us to study the structure-states (in this case, linear and geosystem), reflecting the geochemical characteristics of natural conditions. The device facies are most conveniently studied on the example of models: linear and geosystem (integral) (Fig. 1).

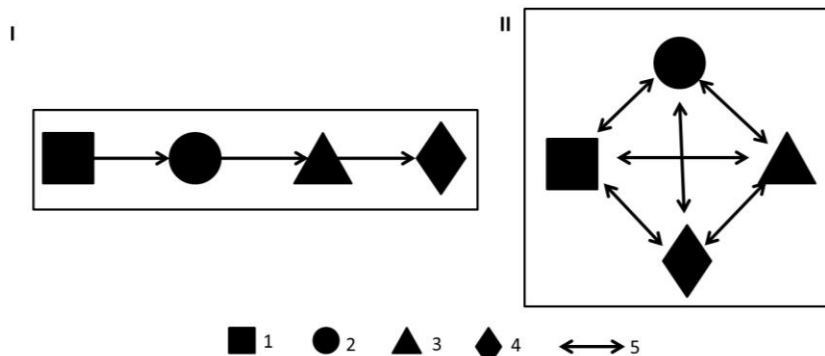


Fig. 1 – Facies models [5]: I – linear; II – geosystem;  
1,2,3 – abiotic components; 4 – biotic (biological) components; 5 – communication interconnects

These models, having a similarity set of elements and relationships are significantly different intra-oriented relations.

Empirical research phase interconnect bonds held within the framework of the Western Caucasus, on the territory of the Republic of Karachay-Cherkessia, within two landscapes - Gondarayskiy and Aksko-Dzhalpakkolskiy, which were formed in the river valleys.

Specificity geochemical conditions was studied using a linear model, reflecting the twin vertical connections between the components in the space of coherent geochemical facies in Chains rocks → soil (coefficient of radial differentiation  $C_{rd}$ ); soil → plants (coefficient of biological absorption  $C_b$ ) [6]; plant → insect herbivores (coefficient of discrimination  $C_d$ ) [3].

As an example, Figure 2 shows the linear model of redistribution of elements in facies of pine forests on the mountain-forest brown soils slope trough valleys, folded colluvium (Fig. 2).

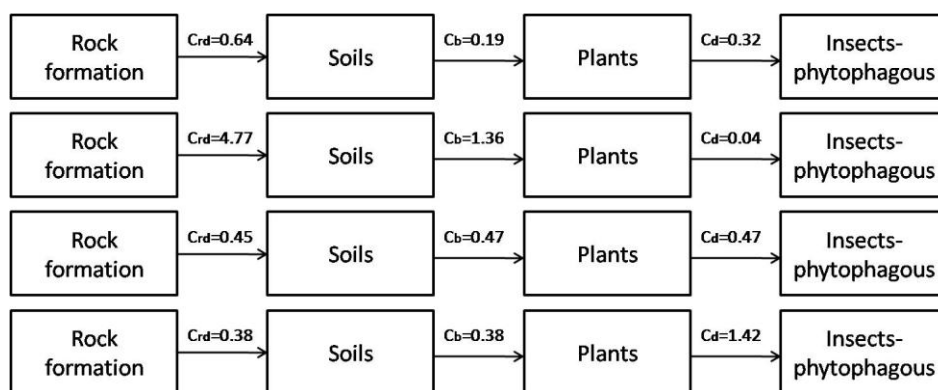


Fig. 2 – The coefficients of serial distribution of paired relationships of components in the facies of the Gondarayskiy's landscape of pine forests

This linear distribution ensures a particularly natural conditions and geochemical environment that is conducive to the migration of chemical elements in the spatial structure of facies, which allows to approach the understanding of such an important concept in the theory of landscape as geochemical conditions. Their features make it possible to understand how a geochemical facies and structure prevailing in her cause and effect relationships.

The facies Gondarayskiy's landscape of pine forests in the soil scattered component lead ( $C_{rd} = 0.64$ ), copper ( $C_{rd} = 0.45$ ), and zinc ( $C_{rd} = 0.34$ ) and intensively accumulate cadmium ( $C_{rd} = 4.77$ ). This trend continues with further movement of the geochemical chain, but the coefficients of biological absorption decreased in comparison with the coefficients of the radial differentiation of lead ( $C_b = 0.19$ ) and cadmium ( $C_b = 1.36$ ). By virtue of large concentrations in the soil, cadmium continues to accumulate in plants.

When migrating from a plant component in invertebrate organisms factors of discrimination such as cadmium cell are reduced, will remain the same from copper and lead have increased. Thus, these elements undergo seizure. Only the zinc begins to accumulate in invertebrate organisms in comparison with the plant components ( $C_d = 1.42$ ).

At the same time, patterns in the redistribution of elements can be identified by the example diagrams of geochemical facies of matter in space. These diagrams are constructed for example facies pine forests dominant forest belt studied landscape (Fig. 3).

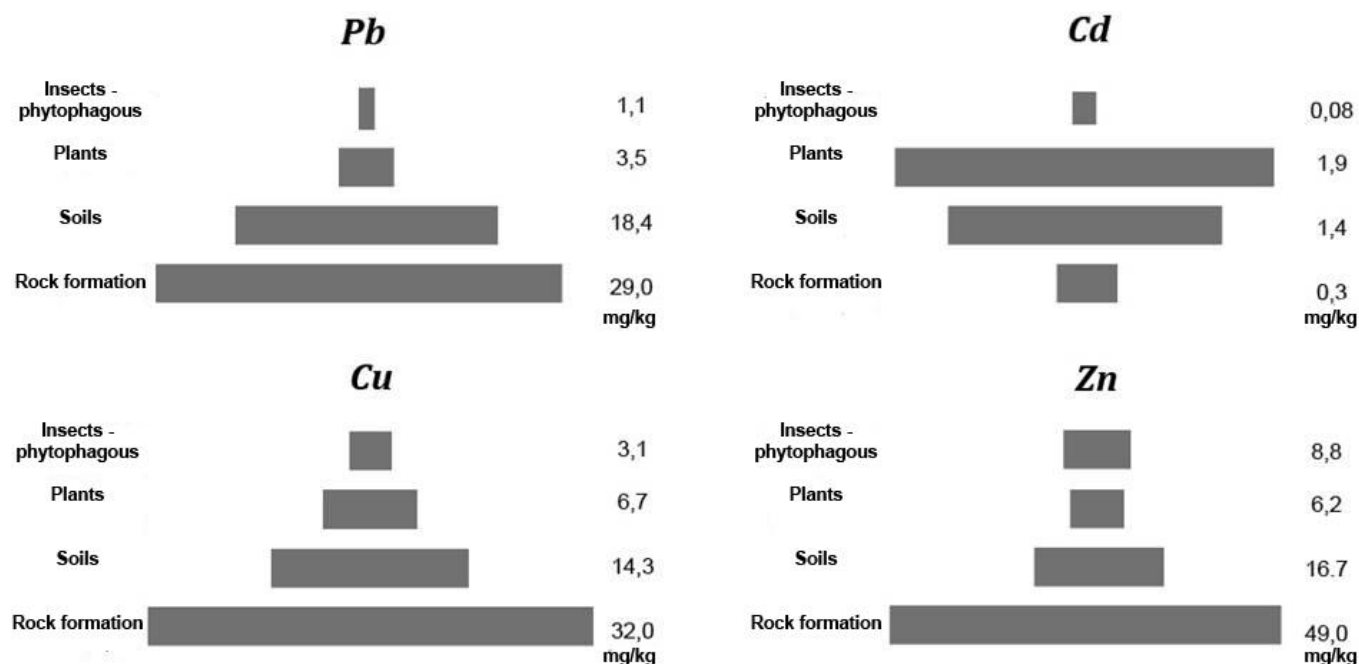


Fig. 3 – Geochemical diagrams redistribution of elements in the components facies pine forests dominant forest belt



Most often, the dependence becomes linear, with a gradual decrease in the concentration of elements in the gradual transition from their abiotic components to biotic (from simple to complex) and the transformation of the physical processes in biochemistry. At the same time, there are abnormalities associated with biogeochemical specialization plants or anthropogenic impact on the landscape. The pyramidal structure of the geochemical diagrams showing the redistribution of elements from the source rock to phytophages. Such a structure is consonant with the law of the pyramid energies R. Lindemann [7].

When using a multifactor model geosystem possible to carry out the correlation analysis, which determines the structure of the geochemical landscape as a condition resulting from multivariate relationships and ambiguous behavior of all components. Here we have to deal with multifactorial dependencies that characterize the sustainability of the facies and its natural conditions and, therefore, reflect the stability of the relationship, and that can not be traced with the help of only paired correlation coefficients. Multivariate correlation magnitude can vary from 0 to 1.

Multifactor correlation coefficients on the content of chemical elements in the components for different types of facies ( $C_{mf}$ ) and high-altitude zones are shown in Table 1 and Fig. 4.

Table 1 – Multiple correlation coefficients and stable relations of components and facies Gondarayskiy's and Aksko-Dzhalpakkolskiy's landscapes

$C_{mf}$ less than 0.15 (very weak correlation)	$C_{mf}$ from 0.15 to 0.30 (the weak link)	$C_{mf}$ more than 0.30 (average connection)	$C_{mf}$ more than 0.50 (significant association)
Subalpine meadows on alluvial fans facies ( $C_{mf} = 0.11$ )	Birch crooked in ecotone ( $C_{mf} = 0.16$ )	Fir forest facies ( $C_{mf} = 0.35$ )	Pine forest facies ( $C_{mf} = 0.59$ )
–	Alpine meadow facies on the moraine ( $C_{mf} = 0.18$ )	Pine forest in the ecotone facies ( $C_{mf} = 0.34$ )	–
–	Meadow forb-grass in the ecotone ( $C_{mf} = 0.30$ )	–	–

Indicators of multiple correlation interconnect links in the facies of mountain landscapes are relatively small and do not exceed 0.59, but they allow to follow certain patterns and peculiarities in the formation of geochemical conditions. Most weakened links between components in a sub-alpine vegetation facies ( $C_{mf} = 0.11$ ), due to the large number of external factors with adverse natural conditions for the development of biota. Low multi-factor correlation, and as a consequence, the least stable geochemical conditions observed in birch elfin facies in ecotone upper forest belt ( $C_{mf} = 0.16$ ), where there are avalanche. Low rates are also determined by the anthropogenic factor - being a long grazing.

The highest correlation coefficients of multi-facies observed in the forest: pine forest belt ecotone (0.34), spruce forests River valley bottoms. Gondaray (0.35) and pine forests (0.59) of the dominant forest belt. The vegetation of the facies a long time there in conditions of relative stability, which gives an indication of the relative stability established relationships.

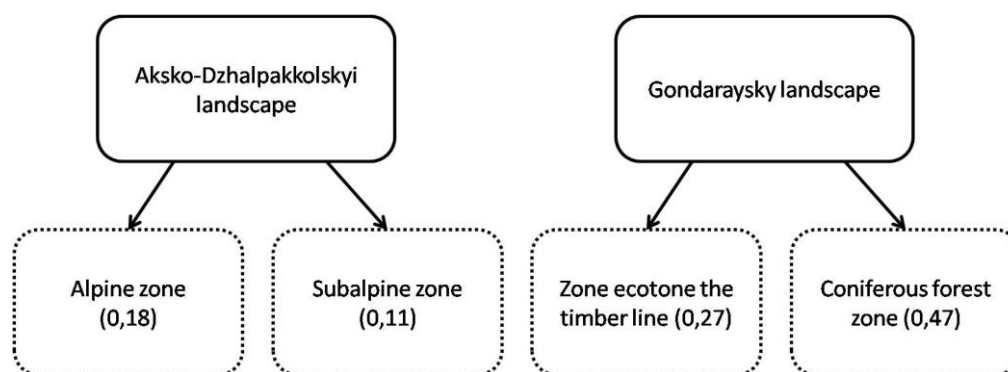


Fig. 4 – Driving ranking geobotanical zones largest multi-correlation coefficients

The calculation of multiple correlation coefficients and rankings were identified types of relationships components geobotanical zones based on multiple correlation coefficients which determine the stability of geochemical facies conditions:

- Unsustainable in the meadow geobotanical zones;
- Weak-stable in the belt ecotone top of the forest;
- Relatively stable and persistent in the belt of coniferous forests.

The study allowed to formulate some of the provisions of the conceptual apparatus relating geochemical patterns of relationships in the landscape. The data confirmed the possibility of release in the conceptual apparatus such thing as geochemical conditions, reflects the attitude of the components in the twin and multi-factor correlations.

Thus, as a result of the study, we identified the predominant types of linear and multivariate relationships. Linear connections in the vertical structure of the geochemical study of landscapes in different facies altitude zones reflect a causal relationship to the migration of elements on geochemical Chains accumulative-gripping, accumulative accumulative and dissipating-gripping.

Identified multiple correlation coefficients in our opinion reflects the stability of the multiple connections of several components in the ecosystems, and their size were identified types of links: an unstable, weak-stable and relatively stable. Stability bonds in geosystem depends on several factors - altitude, age, facies and extent of anthropogenic disturbance.

## References

1. The strategy of innovative development of the Russian Federation for the period up to 2020 [Electronic resource] // Access: [http://economy.gov.ru/minrec/activity/sections/innovations/doc20120210\\_04](http://economy.gov.ru/minrec/activity/sections/innovations/doc20120210_04)
2. Beruchashvili N.L. Zhuchkova K.V. Methods of complex physical and geographic research. - M.: MSU, 1997. - 320 p.
3. Kowalski V.V. Geochemical ecology. Essays. - M.: Nauka, 1974 - 229 p.
4. Ljamin V.S. epistemological role of the category of «geographical picture of the world» // Vestnik. Mosk. Univ. Series 5. Geography. - 2001. - № 3. - S. 3 - 7.
5. Protection of landscapes: Dictionary / VS Transfiguration. - M.: Progress, 1982. - 271 p.
6. Perelman A.I. Geochemistry of the landscape. - M., 1975.
7. Reimers N.F. Nature: the dictionary catalog. - M.: Thought, 1990. - 637 p.
8. Sivokon Yu.V. Geochemical characteristics and inter-component communications mountain landscapes of the Western and Central Caucasus: Author. Dis. ... Cand. geogr. sciences: 25.00.23 / Sivokon Yulia Vyacheslavovna. - Stavropol, 2015. - 22 p.
9. Sochava V.B. Introduction to the study of the ecosystems. - Novosibirsk: Nauka, 1978. - 319 p.

Темнышова В.А.

Волгоградский государственный аграрный университет

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ АГРОЛАНДШАФТА ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация

Обеспечение устойчивого функционирования и развития агроландшафтов приводит к оценке эффективности природоохранных мероприятий и формированию новых стратегий.

**Ключевые слова:** ландшафт, деградация, плодородие, сельскохозяйственные земли.

Temnishova V.A.

Volgograd state agricultural University

## CURRENT STATUS AGROLANDSCAPES VOLGOGRAD REGION

Abstract

Ensuring sustainable functioning and development agroladshaftov leads to assessing the effectiveness of environmental measures and the creation of new strategies.

**Keywords:** landscape, degradation, fertility, farmlands.

Проблема создания устойчивых агроландшафтов, ориентированных на производство высококачественной продукции в объемах, соответствующих природному потенциалу региона, и обеспечивающих воспроизводство природных ресурсов, характерна для любого региона нашей страны. Наиболее актуальна эта проблема для районов степной зоны России, где сосредоточено 80% посевов сельскохозяйственных культур. Объясняется это тем, что, с одной стороны существующая система земледелия в этих районах обеспечивает рационального использования биоклиматических земельных и водных ресурсов, а с другой - интенсификация сельскохозяйственного производства сопровождается ухудшением состояния природной среды в результате развития деградационных процессов и, в первую очередь, снижением плодородия почв.

Волгоградская область располагает высоким биоклиматическим потенциалом, большими площадями плодородных земель и достаточным количеством трудовых ресурсов.

Таблица 1 – Размещение земельного фонда Волгоградской области по категориям земель

Наименование категорий земель	Общая площадь, га	
Земли сельскохозяйственного назначения	9243634	81,9
Земли населенных пунктов	328433	2,9
Земли промышленности и иного специального назначения	727211	6,5
Земли особо охраняемых территорий и объектов	33085	0,3
Земли лесного фонда	560550	5,0
Земли водного фонда	364988	3,2
Земли запаса	29599	0,2
Итого земель	11287700	100

Область в избытке обеспечена солнечной радиацией и теплом, Область в избытке обеспечена солнечной радиацией и теплом. Среднегодовая продолжительность солнечного сияния находится в пределах от 2080 ч на северо-западе (Урюпинск) до 2350 ч на юго-востоке (Эльтон). Максимум приходится на июнь - июль (300-330 ч в месяц). Сумма температур воздуха выше 10°C в этом направлении меняется от 2700 до 3400°C. Среднегодовые температуры воздуха изменяются в субмеридиональном направлении от 5,0-5,3° на севере (Новониколаевск,

Жирновск, Иловатка, Старая Полтавка) до 8° на юге (Котельниково). Амплитуда абсолютных температур в западных районах области (Урюпинск, Серафимович, Котельниково) составляет 77-80° (от 40-42° до -5"...-30°), в северо-восточных и восточных (Рудня, Палласовка, Эльтон) 81-82° (от 42-45° до -36...-40°), что свидетельствует о большой континентальности климата. Годовая амплитуда среднемесячных температур от 31,5 до 36,6° (от -10,5...-11,5° в январе до 24,5-24,8° в июле), наименьшая в Котельниковском районе (31,5°), наибольшая - в Палласовском (до 35,5°). Продолжительность периода с положительными температурами увеличивается с севера на юг в среднем с 210-220 дней в Елани - Жирновске до 245 в Котельниково. Продолжительность безморозного периода на севере области в среднем 150, на юге 170-175 дней (согласно агроклиматическому районированию область характеризуется основными природно-климатическими зонами: степная и сухостепная, переходящая в полупустынную зону), что позволяет возделывать большой набор сельскохозяйственных культур; в структуре земельных ресурсов Волгоградская область с севера на юг пересекает черноземную, каштановую и бурую полупустынную почвенные зоны.

На большей части доминируют каштановый, черноземный и солонцовый типы почвообразования. В Волгоградской области практически не сохранились естественные саморегулирующиеся ландшафты с исходным биологическим разнообразием, высокой продуктивностью травянистых фитоценозов, отсутствием разрушительного поверхностного стока и эрозии и стабильным почвенным плодородием.

Таблица 2 – Почвы Волгоградской области

Наименование типов и подтипов почв	Общая площадь		Сельскохозяй. угодья		Пашня	
	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
Черноземы обыкновенные	569,3	5,0	502,3	5,8	422,6	7,3
Черноземы южные	1791,7	15,9	1626,1	18,7	1374,2	23,5
Лугово-черноземные	94,8	0,8	86,5	1,0	39,6	0,7
Темно-каштановые	1243,4	11,0	1101,1	12,7	861,9	14,8
Каштановые	2268,6	20,1	1946,3	22,4	1462,4	25,0
Светло-каштановые	1028,1	9,1	821,7	9,4	561,4	9,6
Лугово-каштановые	443,1	3,9	400,2	4,6	211,1	3,6
Солоди	10,4	0,1	8,7	0,1	3,0	0,1
Солонцы черноземные и лугово-черноземные	108,8	1,0	93,0	1,1	48,5	0,9
Солонцы каштановые и лугово-каштановые	1500,4	13,3	1234,6	14,2	720,0	12,3
Солончаки	14,6	0,1	8,2	0,1	1,1	-
Лугово-болотные	29,3	0,3	15,5	0,2	1,7	-
Аллювиальные	395,8	3,6	243,0	2,8	40,6	0,7
Дерново-степные песчаные	566,3	5,0	183,5	2,1	13,8	0,2
Прочие почвы	796,3	6,5	412,6	4,8	76,8	1,3
Под водой	486,8	4,3	—	—	—	—
Итого	11287,7	100,0	8683,3	100,0	5838,9	100,0

В области 6819,6 тыс. га деградированных и малопродуктивных сельхозугодий, в т. ч. деградированных, вследствие эрозии 2249,0 тыс. га, дефляции 88,8, совместного проявления эрозии и дефляции 4,7; малопродуктивных засоленных 1459,3, с солонцовыми комплексами 2517,6, переувлажненных 222,6, заболоченных 12,4, каменистых 265,2 тыс. га. Преобладающим деградационным процессом является эрозия почв, преимущественно в правобережье Волги и бассейне Дона, что обусловлено преобладанием здесь возвышенностей, т. е. ярко выраженным рельефом, являющимся ведущим фактором эрозии. В процессе хозяйственной деятельности и интенсивного природопользования в области, как и в других регионах страны, происходит разрушение почвенной структуры и уменьшение в почвах гумуса. При дефляции выдуваются как достаточно крупные, размером 0,25-0,5 мм, агрегаты, содержащие гумуса примерно столько же, как и все остальные почвенные фракции, так и очень мелкие, порядка 0,1 мм, в которых гумуса содержится в 3-4,4 раза больше, чем в целом в почве.

Вследствие влияния перечисленных факторов снижается содержание гумуса и плодородие почв области. Гумусное состояние пахотных земель находится между оптимальным и критическим, лишь в обыкновенных черноземах пока еще относительно высокое содержание гумуса. Потери гумуса в пахотном слое почвы агролесомелиоративных районов области за период активного земледельческого освоения составили 0,96% (25,71 т/га), за последние 40 лет от 0,14 до 0,46% (4,00-12,13 т/га), в среднем по области 0,30% и 8,14 т/га.

Одним из факторов ухудшения качественного состояния земельного фонда области является загрязнение земель пестицидами и другими агрохимикатами. Это связано с бесконтрольным применением удобрений.

Распашка природных ландшафтов привела к увеличению гидротермического режима, т.е. к ухудшению плодородия почв. А так же к снижению биологической продуктивности, ввиду трансформации ландшафтов в агроландшафты.

При этом следует отметить, что продуктивность сельскохозяйственных культур определяет социально-экономические функции почв. Экологические же функции почв определяются природным (естественным) плодородием почв, уровень которого зависит от содержания и состава гумуса, обеспеченности элементами минерального питания и величины гидrolитической кислотности.

Приведенные выше результаты анализа использования земельных ресурсов свидетельствуют о том, что сущест-

вующая система земледелия не обеспечивает эффективного использования основных компонентов агроландшафта области. Под воздействием хозяйственной деятельности человека произошли существенные изменения свойств основных компонентов природной среды Волгоградской области, уровень экологической стабильности агроландшафтов по сравнению с природными ландшафтами снизился.

Снижение экологической устойчивости агроландшафтов способствует дальнейшему развитию деградационных процессов, ухудшению качественного состояния земель сельскохозяйственного назначения и, в конечном итоге, усилению зависимости производства сельскохозяйственной продукции от климатических факторов и снижению его устойчивости. А снижение стабильности сельскохозяйственного производства, в свою очередь, потребует значительных затрат на создание инфраструктуры, связанной с хранением и переработкой сельскохозяйственной продукции в урожайные годы или на покупку продукции в неурожайные годы [5].

Реальный выход из создавшегося положения заключается в повышении эффективности использования биоклиматического потенциала области и экономической стабильности сельскохозяйственного производства за счет обоснования оптимальной структуры использования агроландшафта (трансформации агроценоза в полуприродный ландшафт) применения комплекса мелиоративных мероприятий, включающего агротехнические, агролесотехнические, агрохимические, гидротехнические и другие виды мелиорации и широкого развития адаптивно-ландшафтных систем земледелия, обеспечивающих минимальное антропогенное воздействие на природную среду Волгоградской области.

#### Литература

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. – М.: Росинформагротех, 2005
2. Лопырев М.И. Основы агроландшафтоведения. Учеб. пособие. – Воронеж: ВГУ, 1995

#### References

1. Agrojekologičeskaja ocenka zemel', proektirovanie adaptivno-ladshaftnyh sistem zemledelija i agrotehnologij. – М.:Rosinformagroteh, 2005
2. Lopyrev M.I. Osnovy agrolandshaftovedenija. Ucheb. posobie. – Voronezh: VGU, 1995

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

**Далабаев У.**

Кандидат физ.-математических наук, доцент, Университет Мировой экономики и дипломатии

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА МАГНУСА ПРИ ОБТЕКАНИИ КРУГОВОГО ЦИЛИНДРА ЛИНЕЙНЫМ ПОТОКОМ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ**

**Аннотация**

*В статье численно исследованы гидродинамические параметры обтекания вращающегося цилиндра в потоке вязкой несжимаемой жидкости в двумерной постановке.*

**Ключевые слова:** подъемная сила, течение Куэтта, обтекание цилиндра.

**Dalabayev U.**

PhD in Physics and mathematics, associate professor, University of World Economy and Diplomacy

#### **RESEARCH OF EFFECT OF MAGNUS AT THE FLOW OF THE CIRCULAR CYLINDER IN LINEAR FLOW**

**Abstract**

*In article hydrodynamic parameters of a flow of the rotating cylinder in a stream of viscous incompressible fluid in two-dimensional statement are numerically investigated.*

**Keywords:** lift force, flow of Kuetta, cylinder flow.

**В** литературе изучению особенностей движения жидкости около кругового цилиндра, вращающегося с постоянной угловой скорости, посвящено много экспериментальных и численных исследований [1- 4 и литература в них]. Наиболее важным эффектом при вращении цилиндра в потоке вязкой жидкости является возникновение подъемной силы, действующей на цилиндр. Возникновение подъемной силы наблюдается не только при вращении цилиндра, но и при обтекании неравномерным потоком. В работе [1] исследуется эффект Магнуса вращающегося цилиндра в линейном безграничном потоке нестационарными уравнениями вязкой жидкости в переменных функции тока – завихренность. Влиянию вращения цилиндра в равномерном потоке посвящена работа [2]. В работе [3] исследовано влияние вращения цилиндра вязкой жидкости в переменных функции тока – завихренность. На основе уравнения вязкой жидкости в естественных переменных исследовано вращение цилиндра в равномерном потоке в работе [4]. Влиянию вращения цилиндра на пуазельевский поток посвящена работа [5].

Цель настоящей работы – определение гидродинамических характеристик при обтекании вращающегося кругового цилиндра на основе численного моделирования двумерного ламинарного обтекания линейным потоком Куэтта рамках стационарного уравнения несжимаемой жидкости в естественных переменных.

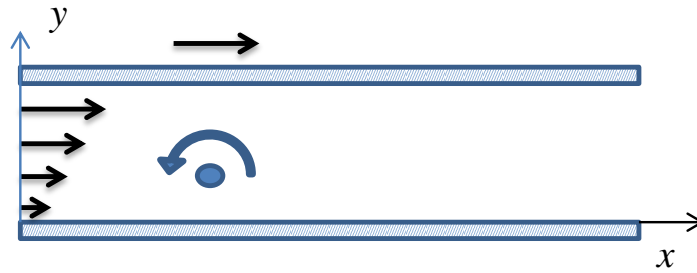


Рис.1 – Схема течения

Рассмотрим течение Куэтта (рис. 1) при входе в плоскопараллельный канал поступает линейный поток, в котором расположен твердый цилиндр с осью, перпендикулярной потоку. В зависимости от положения цилиндра по сечению значение подъемной силы будет различное. Среда считается несжимаемой, тогда двумерная безразмерная система уравнений Навье – Стокса имеет вид

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\text{Re}} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\text{Re}} \Delta u, \quad u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\text{Re}} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{\text{Re}} \Delta v, \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0.$$

Здесь  $\text{Re}$  – число Рейнольдса ( $\text{Re} = UH/\nu$ ,  $U$  – скорость подвижной границы,  $H$  – высота трубы, кинематическая вязкость,  $p = \text{Re} \cdot P / \rho U^2$  – безразмерное давление). Ось  $x$  направлена по нижней стенке, а ось  $y$  – перпендикулярно к ней.

На стенках канала ставятся условия прилипания:  $u|_{y=0} = v|_{y=0} = 0$ ,  $u|_{y=1} = 1$ ,  $v|_{y=1} = 0$ . На входе ставим линейный поток  $u = y$ ,  $v = 0$ . В выходном сечении канала ставим мягкое условие:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial v}{\partial y} = 0.$$

На поверхности цилиндра ставятся условия прилипания с учётом скорости его вращения.

Для решения системы уравнений (1) при соответствующих граничных условиях применен алгоритм SIMPLE [5].

Расчет произведен в области  $x \in [0, 3]$ ,  $y \in [0, 1]$ , за исключением области цилиндра, при различных значениях числа Рейнольдса  $\text{Re}$  и интенсивности вращения  $\alpha$  ( $\alpha = \omega H/U$ , где  $\omega$  – угловая скорость вращения цилиндра). Центр частицы расположен в точке  $(1, y_c)$ , где значение  $y_c$  менялось от 0,1 до 0,9 с шагом 0,1.

В расчетах использована согласованная неравномерная сетка  $50 \times 40$  со сгущением вблизи поверхности цилиндра. Когда расположение или радиус цилиндра меняется, сетка определяется заново. До цилиндра приняли 10 узлов по  $x$ , сам цилиндр разделен на 10 узлов (на поверхности цилиндра выбраны 20 узлов) и после цилиндра выбрали 30 узлов.

При конкретном числе Рейнольдса, радиусе и расположении цилиндра расчеты осуществлялись вплоть до выполнения условия,  $\max |f^{n+1} - f^n| / M \leq 10^{-4}$ , где  $f = (u, v, p)$ , а  $M = 1$ , если  $|f^{n+1}| \leq 1$ , и  $M = |f^{n+1}|$  если  $|f^{n+1}| > 1$  ( $n$  – номер итерации).

На рис. 2 приведены продольная скорость течения при различных сечениях трубы для  $\text{Re}=100$  и  $\alpha=0$  и 20. При угловой скорости цилиндра вследствие прилипания вязкой жидкости существует слой жидкости, вращающийся вместе с цилиндром.

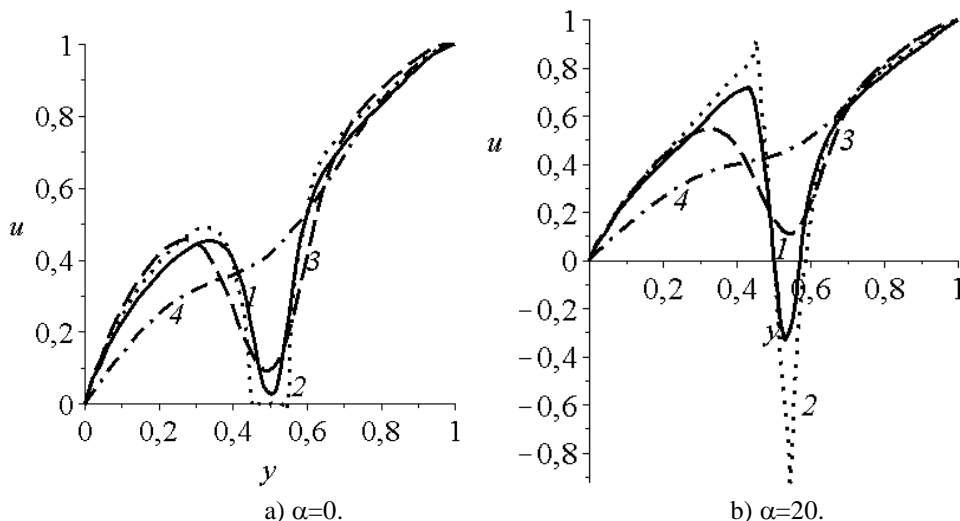
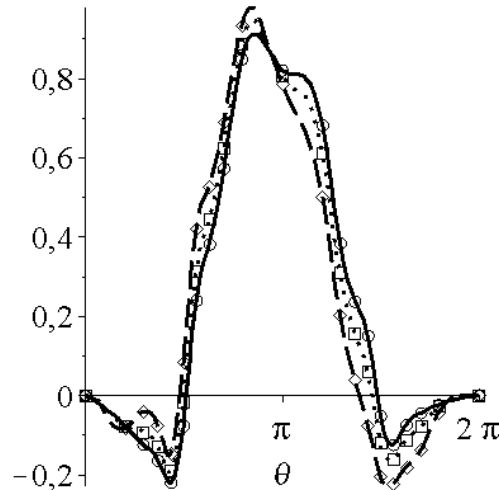
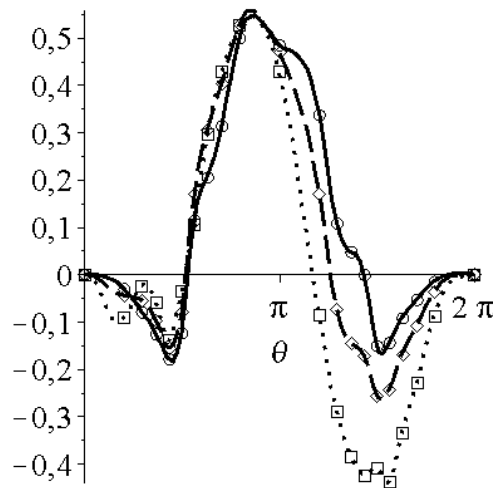


Рис. 2. Распределение продольной скорости по сечениям: 1 –  $x=0,9458$ ; 2 –  $x=1,0150$ ; 3 –  $x=1,1450$ ; 4 –  $x=1,8056$  ( $\text{Re}=100$ , центр цилиндра  $(1; 0,5)$ , радиус  $0,05$ )

Распределение давления по поверхности цилиндра дано на рис. 3 (задняя критическая точка  $\theta=0$ ; и  $\theta=2\pi$ ).



а)  $Re=100$ , окружность  $\alpha=0$ ; прямоугольник  $\alpha=2$ ; диамонд  $\alpha=5$



б)  $Re=500$ , окружность  $\alpha=0$ ; прямоугольник  $\alpha=10$ ; диамонд  $\alpha=5$

Рис. 3 – Распределение давления по поверхности цилиндра (центр цилиндра (1;0,5), радиус 0,05)

По оси  $y$  отложена значения безразмерного давления  $p = \frac{2(P - P_0)}{\rho U^2}$ , где  $P_0$  – давление в задней критической точке.

Максимальные значения давления наблюдается вблизи передней критической точки в стороне верхней части, где продольная скорость больше. С увеличением угловой скорости минимум давлений увеличиваются по абсолютной величине при различных  $Re$ . Отметим также, что с увеличением  $Re$  асимметрия графика поверхностного давления увеличиваются, особенно это касается для нижней половине поверхности цилиндра. Значения давления, равной нулю, достигаются в верхней части цилиндра в одинаковых точках ( $\approx \pi/2$ ), а для нижней части цилиндра с увеличением  $\alpha$  смещаются в сторону передней критической точки.

С увеличением  $Re$ , максимальное и минимальное значение давления по поверхности цилиндра уменьшается при соответствующих значениях  $\alpha$ .

Исследовались также влияние расположения цилиндра по сечению трубы на подъемную силу с учетом вращения ее (рис. 4).

Возникновение подъемной силы обусловлено не только вращением цилиндра. Подъемная сила возникает также и при неподвижном цилиндре в неравномерном потоке.

Безразмерная подъемная сила на единицу длины цилиндра вычислена по формуле ( $L = F_y / (\mu U)$ ,  $F_y$  – подъемная сила)

$$L = \int_0^{2\pi} \left[ -p \sin \theta + \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \cos \theta + 2 \frac{\partial v}{\partial y} \sin \theta \right] r d\theta = L_p + L_\tau,$$

где  $L_p$  представляет собой часть подъемной силы, обусловленную силами давления и  $L_\tau$  – часть подъемной силы, обусловленной вязкими силами.

Рис. 4 приведены изменения подъемной силы в зависимости от расположения цилиндра в трубе (сплошная линии –  $L$ , точки –  $L_p$ , пунктирные линии –  $L_\tau$ ). На рис. 4а) представлены изменения подъемной силы без учета вращения цилиндра; которая обусловлена из-за неравномерности потока. Вращение частицы вносит существенную



корректировку на подъёмную силу (рис. 4б) и рис. 4в)). Во всех рассмотренных случаях, максимальные значения по модулю подъёмной силы возникают вблизи движущей стенки. При этом это значение в случае  $\alpha=20$  в два раза больше по сравнению с неподвижным цилиндром. Большой вклад в подъёмную силу осуществляется за счет сил давления –  $L_p$ . При этом, чем больше,  $\alpha$  тем ощутим вклад интенсивности вращения на величину подъёмной силы.

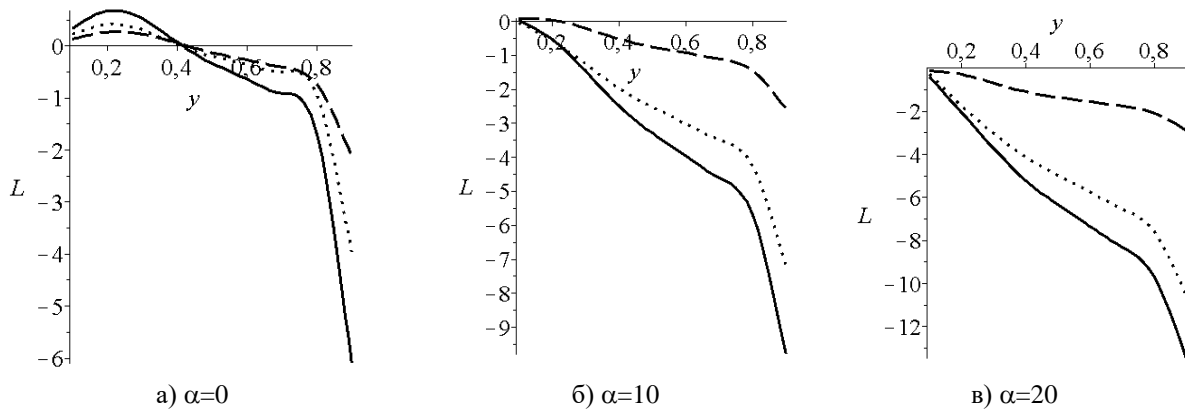


Рис. 4 – Влияние вращения цилиндра на подъёмную силу,  $Re=100$ ,  $r=0,05$ .

Отметим что, с увеличением интенсивности вращения цилиндра против часовой стрелки точка с нулевым значением подъёмной силы приближается к неподвижной стенке; и при дальнейшем росте такая точка отсутствует.

При этом увеличение число Рейнольдса приведет к приближению точки с нулевым значением подъёмной силы к неподвижной стенке. Во всех рассмотренных случаях с увеличением скорости вращения имеет место возрастание подъёмной силы.

Исследовано также, влияние вращения цилиндра на силу сопротивления. Безразмерная сила сопротивления на единицу длины цилиндра вычислена по формуле

$$D = \int_0^{2\pi} \left[ -p \cos \theta + \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \sin \theta + 2 \frac{\partial u}{\partial x} \cos \theta \right] r d\theta = D_p + D_\tau,$$

где  $D_p$  представляет собой часть силы сопротивления, обусловленную силами давления и  $D_\tau$  – часть силы сопротивления, обусловленной вязкими силами.

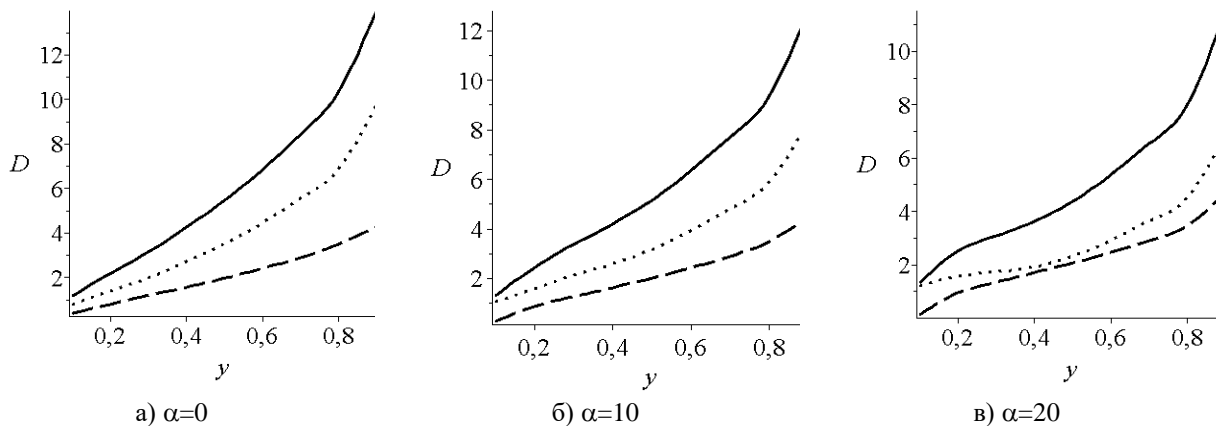


Рис. 5 – Влияние вращения цилиндра на силу сопротивления,  $Re=100$ ,  $r=0,05$ .

Во всех рассмотренных случаях вклад сил давления на силу сопротивления больше чем сил трения. С увеличением  $\alpha$  наблюдается тенденция к уменьшению силы сопротивления.

#### Литература

1. Fumio Yoshino and Tatsuo Hayashi. The Numerical Solution of Flow around a Rotating Circular Cylinder in Uniform Shear Flow// Bulletin of JSME, Vol. 27, No. 231, September 1984, pp. 1850-1857.
2. D. Stojkovic', M. Breuer and F. Durst. Effect of high rotation rates on the laminar flow around a circular cylinder// Physics of fluids. 2002, Vol. 14, No 9, pp. 3160-3178.
3. Мазо А.Б., Моренко И.В. Численное моделирование вязкого отрывного обтекания вращающегося кругового цилиндра // Инженерно-физический журнал, т.79 №3, 2006, стр. 75-81
4. Редчиц Д.А., Гуржий А.А. Численное моделирование эффекта Магнуса при обтекании кругового цилиндра невозмущенным потоком вязкой жидкости// Прикладная механика. 2012, т. 14, № 1, стр. 63-71.

5. Далабаев У. Исследование характера подъемной силы, действующей на вращающейся цилиндрической частицы в пузелейевском потоке плоского канала.// Материалы международной научной конференции «Актуальные проблемы прикладной математики и информационных технологий – Аль-Хоразми 2012», Т. 1, стр.214-216

6. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. М.: Энергоатомиздат, 1984

#### References

1. Fumio Yoshino and Tatsuo Hayashi. The Numerical Solution of Flow around a Rotating Circular Cylinder in Uniform Shear Flow// Bulletin of JSME, Vol. 27, No. 231, September 1984, pp. 1850-1857.

2. D. Stojkovic', M. Breuer and F. Durst. Effect of high rotation rates on the laminar flow around a circular cylinder// Physics of fluids. 2002, Vol. 14, No 9, pp. 3160-3178.

3. Mazo A.B., Morenko I.B. Chislennoe modelirovanie vjazkogo otrivnogo obtekanija vrashayushegocja krukovogo chilindra// Injenerno-fizichiskie jurnal t.79 №3, 2006, s. 75-81

4. Redchic D.A., Gurje A.A. Chislennoe modelirovanie effekta Magnusa pri obtekanii krukovogo silindra nevozmushonnim potokom vjazkoe zhidkosti// Prikladnaja mehanika. 2012, t. 14, № 1, стр. 63-71.

5. Dalabaev U. Issledovanie haraktera pod'jomnoj sili deystvuyushej na vrashashnie cilindricheskoj chsastici na puzelovskom potoke ploskogo kanala// Materiali mezhdunarodnoj nauchnoj konferensii "Aktual'nie problemi prikladnoy matematiki i informacionnoj tehnologii – Alhorazmi 2012", t. 1, s.214-216

6. Patankar S. Chislennoy metodi resheniya zadach teploobmena i dinamiki zhidkosti, M., Energoatomizdat, 1984

**Жевняк О.Г.**

Кандидат физико-математических наук, доцент, Белорусский государственный университет

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУННЕЛЬНОГО ТОКА В ЭЛЕМЕНТАХ ФЛЕШ-ПАМЯТИ

*Аннотация*

*В настоящей статье осуществлено моделирование туннельного тока в МОП-транзисторах, являющихся основой элементов флеш-памяти. С его помощью было исследовано влияние затворного и стокового напряжения, а также толщины туннельного окисла МОП-транзистора на распределение плотности туннельного тока вдоль проводящего канала транзистора.*

**Ключевые слова:** элемент флеш-памяти, туннелирование электронов, МОП-транзистор, туннельный ток.

**Zhevnyak O.G.**

PhD in physics and mathematics, associate professor, Belarussian State University

#### SIMULATION OF TUNNELING CURRENT IN FLASH-MEMORY CELLS

*Abstract*

*In present paper the simulation of tunneling current in MOS-transistors is fulfilled. The flash-memory cells are constructed on the base of these transistors. By using simulation results the effects of gate and drain voltage as well as tunnel oxide thickness on tunnel current along the transistors channel are studied.*

**Keywords:** flash-memory cell, electron tunneling, MOS-transistor, tunneling current.

Современная жизнь практически немыслима без использования флеш-памяти. Основным элементом этой памяти является субмикронный МОП-транзистор, имеющий встроенный внутри подзатворного окисла дополнительный электрод, накапливающий заряды (см., например, [1–2]). Разработка надежных и быстродействующих элементов флеш-памяти, а, следовательно, и МОП-транзисторов требует глубокого знания туннельных процессов, протекающих в этих транзисторах между проводящим каналом и встроенным электродом через пленку оксида. Основные трудности в численном изучении этих процессов связаны с тем, что форма потенциальных барьеров, образуемых оксидными пленками, имеет сложную форму и непостоянна вдоль канала по направлению от истока к стоку [2 – 5]. Ситуация также осложняется тем, что направление дрейфового тока в МОП-транзисторе также непостоянно вдоль канала и зависит как от конструктивно-технологических параметров прибора, так и от приложенных к его электродам напряжений. В этой связи наиболее эффективным и точным методом исследования процесса туннелирования электронов в современных транзисторных структурах является численное моделирование [4; 6; 7].

В настоящей работе на основе кинетического моделирования осуществлен расчет плотности туннельного тока в отношении к плотности дрейфового тока вдоль проводящего канала МОП-транзистора. Будет рассматриваться МОП-ячейка флеш-памяти, у которой встроенный электрод отделен от проводящего канала МОП-транзистора туннельным оксидом толщиной от 2 до 4 нм.

На рис. 1 представлены схематически энергетические диаграммы, поясняющие особенности процесса туннелирования электронов через исследуемую структуру. Главная из них заключается в том, что энергия электронов  $E$ , падение напряжения в окисле кремния  $\Delta U$  и сдвиг энергетических уровней  $\Delta E$  могут очень существенно изменяться вдоль проводящего канала, от истока к стоку. Причиной изменения величин  $\Delta U$ ,  $\Delta E$  и  $E$  вдоль канала являются, с одной стороны, разогрев электронов при их дрейфе в канале, а, с другой стороны, сложная зависимость величины электрического потенциала от координаты вдоль канала в субмикронных МОП-транзисторах, обусловленная скрещиванием полей, создаваемых отдельно стоковым и затворным напряжениями. В этой связи рассчитать плотность туннельного тока, которая зависит от указанных величин  $\Delta U$ ,  $\Delta E$  и  $E$ , можно только определив их в каждой точке канала у поверхности Si/SiO<sub>2</sub> с помощью численного моделирования электронного переноса вдоль канала. Данное моделирование позволяет адекватно рассчитать изменение энергии электронов вдоль канала, учесть влияние затворного и стокового напряжений на ход электрического потенциала у границы Si/SiO<sub>2</sub> и рассчитать изменение величин  $\Delta U$  и  $\Delta E$  вдоль канала. Алгоритм данного моделирования описан в нашей работе [7].

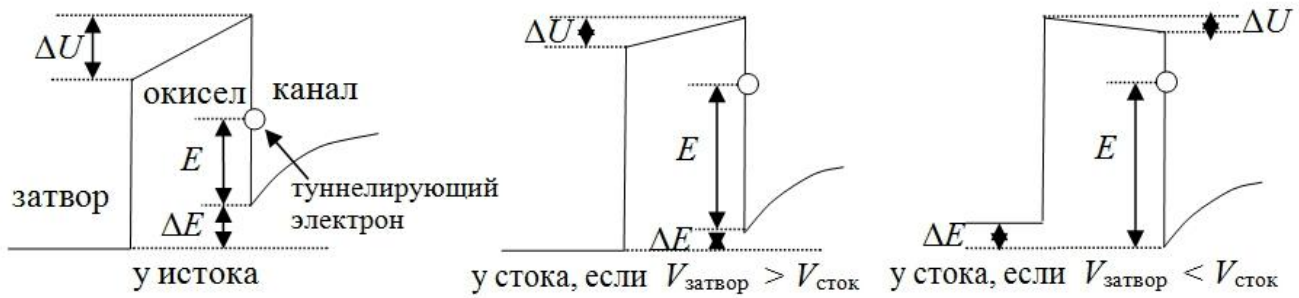


Рис. 1 – Энергетические диаграммы потенциального барьера, формируемого подзатворным окислом и приложенными к затвору и стоку прибора напряжениями у встроенного электрода

На рис. 2–4 представлены полученные при проведении численного моделирования распределения относительных значений плотности туннельного тока вдоль проводящего канала исследуемого МОП-транзистора. Рассматривался прибор с длиной проводящего канала 0,4 мкм, толщиной подзатворного окисла 5,6 нм, концентрацией акцепторной примеси  $10^{24} \text{ м}^{-3}$  и глубиной залегания стоковой области  $10^{-7} \text{ м}$ .

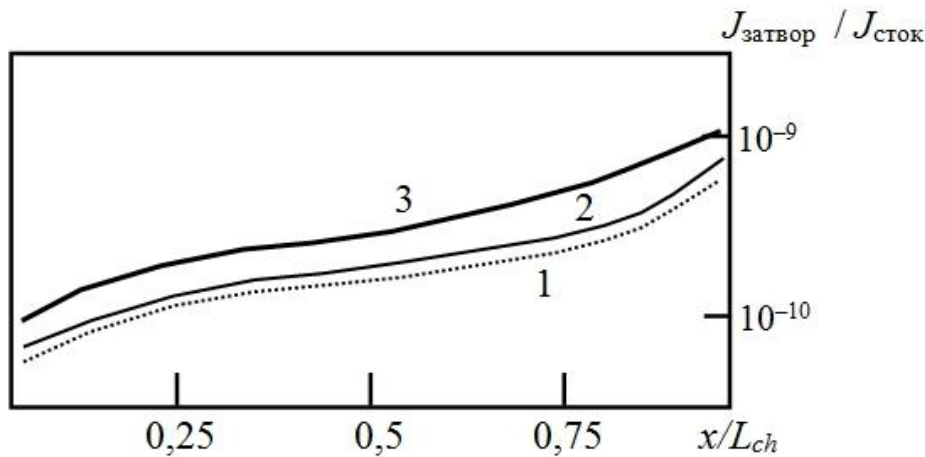


Рис. 2 – Отношение плотностей туннельного тока и тока в проводящем канале вдоль его длины для разных значений затворного напряжения:

1 –  $V_{\text{затвор}} = 1 \text{ В}$ ; 2 –  $V_{\text{затвор}} = 2 \text{ В}$ ; 3 –  $V_{\text{затвор}} = 1 \text{ В}$ ;  $V_{\text{сток}} = 2 \text{ В}$ ;  $d_{\text{тун}} = 2 \text{ нм}$ .

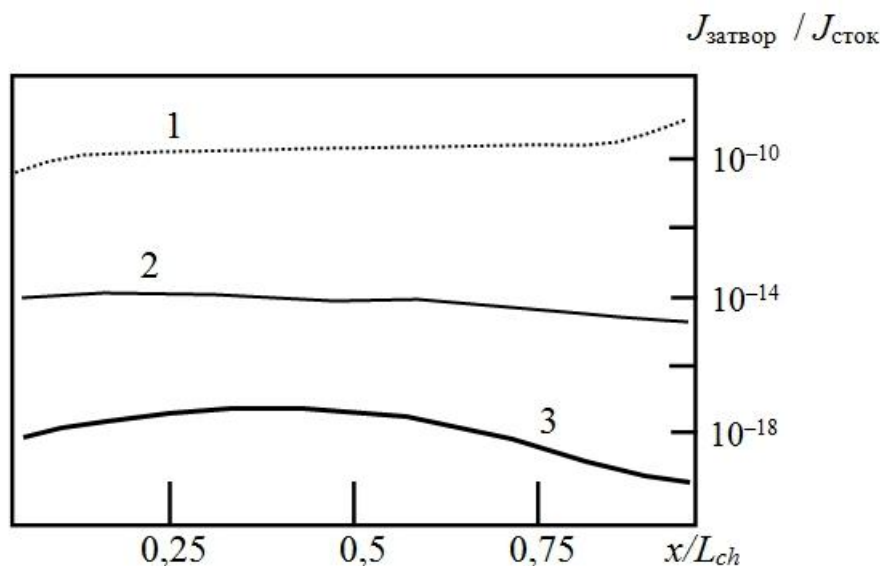


Рис. 3 – Отношение плотностей туннельного тока и тока в проводящем канале вдоль его длины для разных значений толщины туннельного окисла:

1 –  $d_{\text{тун}} = 2 \text{ нм}$ ; 2 –  $d_{\text{тун}} = 3 \text{ нм}$ ; 3 –  $d_{\text{тун}} = 4 \text{ нм}$ ;  $V_{\text{затвор}} = 2 \text{ В}$ ;  $V_{\text{сток}} = 2 \text{ В}$ .

Как показывают полученные зависимости, наибольшее влияние на величину туннельного тока, как и следовало ожидать, оказывает толщина туннельного оксида. С увеличением этой толщины на 1 нм величина туннельного тока уменьшается в среднем на 4 порядка величины.

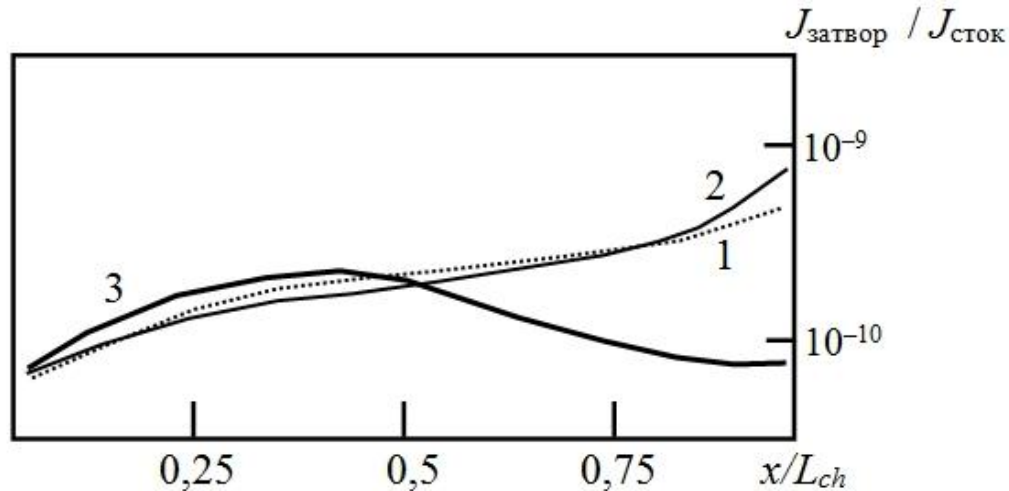


Рис. 4 – Отношение плотностей туннельного тока и тока в проводящем канале вдоль его длины для разных значений стокового напряжения:

1 –  $V_{\text{сток}} = 1$  В; 2 –  $V_{\text{сток}} = 2$  В; 3 –  $V_{\text{сток}} = 3$  В;  $V_{\text{затвор}} = 2$  В;  $d_{\text{тун}} = 2$  нм.

Заметное, хотя и не столь существенное, влияние оказывает и затворное напряжение. С его увеличением туннельный ток растет, что обусловлено увеличением падения напряжения на подзатворном окисле, что приводит к увеличению величины среза вершины потенциального барьера и усилением процесса туннелирования в результате заметного уменьшения высоты барьера.

Полученные результаты показывают, что влияние стокового напряжения является довольно специфическим, что проявляется то в увеличении, то в уменьшении туннельного тока при определенных соотношениях между величинами затворного и стокового напряжений. Увеличение стокового напряжения приводит к росту энергии электронов в проводящем канале МОП-транзистора, что увеличивает интенсивность туннелирования электронов через туннельный оксид. Однако с ростом стокового напряжения значительно усиливается его влияние на изменение электрического потенциала у поверхности раздела Si/SiO<sub>2</sub>, что не может не изменять определенным образом величину  $\Delta U$  и таким образом влиять на процесс туннелирования. Причем при определенных условиях может наблюдаться как усиление, так и ослабление процесса туннелирования. Последнее явление возможно связано с уводом электронов вблизи стока в глубь подложки и значительным уменьшением их концентрации у поверхности раздела Si/SiO<sub>2</sub>.

Таким образом, в настоящей статье с помощью кинетического моделирования электронного переноса в канале кремниевого МОП-транзистора исследовано влияние затворного и стокового напряжения, а также толщины туннельного оксида на распределение плотности туннельного тока через пленку туннельного оксида вдоль проводящего канала транзистора. Показано определяющее влияние затворного напряжения и толщины туннельного оксида на величину плотности туннельного тока, а также установлено противоречивое влияние стокового напряжения на эту величину.

#### Литература

1. Majkusiak B. Gate tunnel current in an MOS-transistor // IEEE Trans. Electron. Dev. 1990. Vol. 34, No 4. P. 1087–1092.
2. Ranuarez J. C., Deen M. J., Chen C.-H. A review of gate tunneling in MOS devices // Microelectronics Reliability. 2006. Vol. 46, No 12. P. 1939–1956.
3. Büttiker M., Landauer R. Transversal time for tunneling // Phys. Rev. Lett. 1982. Vol. 49, No 23. P. 1739–1742.
4. Krasnikov G. Ya., Zaitsev N. A., Matyushkin I.V. Tunneling in MOS systems: The dependence of the effective barrier height on the structure of the transition layer at the Si/SiO<sub>2</sub> interface in the presence of impurities // Russian Microelectronics. 2001. Vol. 30, No 5. P. 317–323.
5. Baik S. J., Choi S., Chung U-In, and Moon J. T. Engineering on tunnel barrier and dot surface in Si nanocrystal memories // Solid-State Electron. 2004. Vol. 48. P. 1475–1481.
6. Schenk A., Heiser G. Modeling and simulation of tunneling through ultra-thin gate dielectrics // J. Appl. Phys. 1997. Vol. 81, No 12. P. 7900–7908.
7. Zhevnyak O. Temperature effect on electron transport in conventional short channel MOSFETs: Monte Carlo simulation // Proc. SPIE. 2008. Vol. 7025. P. 1M-1–8.

Жевняк О.Г.

Кандидат физико-математических наук, доцент, Белорусский государственный университет

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ТУННЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ЧЕРЕЗ ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ БАРЬЕРЫ ТРЕУГОЛЬНОЙ И СТУПЕНЧАТОЙ ФОРМЫ****Аннотация**

В настоящей работе получены аналитические выражения для коэффициента туннельного прохождения электронов через потенциальные барьеры с вершинами ступенчатого вида, а также треугольной формы. С их помощью рассчитаны зависимости величины этого коэффициента от энергии туннелирующих электронов, и проведен сравнительный анализ данных зависимостей для барьеров с двумя значениями толщины и высоты. Установлено, что для барьеров с разным срезом вершины для рассматриваемых случаев эти зависимости практически совпали.

**Ключевые слова:** потенциальный барьер, коэффициент туннелирования, ячейка флеш-памяти.

Zhevnyak O.G.

PhD in physics and mathematics, associate professor, Belarussian State University

**COEFFICIENTS OF ELECTRON TUNNELING THROUGH BARRIERS WITH TRIANGULAR AND STEP STRUCTURES****Abstract**

In present paper analytical equations of coefficient of electron tunneling through potential barriers with triangular and step structures are obtained. Using these equations the dependencies of tunneling coefficients on electron energy are calculated. By comparison of obtained dependencies it is defined that for barriers with different top the tunneling coefficients fall in actually.

**Keywords:** potential barrier, coefficient of tunneling, flesh-memory cell.

Стремительный прогресс, достигнутый во флеш-технологиях, ставит перед исследователями ряд специфических задач в изучении процесса туннелирования электронов через потенциальные барьеры различной формы, которые составляют основную структуру элементов флеш-памяти (см., например, [1]). Обычно эти барьеры имеют прямоугольную форму с вершиной различного среза – ступенчатого или, чаще всего, треугольного вида. Теория туннелирования электронов через потенциальные барьеры хорошо разработана, но для некоторых случаев она крайне сложна [2; 3]. В частности, для барьеров треугольной формы из-за специфического вида волновой функции электронов внутри барьеров коэффициент туннелирования через них описывается с помощью функций Эйри (см., например, [4, с. 264–270]). Так как данная функция представляет собой бесконечные ряды, содержащие многочисленные коэффициенты, она крайне неудобна для вычислений и анализа физических особенностей процесса туннелирования через барьеры треугольной формы. В этой связи получение физически прозрачной и относительно простой формулы, описывающей туннелирование электронов через потенциальные барьеры с вершинами различного среза, является весьма актуальной и важной задачей.

Целью настоящей работы является вывод удобных для компьютерных вычислений аналитических формул коэффициента туннельного прохождения электронов через прямоугольные потенциальные барьеры с вершинами ступенчатого и треугольного среза различной ориентации, а также проведение сравнительного анализа процессов туннелирования электронов через такие барьеры. Условие надбарьерного переноса в настоящей статье рассматриваться не будет.

На рис. 1 приведены энергетические диаграммы четырех потенциальных барьеров прямоугольного типа, туннелирование через которые будут рассмотрено в настоящей статье.

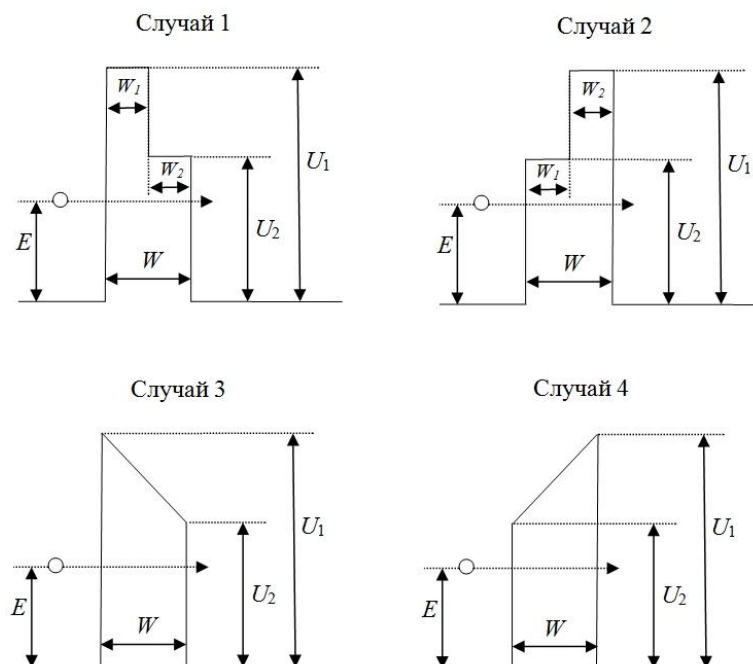


Рис. 1 – Исследуемые потенциальные барьеры

Получим аналитические выражения для расчета коэффициента прохождения для рассматриваемых барьеров. Следует учесть, что процесс туннелирования через любой потенциальный барьер определяется условием непрерывности волновых функций электрона и их первых производных в областях как перед барьером  $\Psi_I$  и после него  $\Psi_{III}$ , так и внутри самого барьера  $\Psi_{II}$ . Это условие обычно можно записать в виде

$$\begin{cases} \Psi_I(0) = \Psi_{II}(0) \\ \Psi'_I(0) = \Psi'_{II}(0) \end{cases}, \quad (1)$$

$$\begin{cases} \Psi_{II}(W) = \Psi_{III}(W) \\ \Psi'_{II}(W) = \Psi'_{III}(W) \end{cases}. \quad (2)$$

Волновая функция электрона перед барьером  $\Psi_I$  состоит из падающей и отраженной волны и записывается как  $\Psi_I = A_1 \exp(ikx) + B_1 \exp(-ikx)$  (см., например, [2, с. 102–108]), где волновой вектор электрона  $k$  связан с энергией электрона  $E$  посредством соотношения  $k = \sqrt{\frac{2mE}{\hbar^2}}$ . Волновая функция электрона после барьера состоит только из прошедшей волны и может быть записана как  $\Psi_{III} = A_3 \exp(ikx)$ . Коэффициент прохождения (туннелирования) электрона через потенциальный барьер легко рассчитывается (см., например, [2, с. 102–108]) с помощью следующего выражения

$$D = \left| \left( \frac{A_3}{A_1} \right)^2 \right|. \quad (3)$$

Что же касается волновой функции электрона внутри барьера  $\Psi_{II}$ , то она может быть найдена только с помощью решения уравнения Шредингера.

Для барьеров случаев 1 и 2 волновую функцию внутри барьера необходимо разбить на две самостоятельные функции  $\Psi_{II1}$  и  $\Psi_{II2}$  для каждой из частей барьера со своей высотой и шириной –  $U_1, W_1$  и  $U_2, W_2$ . Для них условия (1) – (2) переписываются следующим образом

$$\begin{cases} \Psi_I(0) = \Psi_{II1}(0) \\ \Psi'_I(0) = \Psi'_{II1}(0) \end{cases}, \quad (4)$$

$$\begin{cases} \Psi_{II1}(W_1) = \Psi_{II2}(W_1) \\ \Psi'_{II1}(W_1) = \Psi'_{II2}(W_1) \end{cases}, \quad (5)$$

$$\begin{cases} \Psi_{II2}(W) = \Psi_{III}(W) \\ \Psi'_{II2}(W) = \Psi'_{III}(W) \end{cases}. \quad (6)$$

Так как части барьера в целом прямоугольные и прохождение над барьерами не рассматривается, то волновые функции в них  $\Psi_{II1}$  и  $\Psi_{II2}$  можно искать в следующем виде: для барьера случая 2  $\Psi_{II1} = A_2 \exp(\beta x) + B_2 \exp(-\beta x)$  при любых условиях, а  $\Psi_{II2} = A_3 \exp(\gamma x) + B_3 \exp(-\gamma x)$  при  $E < U_2$  и  $\Psi_{II2} = A_3 \exp(i\gamma x) + B_3 \exp(-i\gamma x)$  при  $E > U_2$  и для барьера случая 3  $\Psi_{II1} = A_2 \exp(\gamma x) + B_2 \exp(-\gamma x)$  при  $E < U_2$  и  $\Psi_{II1} = A_2 \exp(i\gamma x) + B_2 \exp(-i\gamma x)$  при  $E > U_2$ , а  $\Psi_{II2} = A_3 \exp(\beta x) + B_3 \exp(-\beta x)$  при обоих условиях. В этих выражениях  $\beta = \sqrt{\frac{2m(U_1 - E)}{\hbar^2}}$ , а  $\gamma = \sqrt{\frac{2m(U_2 - E)}{\hbar^2}}$ , если  $E < U_2$ , и  $\gamma = \sqrt{\frac{2m(E - U_2)}{\hbar^2}}$ , если  $E > U_2$ .

Подставив эти решения в системы (4) – (6), можно найти коэффициенты  $A_3$  и  $A_1$ , а подставив их в (3), получим выражения для коэффициента туннелирования. Общий их вид оказался одинаковым для обоих барьеров случаев 1 и 2 и может быть записан согласно следующему соотношению

$$D = \frac{4k^2\beta^2\gamma^2}{M^2 + N^2}. \quad (7)$$

Однако в этом соотношении коэффициенты  $M$  и  $N$  для  $E < U_2$  и  $E > U_2$  различаются, при чем для каждого из барьеров они отличаются только перестановкой отдельных параметров.

При  $E < U_2$  для барьера случая 1 имеем



$$M = \gamma(k^2 - \beta^2) \operatorname{sh}(\beta W_1) \operatorname{ch}(\gamma(W - W_1)) + \beta(k^2 - \gamma^2) \operatorname{ch}(\beta W_1) \operatorname{sh}(\gamma(W - W_1)), \quad (8)$$

$$N = 2k\beta\gamma \cdot \operatorname{ch}(\beta W_1) \operatorname{ch}(\gamma(W - W_1)) + k(\beta^2 + \gamma^2) \operatorname{sh}(\beta W_1) \operatorname{sh}(\gamma(W - W_1)), \quad (9)$$

а для барьера случая 2, соответственно,

$$M = \beta(k^2 - \gamma^2) \operatorname{sh}(\gamma W_1) \operatorname{ch}(\beta(W - W_1)) + \gamma(k^2 - \beta^2) \operatorname{ch}(\gamma W_1) \operatorname{sh}(\beta(W - W_1)), \quad (10)$$

$$N = 2k\beta\gamma \cdot \operatorname{ch}(\gamma W_1) \operatorname{ch}(\beta(W - W_1)) + k(\beta^2 + \gamma^2) \operatorname{sh}(\gamma W_1) \operatorname{sh}(\beta(W - W_1)). \quad (11)$$

При  $E > U_2$  для барьера случая 1 имеем

$$M = \gamma(k^2 - \beta^2) \operatorname{sh}(\beta W_1) \cos(\gamma(W - W_1)) + \beta(k^2 + \gamma^2) \operatorname{ch}(\beta W_1) \sin(\gamma(W - W_1)), \quad (12)$$

$$N = 2k\beta\gamma \cdot \operatorname{ch}(\beta W_1) \cos(\gamma(W - W_1)) + k(\beta^2 - \gamma^2) \operatorname{sh}(\beta W_1) \sin(\gamma(W - W_1)), \quad (13)$$

а для барьера случая 2, соответственно,

$$M = \gamma(k^2 - \beta^2) \operatorname{sh}(\beta_1(W - W_1)) \cos(\gamma W) + \beta(k^2 + \gamma^2) \operatorname{ch}(\beta(W - W_1)) \sin(\gamma W_1), \quad (14)$$

$$N = 2k\beta\gamma \cdot \operatorname{ch}(\beta(W - W_1)) \cos(\gamma W_1) + k(\beta^2 - \gamma^2) \operatorname{sh}(\beta(W - W_1)) \sin(\gamma W_1), \quad (15)$$

При рассмотрении барьеров с треугольным срезом вершины (случаи 3 и 4 рис. 1) разбивать волновую функцию внутри барьера на две не нужно. Однако получить для нее простое выражение затруднительно. Для этого необходимо осуществить решение двух уравнений Шредингера, которые для каждого из рассматриваемых случаев записываются в следующем виде

$$\text{Случай 4} \quad \begin{cases} \frac{d^2 \psi_{II}}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} \left\{ E - \left( U_1 - \frac{U_1 - U_2}{W} x \right) \right\} \psi_{II} = 0 \\ \frac{d^2 \psi_{II}}{dx^2} + (a_1 + bx) \psi_{II} = 0 \end{cases}, \quad (16)$$

$$\text{Случай 5} \quad \begin{cases} \frac{d^2 \psi_{II}}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} \left\{ E - \left( U_2 + \frac{U_1 - U_2}{W} x \right) \right\} \psi_{II} = 0 \\ \frac{d^2 \psi_{II}}{dx^2} + (a_2 - bx) \psi_{II} = 0 \end{cases}, \quad (17)$$

где  $a_1 = \frac{2m}{\hbar^2}(E - U_1)$ ,  $a_2 = \frac{2m}{\hbar^2}(E - U_2)$ ,  $b = \frac{2m}{\hbar^2} \frac{U_1 - U_2}{W}$ . Уравнения (16) и (17) в теории дифференциальных

уравнений называются линейными уравнениями второго порядка с переменными линейными коэффициентами. Их решениями являются бесконечные ряды вида

$$\psi_{II}(x) = \sum_{i=0}^{\infty} C_i x^i. \quad (18)$$

Подставляя (18) в (16) и (17), находят коэффициенты  $C_i$  при соответствующих степенях  $x$ . Подставляя затем (18) с найденными коэффициентами  $C_i$  в (1) и (2), рассчитывают параметры  $A_1$  и  $A_3$ . И далее, подставив эти параметры в (3), можно получить следующее выражение для расчета коэффициента прохождения

$$D = \frac{4k^2 (F_3 F_4 - F_1 F_2)^2}{(k^2 F_1 - F_2)^2 + k^2 (F_3 + F_4)^2}, \quad (19)$$

где параметры  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  и  $F_4$  являются функциями коэффициентов  $C_i$ . Обычно в квантовой механике ряды вида (18) записывают через функции Эйри. Например, для 10 первых членов значения параметров  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  и  $F_4$  для случая 3 могут быть найдены с помощью следующих соотношений

$$F_1 = W - \frac{a_1}{6} W^3 - \frac{b}{12} W^4 + \frac{a_1^2}{120} W^5 + \frac{a_1 b}{120} W^6 + \frac{b^2}{504} W^7 - \frac{a_1^3}{5040} W^7 - \frac{a_1^2 b}{3360} W^8 - \frac{13 a_1 b^2}{90720} W^9 + \\ + \frac{a_1^4}{362880} W^9 + \frac{a_1^3 b}{181440} W^{10} - \frac{b^3}{45360} W^{10}, \quad (20)$$

$$F_2 = -a_1 W - \frac{b}{2} W^2 + \frac{a_1^2}{6} W^3 + \frac{a_1 b}{6} W^4 + \frac{b^2}{30} W^5 - \frac{a_1^3}{120} W^5 - \frac{a_1^2 b}{80} W^6 - \frac{a_1 b^2}{180} W^7 + \\ + \frac{a_1^4}{5040} W^7 + \frac{a_1^3 b}{2520} W^8 - \frac{b^3}{1440} W^8 + \frac{10 a_1^2 b^2}{36288} W^9 - \frac{a_1^5}{362880} W^9, \quad (21)$$

$$F_3 = 1 - \frac{a_1}{2} W^2 - \frac{b}{6} W^3 + \frac{a_1^2}{24} W^4 + \frac{a_1 b}{30} W^5 + \frac{b^2}{180} W^6 - \frac{a_1^3}{720} W^6 - \frac{a_1^2 b}{560} W^7 - \frac{a_1 b^2}{1440} W^9 + \\ + \frac{a_1^4}{40320} W^8 + \frac{a_1^3 b}{22680} W^9 - \frac{b^3}{12960} W^9 + \frac{a_1^2 b^2}{36288} W^{10} - \frac{a_1^5}{3628800} W^{10}, \quad (22)$$

$$F_4 = 1 - \frac{a_1}{2} W^2 - \frac{b}{3} W^3 + \frac{a_1^2}{24} W^4 + \frac{a_1 b}{20} W^5 + \frac{b^2}{72} W^6 - \frac{a_1^3}{720} W^6 - \frac{a_1^2 b}{420} W^7 - \frac{13 a_1 b^2}{10080} W^8 + \\ + \frac{a_1^4}{40320} W^8 + \frac{a_1^3 b}{18144} W^9 - \frac{b^3}{4536} W^9 \quad (23)$$

Для барьеров случая 4 эти формулы также справедливы, только перед всеми членами с нечетными степенями параметра  $b$  знак меняется на противоположный и вместо  $a_1$  используется параметр  $a_2$ .

В настоящей работе нами были рассчитаны коэффициенты туннельного прохождения через рассматриваемые типы барьеров с ширинами 1 и 2 нм для энергий электронов, не превышающих максимальную высоту барьеров. Были обнаружены несколько интересных закономерностей. Во-первых, для симметричных барьеров случаев 1 и 2 (т. е.  $W_1 = W_2$ ) зависимости коэффициента туннелирования от энергии электронов совершенно совпали друг с другом. Во-вторых, точно также совпали аналогичные зависимости и для барьеров случаев 3 и 4 с одинаковой шириной  $W$ , т. е. электроны туннелируют через барьеры с правым и с левым срезом вершины с совершенно одинаковой интенсивностью. И, в-третьих, рассчитанные зависимости для барьеров с треугольным и ступенчатым срезом вершины при условии одинаковой высоты и ширины барьеров также практически совпали друг с другом.

На рис. 2 приведены данные рассчитанные нами зависимости коэффициента прохождения от энергии электронов для рассматриваемых барьеров с двумя разными значениями ширины и высоты.

Как видно из данного рисунка, практическое совпадение кривых позволяет сделать вывод о том, что с очень хорошей точностью расчет коэффициента туннелирования через барьеры с треугольным срезом вершины может осуществлять не с помощью трудоемких вычислений бесконечных рядов, а используя относительно простые аналитические выражения, полученные для потенциальных барьеров со ступенчатой вершиной. И хотя с увеличением ширины барьеров точность такого приема будет уменьшаться, но ввиду существенного снижения в этом случае величины коэффициента туннелирования его следует признавать эффективным и удобным.

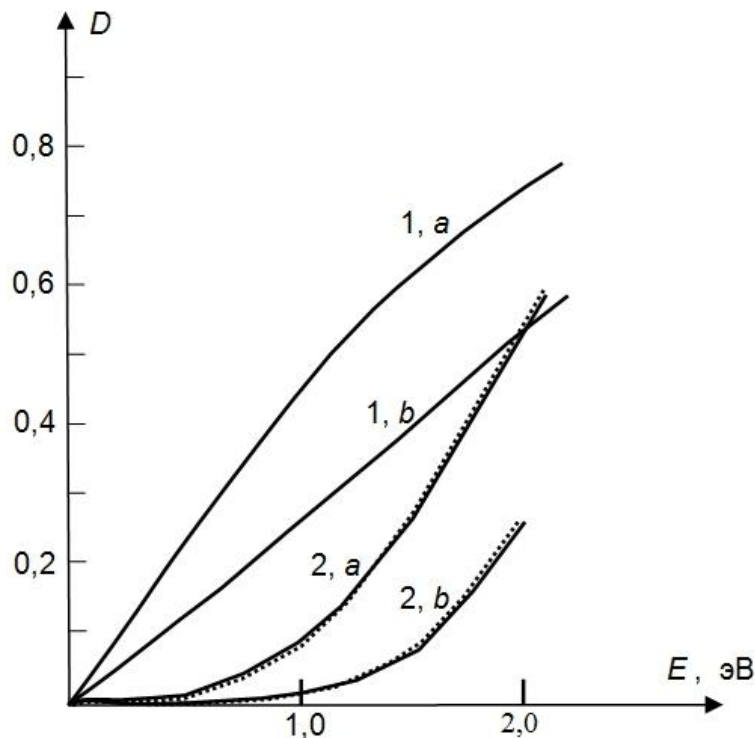


Рис. 2 – Коэффициенты прохождения через исследуемые барьеры:  
1 –  $W = 1$  нм; 2 –  $W = 2$  нм; а –  $U_1 = 2$  эВ;  $U_2 = 1$  эВ; б –  $U_1 = 3$  эВ;  $U_2 = 1$  эВ;

непрерывные линии – ступенчатые барьеры; пунктирные линии – барьеры с треугольным срезом;  $W_1 = W_2$

Таким образом, в настоящей работе с помощью прямого решения уравнения Шредингера для волновой функции электрона внутри потенциальных барьеров с вершинами ступенчатого вида и треугольной формы получены аналитические выражения для коэффициента туннельного прохождения. С их помощью рассчитаны зависимости величины этого коэффициента от энергии туннелирующих электронов, и проведен сравнительный анализ данных зависимостей для барьеров с двумя значениями толщины и высоты. Установлено, что для барьеров с разным срезом вершины для рассматриваемых случаев эти зависимости практически совпали. На основании этого для данных случаев расчет коэффициента туннелирования через барьеры с треугольным срезом.

### Литература

1. Baik S. J., Choi S., Chung U-In, and Moon J. T. Engineering on tunnel barrier and dot surface in Si nanocrystal memories // Solid-State Electron. 2004. Vol. 48. P. 1475–1481.
2. Ландау Л. Д., Лифшиц М. Е. Теоретическая физика: в 10 т. Т. III. Квантовая механика (нерелятивистская теория). М., 1989.
3. Büttiker M., Landauer R. Transversal time for tunneling // Phys. Rev. Lett. 1982. Vol. 49, No 23. P. 1739–1742.
4. Справочник по специальным функциям. С формулами, графиками и математическими таблицами / под ред. М. Абрамовица и И. Стигана. М., 1979.

### References

1. Baik S. J., Choi S., Chung U-In, and Moon J. T. Engineering on tunnel barrier and dot surface in Si nanocrystal memories // Solid-State Electron. 2004. Vol. 48. P. 1475–1481.
2. Landau L. D., Lifshits M. E. Theoretical physics: in 10 vv. Vol. III. Quantum mechanics. M., 1989. (in Russian)
3. Büttiker M., Landauer R. Transversal time for tunneling // Phys. Rev. Lett. 1982. Vol. 49, No 23. P. 1739–1742.
4. Special functions digest. With formulae, figures and tables. M., 1979. (in Russian)

**Леонов Ю.В.**

Частные исследования

Частное финансирование.

### ПРИРОДА МАГНИТНОГО ПОЛЯ

#### Аннотация

*В статье описана физическая модель магнитного поля, которая объясняет природу парамагнетизма и диамагнетизма, процесс теплового излучения проводника с током, отсутствие теплового излучения в постоянных магнитах, ферритах, несоответствие объёма теплового излучения протекающему току в колебательном контуре и в радиоантенне, суть электрического сопротивления и сверхпроводимости, а так же объясняет процесс образования электромагнитной волны и возникновение плоскости поляризации в ней.*

**Ключевые слова:** электричество, электродинамика, магнетизм, магнитное поле, электрическое поле, ферромагнетик, парамагнетик, диамагнетик, нагрев проводника, электрическое сопротивление, сверхпроводимость, постоянный магнит, феррит, колебательный контур, радиоантенна, электромагнитное поле, электромагнитная волна (ЭМВ), плоскость поляризации ЭМВ.

**Leonov Y.V.**

Private research

Private financing

### THE NATURE OF MAGNETIC FIELD

#### Abstract

*The article describes a physical model of the magnetic field which explains the nature of paramagnetism and diamagnetism, the process of thermal radiation of the current carrying conductor as well as the absence of thermal radiation in permanent magnets and ferrites. The article also explains why the volume of thermal radiation does not correspond to the current running in the oscillating circuit and in the radio antenna and illustrates the idea of electric resistance and superconductivity as well as the way an electromagnetic wave is formed and the polarization plane appears in it.*

**Keywords:** electricity, electrodynamics, magnetism. Magnetic field, electric field, ferromagnetic, paramagnetic, diamagnetic, conductor heating, electric resistance, superconductivity, permanent magnet, ferrit, oscillating circuit, radio antenna, electromagnetic field, electromagnetic wave (EMW), EMW polarization plane.

Статья принята

Статья ията

Статья изъята

Статья изъята



Статья изъята

Статья изъята

Статья изъята

Статья изъята

Статья изъята

Статья изъята

Статья изъята



Статья изъята

Статья изъята

Статья изъята

Статья изъята

Статья изъята

Статья изъята

Статья изъята



Статья инята

Статья изъята

Статья изъята

Статья изъята

Мещанинов Д.Г.<sup>1</sup>, Никитин И.В.<sup>2</sup><sup>1</sup>Кандидат физико-математических наук, доцент, <sup>2</sup>аспирант,  
ФГБОУ ВПО "Национальный исследовательский университет "МЭИ"

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №13-01-00684

**КЛАССЫ ПОЛИНОМОВ, СОХРАНЯЮЩИХ ОБОБЩЕННЫЕ ТОЧЕЧНЫЕ РАЗБИЕНИЯ  
БЕСКОНЕЧНОЙ ОБЛАСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ****Аннотация**

В статье рассматриваются замкнутые классы полиномов первой степени над кольцами  $A = \square, \square, \square$ , сохраняющих разбиения множества  $A$ , в которых ровно одно подмножество бесконечно, а число конечных подмножеств конечно. Устанавливается состав классов. Также доказывается алгоритмическая неразрешимость распознавания сохранения полиномом произвольной степени таких разбиений над кольцом  $\square$ .

**Ключевые слова:** функциональная система, полином, замкнутый класс, разбиение.

Meshchaninov D.G.<sup>1</sup>, Nikitin I.V.<sup>2</sup><sup>1</sup>PhD in Physics and Mathematics, <sup>2</sup>postgraduate Student, MPEI**CLASSES OF POLYNOMIALS PRESERVING GENERALIZED POINTLIKE PARTITIONS OF THEIR  
INFINITE DOMAIN****Abstract**

First-degree polynomials over rings  $A = \square, \square, \square$  are considered. Closed classes of polynomials preserving partitions of the domain  $A$  into a single infinite subset and finite number of finite ones are analysed. Contents of such classes is determined. As well it is proved that recognition of preserving these partitions by arbitrary-degree polynomials over ring  $\square$  is algorithmically unsolvable.

**Keywords:** function algebra, polynomial, closed class, partition.

В данной работе мы продолжаем исследования функциональных систем  $P(A)$  полиномов с операциями суперпозиции на бесконечной области определения

$A = \square, \square, \square, \square$ , начатые в [1–12]. Полиномом от переменных  $x_1, \dots, x_n$  над кольцом  $A$  называется выражение

$\sum_{\alpha_1, \dots, \alpha_n \in \square_+} a(\alpha_1, \dots, \alpha_n) x_1^{\alpha_1} \dots x_n^{\alpha_n}$ , где  $a(\alpha_1, \dots, \alpha_n) \in A$  – коэффициенты полинома  $f$ . Максимальное значение

$\alpha_1 + \dots + \alpha_n$  в этой формуле называется *степенью полинома  $f$* . Каждый полином  $f(x_1, \dots, x_n)$  над бесконечным

кольцом  $A$  задаёт ровно одну функцию  $A^n \rightarrow A$ . Мы отождествляем полином  $f$  с задаваемой им функцией, а также со всеми полиномами, получаемыми из  $f$  переименованием (без отождествления) переменных, а также введением и удалением фиктивных переменных.

В дальнейшем используются обозначения  $\tilde{x} = (x_1, \dots, x_n), \tilde{0} = (0, \dots, 0)$  для элементов из  $A^n$ .

Операции *суперпозиции* над функциями состоят в подстановке функции на места переменных функций, переименовании и отождествлении переменных. Функциональная система  $P(A)$  – это алгебра всех полиномов над кольцом  $A$  с операциями суперпозиции. Подалгебры функциональной системы называются *замкнутыми классами*.  $L(A)$  – это замкнутый класс в  $P(A)$ , состоящий из полиномов только первой и нулевой степени.

Элементы  $x, y \in A$  называются *эквивалентными относительно разбиения  $J$* , если они принадлежат одному классу разбиения (обозначение:  $x \sim y$ ). Векторы  $\tilde{x} = (x_1, \dots, x_n)$  и  $\tilde{y} = (y_1, \dots, y_n)$  из  $A^n$  эквивалентны ( $\tilde{x} \sim \tilde{y}$ ), если  $x_i \sim y_i$  при всех  $i = 1, \dots, n$ . Функция  $f(\tilde{x})$  (мы отождествляем функцию  $f: A^n \rightarrow A$  и реализующий ее полином) из  $P(A)$  сохраняет разбиение  $J$ , если для всех  $\tilde{x}, \tilde{y} \in A^n$  из условия  $\tilde{x} \sim \tilde{y}$  следует, что  $f(\tilde{x}) \sim f(\tilde{y})$ . Класс всех полиномов (и функций) из  $P(A)$ , сохраняющих эквивалентности на  $A$ , равносильные разбиению множества  $A$ , является замкнутым.

В [4] найден состав классов сохранения так называемых *точечных разбиений*  $J_m: A = \{m\} \cup \{x \in A, x \neq m\}$ , где  $m$  – фиксированный элемент из  $A$ . Эти разбиения выделяют одну точку в бесконечном множестве, образующей один из двух классов эквивалентности; второй класс бесконечен. Естественным представляется следующее обобщение таких разбиений: выделяем не одно, а несколько конечных подмножеств и оставляем одно бесконечное подмножество. В данной работе мы рассматриваем разбиения с произвольным конечным числом подмножеств произвольной конечной мощности и устанавливаем состав замкнутых классов сохранения этих разбиений в функциональных системах  $L(\square), L(\square), L(\square)$ . При выводе результатов существенным условием оказалось наличие ровно одного бесконечного подмножества в разбиениях.

Подобные проблемы связаны с прикладными задачами. Так, А.И. Мамонтовым намечены пути использования функциональных систем  $L(A)$  при анализе, поиске и классификации информации [5,8]. Кодирова данные конкретной предметной области элементами числового множества  $A$ , можно считать эквивалентными числа, соответствующие содержательно близким данным (например, словам-синонимам). Успех в применении такого подхода будет зависеть

от способа кодирования. Достаточно общий характер результатов настоящей работы открывает широкие возможности для дальнейших экспериментов.

### Основные понятия

Пусть  $A$  – одно из множеств  $\square, \square, \square$ . Введем разбиение

$$J : A = J_1 \cup \dots \cup J_r \cup J_\infty, \quad (1), \text{ где}$$

$$J_i = \{m_{i1}, \dots, m_{ik_i}\}, i = 1, \dots, r, \quad r \geq 1, \quad J_\infty = A, \quad (J_1 \cup \dots \cup J_r).$$

Разбиение (1) линейно упорядоченного множества  $A$  будем называть *симметричным*, если  $J_1 \cup \dots \cup J_r = \{m_1, \dots, m_k\}$ ,  $k \geq 2$ ,  $m_1 < \dots < m_k$ , для всех  $i = 1, \dots, k/2$  элементы  $m_i$  и  $m_{k+1-i}$  принадлежат одному классу  $J_{l(i)}$ , где  $l(i) \in \{1, \dots, r\}$ , и  $m_1 + m_k = m_2 + m_{k-1} = \dots = m_{q-1} + m_q$  при  $k = 2q$ ,  $q \geq 1$ ,

$$m_1 + m_k = m_2 + m_{k-1} = \dots = 2m_{q+1} \text{ при } k = 2q + 1, q \geq 1.$$

*Селекторной* называется функция (полином первой степени)  $f(x)=x$ , тождественно равная  $x$  (или любой другой переменной из счетного алфавита).

Все константы из  $A$ , рассматриваемые как 0-местные функции, и селекторные функции сохраняют любое разбиение.

### Разбиения $J$ множества $\square$

**Утверждение 1.** Если  $f(\tilde{x}) = b + \sum_{\alpha \neq 0} a(\tilde{\alpha})x_1^{\alpha_1} \dots x_n^{\alpha_n} \in P(\square)$ , и

$$d = \text{НОД}\{a(\tilde{\alpha}), \tilde{\alpha} \neq \tilde{0}\}, m_{ij} \not\equiv b \pmod{d} \text{ при всех } i = 1, \dots, r, j = 1, \dots, k_i, \text{ то полином } f \text{ сохраняет разбиение } J.$$

(В этом случае все значения  $f(\tilde{x})$  принадлежат  $J_\infty$ ).

**Утверждение 2.** Функция  $f(x) = ax + b, a \neq 0$ , из  $L(\square)$  сохраняет разбиение  $J$  тогда и только тогда, когда для всех  $i = 1, \dots, r$  и всех  $j = 1, \dots, k_i$  выполняется одно из следующих условий:

У1) разность  $m_{ij} - b$  не делится на  $a$ ;

У2) разность  $m_{ij} - b$  делится на  $a$ , причем существует  $l \in \{1, \dots, r\}$  такое, что  $(m_{ij} - b) / a \in J_l$  и для всех  $t = 1, \dots, k_l$  выполняется включение  $f(m_{it}) \in J_i$ .

**Доказательство.** Достаточность условия У1) для сохранения разбиения  $J$  следует из утверждения 1.

Пусть для всех  $i, j$  не выполняется ни одно из условий У1), У2). Тогда для некоторых  $i, j$  имеем:  $m_{ij} - b$  кратно  $a$ ,  $x_1 = (m_{ij} - b) / a \in \square$  и  $x_1 \in J_\infty$ . Значит,  $f(x_1) \in J_i$ . Множество  $J_\infty$  бесконечно, поэтому найдется  $x_2 \in J_\infty$  такое, что значение  $f(x_2)$  не принадлежит конечному классу  $J_i$ . Следовательно,  $x_1 \sim x_2$ , но  $f(x_1) \not\sim f(x_2)$ , поэтому функция  $f$  не сохраняет разбиение  $J$ .

Пусть для всех  $i, j$  не выполняется условие У1), но выполняется условие У2). Тогда каждое значение  $m_{ij}$  принимается функцией  $f$  в единственной точке  $x_1 = x_1(i, j) = (m_{ij} - b) / a$ , причем  $x_1$  принадлежит некоторому классу  $J_l$ , номер  $l \in \{1, \dots, r\}$  которого определен однозначно. Если  $x_2 \sim x_1$ , то  $x_2 \in J_l$  и  $f(x_1), f(x_2) \in J_i$  в силу условия У2).

В этом случае функция  $f$  сохраняет разбиение  $J$ , что завершает доказательство утверждения.

**Следствие 1.** Если  $r=1$  и  $J_1 = \{m_1, \dots, m_k\}$ , то функция  $f(x)=ax+b, a \neq 0$ , из  $L(\square)$  сохраняет разбиение  $J$  тогда и только тогда, когда для всех  $i = 1, \dots, k$  выполняется одно из следующих условий:

У1') разность  $m_i - b$  не делится на  $a$ ;

У2') разность  $m_i - b$  делится на  $a$ , причем  $(m_i - b) / a \in J_1$  и для всех  $t = 1, \dots, k$  выполняется включение  $f(m_t) \in J_1$ .

В частности, симметричное разбиение сохраняется функцией  $m_1 + m_k - x$ .

**Следствие 2** [4, утверждение 3]. Если  $r=1$  и  $J_1 = \{m\}$ , то функция  $f(x) = ax + b, a \neq 0$ , из  $L(\square)$  сохраняет разбиение  $J$  тогда и только тогда, когда  $m-b$  не делится на  $a$ .

**Следствие 3.** Если  $k_1 = \dots = k_r = 1$  и  $J_i = \{m_i\}, i = 1, \dots, r$ , то функция  $f(x) = ax + b, a \neq 0$ , из  $L(\square)$  сохраняет разбиение  $J$  тогда и только тогда, когда для всех  $i = 1, \dots, r$  выполняется одно из следующих условий:

У1") разность  $m_i - b$  не делится на  $a$ ;

У2") разность  $m_i - b$  делится на  $a$ , причем  $(m_i - b) / a = m_l$  для некоторого  $l \in \{1, \dots, r\}$ .

**Утверждение 3.** Если  $f(x_1, x_2) = a_1x_1 + a_2x_2 + b \in L(\square), a_1a_2 \neq 0, d = \text{НОД}(a_1, a_2)$ , то функция  $f$  сохраняет разбиение  $J$  тогда и только тогда, когда для всех  $i = 1, \dots, r$  и всех  $j = 1, \dots, k_i$  выполняется условие  $m_{ij} \not\equiv b \pmod{d}$ . (2)

**Доказательство.** Достаточность приведенного условия для сохранения разбиения  $J$  следует из утверждения 1. Докажем его необходимость.

Пусть для некоторых  $i, j$  справедливо представление  $m_{ij} - b = Md$ , где  $M \in \square$ . Уравнения  $f(x_1, x_2) = m_{ij}$  и  $a_1x_1 + a_2x_2 = Md$  равносильны и имеют бесконечное множество решений. В частности, существует решение  $(x_1, x_2)$  такое, что  $x_1, x_2 \in J_\infty$ . В то же время в силу бесконечности класса  $J_\infty$  найдутся  $y_1, y_2 \in J_\infty$  такие, что  $f(y_1, y_2) \in J_\infty$ . Получаем:  $x_1 \sim y_1, x_2 \sim y_2, f(x_1, x_2) \neq f(y_1, y_2)$ , т. е. функция  $f$  не сохраняет разбиение  $J$ . Утверждение доказано.

**Утверждение 4.** Полином  $f(x_1 \dots x_n) = a_1x_1 + \dots + a_nx_n + b$  при  $n \geq 2, a_1 \dots a_n \neq 0$  сохраняет разбиение  $J$  в том и только том случае, когда для всех  $i, j$  и  $d = \text{НОД}(a_1, \dots, a_n)$  выполняется условие (2).

**Доказательство.** Достаточность условия утверждения для сохранения разбиения  $J$  следует из утверждения 1. Покажем его необходимость, ограничиваясь, в силу утверждения 3, дополнительным условием  $n \geq 3$ . Если функция  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  сохраняет разбиение  $J$ , то его сохраняет и функция  $g(x_1, x_2) = f(x_1, x_2, 0, \dots, 0) = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$ . При этом  $\text{НОД}(a_1, a_2) = d_0$  и  $d_0 \equiv 0 \pmod{d}$ . Если  $m_{ij} \not\equiv b \pmod{d}$ , то  $m_{ij} \not\equiv b \pmod{d_0}$  и функция  $g(x_1, x_2)$  не сохраняет разбиение  $J$ . Утверждение доказано.

Следствием утверждений 3 и 4 является

**Теорема 1.** Класс  $U(J) \cap L(\square)$  состоит в точности из следующих функций:

1) всех констант из  $\square$  и селекторных функций;

2) функций  $ax + b$  таких, что для всех  $i = 1, \dots, r$  и всех  $j = 1, \dots, k_i$  выполняется одно из условий У1) или У2);

3) всех функций  $n, n \geq 2$ , переменных вида  $a_1x_1 + \dots + a_nx_n + b$ , для которых  $\text{НОД}(a_1, \dots, a_n) = d$  и все значения  $m_{ij}$  удовлетворяют условию (2).

**Теорема 2.** В функциональной системе  $P(\square)$  проблема распознавания принадлежности произвольного полинома из  $P(\square)$  классу  $U(J)$  алгоритмически неразрешима.

Задача сводится к распознаванию разрешимости диофантовых уравнений  $f(x_1, \dots, x_n) - m_{ij} = 0$ , т. е. 10-й проблеме Гильберта, которая имеет отрицательное решение.

Несмотря на отрицательный смысл теоремы 2, существует достаточное условие сохранения отношений  $J$  произвольным полиномом из  $P(\square)$  – утверждение 1.

Частным случаем этих результатов при  $r=k=1$  являются теоремы 5–7 из [6].

**Разбиения  $J$  множеств  $\square, \square$**

Теперь всюду  $A$  – одно из множеств  $\square, \square$ .

Упростим обозначения, полагая  $J_1 \cup \dots \cup J_r = \{m_1, \dots, m_k\}$ .

Если  $k \geq 2$ , то  $m_1 < \dots < m_k$ .

**Утверждение 5.** Если  $k \geq 2$ , то функция  $f(x) = ax + b, a \neq 0$ , из  $L(A)$ , удовлетворяющая условию  $\exists i \in \{1, \dots, k\} \forall j = 1, \dots, k (b \neq m_i - am_j)$ , (3) не сохраняет разбиение  $J$ .

**Доказательство.** Пусть  $x_1 = (m_i - b) / a$ . Тогда  $f(x_1) = m_i$ , а из условия (3) следует, что  $x_1 \in J_\infty$ . Класс  $J_\infty$  бесконечен, поэтому найдется  $x_2 \in J_\infty$  такое, что  $x_2 \neq (m_i - b) / a$  при всех  $i = 1, \dots, k$ , т.е.  $f(x_2) \in J_\infty$ . Имеем  $x_1 \sim x_2, f(x_1) = m_i, f(x_2) \in J_\infty, f(x_1) \neq f(x_2)$ . Утверждение доказано.

**Утверждение 6.** Если  $A$  – одно из множеств  $\square, \square$  и  $n \geq 2, a_1 \cdots a_n \neq 0$ , то полином  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \cdots + a_n x_n$  из  $L(A)$  не сохраняет разбиение  $J$ .

**Доказательство.** Покажем, что найдутся  $\tilde{x}, \tilde{y}$  из  $A^n$  такие, что  $\tilde{x} \sim \tilde{y}$ , но  $f(\tilde{x}) \neq f(\tilde{y})$ . Положим  $x_2 = c_2, \dots, x_n = c_n$ , где  $c_2, \dots, c_n$  – произвольные элементы множества  $A$ . Решим уравнение  $f(x_1, c_2, \dots, c_n) = m_1$ .

Получим  $x_1 = (m_1 - a_0 - a_2 c_2 - \cdots - a_n c_n) / a_1 = x_1(c_2, \dots, c_n)$ .

Выберем  $c_2, \dots, c_n$  так, чтобы  $(x_1, c_2, \dots, c_n) \in J_\infty$ . Для таких  $c_2, \dots, c_n$  рассмотрим унарную функцию  $g(x) = f(x, c_2, \dots, c_n)$ . Уравнение  $g(x) = m_1$  имеет ровно одно решение  $x = x_1$ , при этом  $g(x_1) \in J_\infty$ .

Имеется бесконечное множество значений  $y$  таких, что  $g(y) \in J_\infty$ . Среди них найдется  $y_1$  с условием  $y_1 \in J_\infty, y_1 \neq x_1$ . Тогда  $\tilde{x} = (x_1, c_2, \dots, c_n), \tilde{y} = (y_1, c_2, \dots, c_n)$ .

Утверждение доказано.

**Теорема 3.** Если  $A$  – одно из множеств  $\square, \square$  и  $k \geq 2$ , то класс  $L(A) \cap U(J)$  содержит в точности следующие полиномы:

- 1) все константы из  $A$  и селекторные функции;
- 2) функцию  $m_1 + m_k - x$ , если разбиение  $J$  симметрично.

**Доказательство.** Константы и селекторные функции сохраняют любое разбиение. Нетрудно также проверить, что функция  $m_1 + m_k - x$  сохраняет симметричное разбиение. Покажем, что других функций класс  $L(A) \cap U(J)$  не содержит. В силу утверждения 6 функция, сохраняющая разбиение  $J$ , должна зависеть не более чем от одной переменной. Рассмотрим такую функцию  $f(x) = ax + b, a \neq 0$ . Если она удовлетворяет условию (3), то, согласно утверждению 5, она не принадлежит классу  $L(A) \cap U(J)$ . Если условие (3) не выполняется, то решениями уравнений  $f(x_1) = m_1, \dots, f(x_k) = m_k$  являются различные элементы  $x_1 = m_{j(1)}, \dots, x_k = m_{j(k)}$  множества  $\{m_1, \dots, m_k\}$ . При  $a > 0$  получаем  $j(1) = 1, \dots, j(k) = k$ , откуда  $a = 1$  и  $b = 0$ . Если  $a < 0$ , то

$$j(1) = k, j(2) = k - 1, \dots, j(k) = 1, a = -1,$$

$b = m_1 + m_k = m_2 + m_{k-1} = \dots$  и разбиение  $J$  симметрично. Теорема доказана.

Теорема 3 дополняется следующим результатом из [6] для частного случая  $r = k = 1$ . При этом требование линейного упорядочения множества  $A$  излишне, и можно рассматривать также  $A = \square$ .

**Теорема 4 [4].** Если  $A$  – одно из множеств  $\square, \square, \square$  и  $r = k = 1, J_1 = \{m\}$ , то класс  $L(A) \cap U(J)$  содержит в точности следующие полиномы:

- 1) все константы из  $A$ ;
- 2) все одноместные функции  $f(x) = ax + m(1 - a), a \in A$ .

#### Литература

1. Мамонтов А. И. Исследование структуры замкнутых классов в функциональной системе линейных полиномов с целыми неотрицательными коэффициентами // Вестник МЭИ. 2006. № 6. С. 83–90.
2. Мамонтов А. И., Мещанинов Д. Г. Проблема полноты в функциональной системе линейных полиномов с целыми коэффициентами // Дискретная математика. 2010. Т. 22. Вып. 4. С. 64–82.
3. Мамонтов А. И. Проблема относительной полноты в функциональной системе линейных полиномов с рациональными коэффициентами // Вестник МЭИ. 2011. № 6. С. 133–142.
4. Мещанинов Д. Г., Никитин И. В. Функционально замкнутые классы полиномов, сохраняющих некоторые эквивалентности на числовых множествах // Вестник МЭИ. 2011. № 6. С. 14–23.
5. Мамонтов А. И. Применение функциональных систем полиномов при классификации и поиске информации // Вестник МЭИ. 2012. № 6. С. 117–123.
6. Мещанинов Д. Г., Никитин И. В. Классы сохранения пороговых разбиений в функциональных системах полиномов // Вестник МЭИ. 2012. № 6. С. 132–141.
7. Мещанинов Д. Г., Никитин И. В. Классы полиномов, сохраняющих разбиения области определения на промежутки равной длины // Вестник МЭИ. 2013. № 6. С. 147–153.
8. Мамонтов А. И. Организация классификации с использованием функциональных систем линейных полиномов // Вестник МЭИ. 2013. № 6. С. 37–42.
9. Мамонтов А. И., Мещанинов Д. Г. Алгоритм распознавания полноты в функциональной системе  $L(Z)$  // Дискретная математика. 2014. Т. 26. Вып. 1. С. 85–95.



## References

1. Mamontov A. I. Issledovanie struktury zamknutyh klassov v funkcional'noy sisteme lineynyh polinomov s celymi neotricatel'nymi koefitsientami // Vestnik MEI. 2006. № 6. S. 83–90.
2. Mamontov A. I., Meschaninov D. G. Problema polnoty v funkcional'noy sisteme lineynyh polinomov s celymi koefitsientami // Diskretnaya matematika. 2010. T. 22. Vyp. 4. S. 64–82.
3. Mamontov A. I. Problema odnositel'noy polnoty v funkcional'noy sisteme lineynyh polinomov s racional'nymi koefitsientami // Vestnik MEI. 2011. № 6. S. 133–142.
4. Meschaninov D. G., Nikitin I. V. Funkcional'no zamknuty klassy polinomov, sohranyayuschih nekotorye ekvivalentnosti na chislovyh mnozhestvah // Vestnik MEI. 2011. № 6. S. 14–23.
5. Mamontov A. I. Primenenie funkcional'nyh sistem polinomov pri klassifikatsii i poiske informatsii // Vestnik MEI. 2012. № 6. S. 117–123.
6. Meschaninov D. G., Nikitin I. V. Klassy sohraneniya porogovyh razbieni v funkcional'nyh sistemah polinomov // Vestnik MEI. 2012. № 6. S. 132–141.
7. Meschaninov D. G., Nikitin I. V. Klassy polinomov, sohranyayuschih razbieni oblasti opredeleniya na promejutki ravnoy dliny // Vestnik MEI. 2013. № 6. S. 147–153.
8. Mamontov A. I. Organizatsiya klassifikatsii s ispol'zovaniem funkcional'nyh sistem lineynyh polinomov // Vestnik MEI. 2013. № 6. S. 37–42.
9. Mamontov A. I., Meschaninov D. G. Algoritm raspoznavaniya polnoty v funkcional'noy sisteme  $L(Z)$  // Diskretnaya matematika. 2014. T. 26. Vyp. 1. S. 85–95.

Надарейшвили М.М.,<sup>1</sup> Абрамишвили М.Г.,<sup>1</sup> Квачадзе В.Г.,<sup>2</sup> Цакадзе С.Дж.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кандидат физ.-мат. наук, <sup>2</sup>доктор физ.-мат. наук.

Тбилисский государственный университет, институт физики им.Э.Андроникашвили

# ПОСТРАДИАЦИОННОЕ НАКОПЛЕНИЕ $F_4$ ЦЕНТРОВ В ГАММА-ОБЛУЧЕННЫХ КРИСТАЛЛАХ LiF

*Аннотация*

Исследовано пострadiaционное накопление  $F_4$  центров в гамма-облученных ( $1 \div 5 \times 10^6 R$ ) кристаллах LiF после комбинированного (одновременного или последовательного) воздействия умеренным теплом (температура отжига  $140\text{--}160^\circ C$ ) и постоянным электрическим полем ( $1800\text{--}3000 V$ ). Проведен анализ полученных результатов.

**Ключевые слова:** гамма облучение, центры окраски,  $F_4$  центры.

Nadareishvili M.M.,<sup>1</sup> Abramishvili M.G.,<sup>1</sup> Kvachadze V.G.,<sup>2</sup> Tsakadze S.J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>PhD in Physics and Mathematics, <sup>2</sup>PhD in Physics and Mathematics,

Tbilisi State University, E.Andronikashvili Institute of Physics

# POSTRADIATION ACCUMULATION OF $F_4$ CENTERS IN GAMMA-IRRADIATED LiF CRYSTALS

*Abstract*

The postirradiation accumulation of  $F_4$  centers in gamma-irradiated ( $1\text{--}5 \times 10^6 R$ ) LiF crystals was studied. After gamma-irradiation, the LiF crystals were exposed (simultaneously or sequentially) to moderate temperature ( $140\text{--}160^\circ C$ ) and a static electric field ( $1,800\text{--}3,000 V$ ). The obtained results are discussed.

**Keywords:** gamma irradiation, color centers,  $F_4$  centers

## 1. Introduction

In the second half of the last century, by various investigation techniques, it was found that, in lithium fluoride monocrystals irradiated with high fluencies ( $>10^{18} N/cm^2$ ) in the reactor, metal particles  $10^3\text{--}10^4$  Å formed. These values are proportional to nanoparticle sizes. Hence the investigation of the mechanisms of colloid particles aggregation will help us to produce metal particles in the medium of interest.

Of special note are the results of postirradiation annealing ( $400\text{--}500^\circ C$ ) of the LiF crystals irradiated in the reactor, particularly the color spots observed by using an optical transmission microscope [1]. By microspectrophotometric analyses of such crystals, absorption bands with maxima at wavelengths 462, 487, 515 and 525 nm were recorded. According to K. Kubo, the above-mentioned color spots were due to the absorption of lithium particles of different sizes formed in the crystal.

At that time it was popular to study colloid particles and their precursors, quasicolloid ones, by annealing the samples irradiated in the reactor. However, the annealing failed to serve completely the function of selection for separating and investigating one or other process. First, the annealing was carried out at rather high temperature ( $>300^\circ C$ ) which could reduce the resources of color centers and hence limit the evolution of complex centers. At the same time, the particles formed were not uniform in size, etc.

Besides, the examination of colloid particles in the LiF monocrystals by the method of optical absorption is hindered by the fact that the optical absorption band of colloid particles (450–550 nm [1]) is overlapped by that of complex color centers  $F_4(N_1, N_2)$  ( $N_1\text{--}517$  nm,  $N_2\text{--}549$  nm [2]). Moreover, when the mechanism of aggregation of the colloid centers is considered, the  $F_4$  centers could be one of the elements in the formation of colloid centers. A comprehensive investigation of these centers has not been feasible so far, which is confirmed by the statement of the authors of work [2]. From the preceding, the necessity in the investigation of the above-mentioned problems by relatively novel methods is evident. We believe that the methods of the combined action of various external fields on colored alkaline halide crystals could be efficient in this field. The investigation results reported in work [3] argue in favor of this idea. In that investigation, colored crystals were exposed to UV radiation and the static electric field. In this manner, stable  $F_2^+$  centers, which usually disintegrate at room temperature, were obtained.

Thus, based on the previous experience, it is possible to create such a combination and conditions of external fields that will work in the given spectrum region. For instance, when a combination of UV radiation, for the ionization of neutral centers, and the static electric field is used for production of stable  $F_{2+}$  centers in preliminarily colored LiF crystals, moderate temperature (which will promote the diffusion of existing elemental centers and, at the same time, will not reduce the resources of color centers) and the electric field would be appropriate to use.

## 2. Samples and Methods

The test samples ( $0.5 \times 1.0 \times 1.0$  cm in dimensions) were cut out of the LiF monocrystal block. Among the impurities, bivalent Mg ions prevailed ( $\approx 2.6 \times 10^{-3}$  wt. %). The amount of other impurity ions (Fe, Pb, Si, Mn, Al and Cu) did not exceed  $\approx 10^{-4}$  wt. % in total.

The gamma-irradiation was performed in an indium-gallium gamma loop allowing carry out the irradiation at room temperature, the radiation dose  $8 \times 10^{-5}$  R with the maximum energy of gamma-rays 2.1 MeV.

The optical absorption spectra were detected in the wavelength range from 200 to 900 nm at room temperature with the help of spectrophotometer AvaSpec-2048.

## 3. Results and Discussion

Figure 1 shows the optical absorption spectra of colored LiF (gamma-irradiation  $5 \times 10^{-6}$  R) before the treatment (Curve 1) and after the combined treatment (Curve 2).

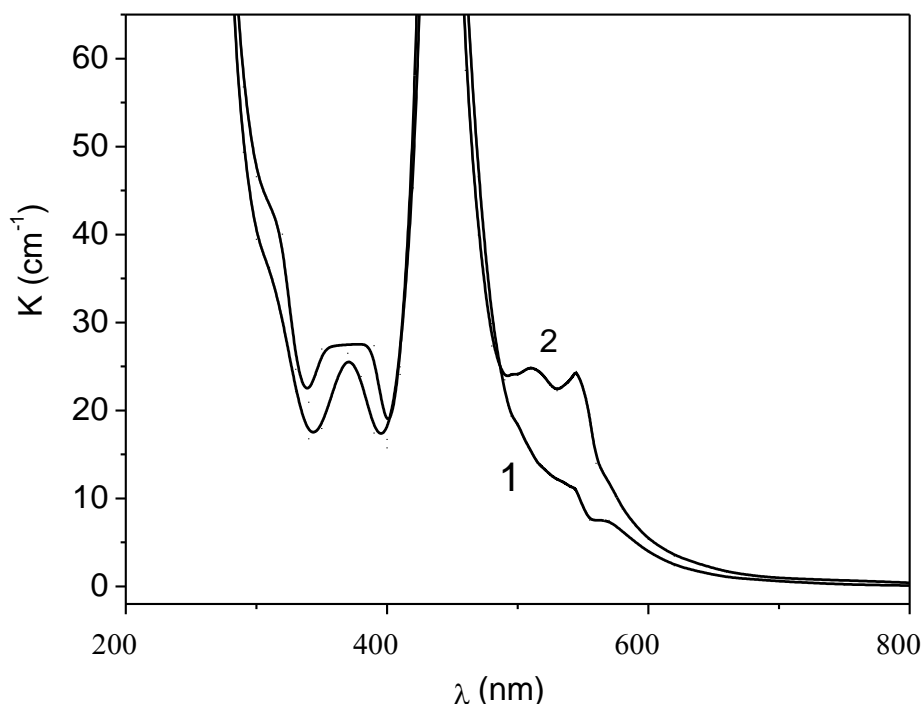


Fig. 1 – Optical absorption spectra of gamma-irradiation ( $5 \times 10^{-6}$  R) LiF crystals: Curve 1- before treatment; Curve 2- after combined treatment

The static electric field was applied to the sample at  $150^\circ\text{C}$  ( $U = 3\text{KV}$ , exposure 4 hours). The spectrum recorded after switching-off of the electric field and cooling of the sample to room temperature showed a distinct increase in the number of aggregate centers  $F_3$  ( $R_1$ -316 nm,  $R_2$ -374 nm) and  $F_4$  ( $N_1$ -505 nm,  $N_2$ -549 nm) (Fig. 1, Curve 2). This occurred at the expense of F and  $F_2$  centers:

$\Delta K_F = K_{OF} - K_{IF} = 200 - 170 = 30\text{ cm}^{-1}$ ;  $\Delta K_{F_2} = K_{OF_2} - K_{IF_2} = 133 - 98 = 41\text{ cm}^{-1}$ , where  $\Delta K_F$  and  $\Delta K_{F_2}$ , and  $K_{OF}$ ,  $K_{IF}$ ,  $K_{OF_2}$  and  $K_{IF_2}$  are the absorption coefficients at maxima of the F and  $F_2$  bands before the combined treatment and after it, respectively.

By selecting the conditions of the combined treatment, it must be possible to produce bigger quasicolloid Formations, i.e. to create such a medium depleted in fluoride that will promote the second-kind phase transition and the formation of the metal phase in the alkaline halide crystal.

For the analysis of the combined action fields, it was of interest to determine the share of each field separately.

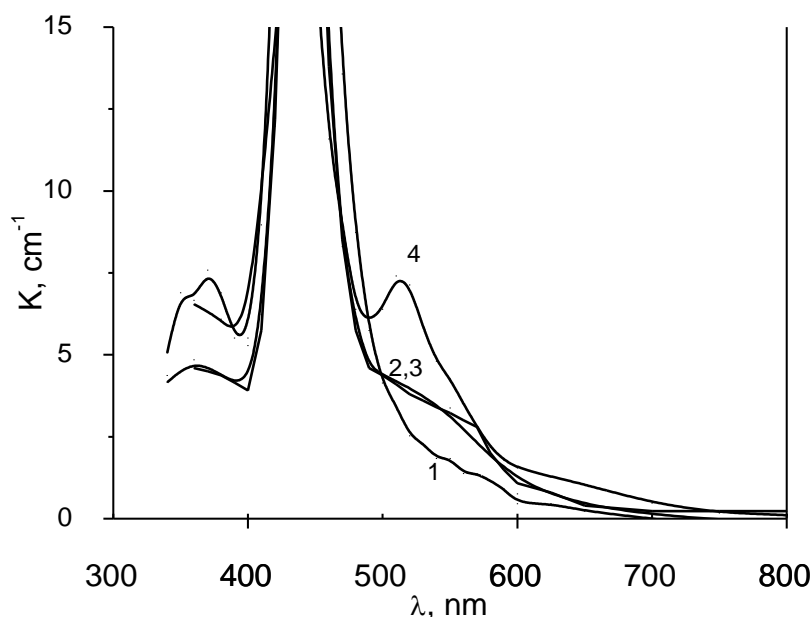


Fig. 2 – Optical absorption spectra of gamma-irradiated LiF crystals ( $1.5 \times 10^6$  R): Curve 1- before annealing; Curve 2 and 3-after annealing at 140 and 160°C, respectively; Curve 4- after combined treatment

In order to clear up the action of each field, we took the crystals irradiated with a lower dose ( $< 5 \times 10^6$  R). In Fig. 2, Curve 1 corresponds to the LiF sample after irradiation ( $1.5 \times 10^6$  R). Curve 2 and 3 to the irradiated sample after annealing at 140 and 160°C, respectively, for 3 hours. Curves 2 and 3 coincided in spite of temperature difference of 20°C. When, alongside with annealing, the electric field ( $U=1800$  V) was applied to the sample, Curve 4 was recorded. The intensity of the main maximum ( $\lambda=510$ nm) doubled. Besides, the Formation of  $F_{2+}$  centers was observed as indicated by the increase in the absorption the wavelength range 600-700 nm. In this case, along with partial disintegration of F and  $F_2$  centers, the disintegration of  $F_{3+}$  centers took place-the  $F_2$  band shifted to the left by 10nm.

In our opinion, the post irradiation annealing of the colored crystal at moderate temperature increased the intensity of diffusion of elemental color centers (Fig 2, Curve 2and 3). Under the combined treatment, similar to [3], in addition the barrier reduced in a certain direction, which increases the probability of aggregation of elemental centers. That is why, under the combined action of temperature and the electric field, the accumulation of  $F_4$  significantly increased.

The data given in the table below point to a dominant role of the electric field.

In the two experiments presented in the table, there was only one difference-the temperature differed by 10 °C. Such a small difference turned out to be enough for a considerable difference in the accumulation of  $F_4$  centers, while at  $U=0$  even the 20°C difference was not pronounced (Fig.2, Curves 2and 3). Hence, the static electric field allows using more completely elemental and relatively simple resources for accumulation (aggregation) of  $F_4$  centers.

Table 1 – Data on the gamma-irradiated LiF crystals ( $5 \times 10^6$  R)

Sample №	Temperature, °C	Voltage U, Volt	Exposure Time, hours	$\Delta K_{F_4}$ , cm <sup>-1</sup>
1	150	3000	4	9.5
2	140	3000	4	7.2

#### 4. Conclusion

The low-temperature annealing ( $\leq 160$  °C) and the applied static electric field (1800-3000 V) caused intense postirradiation accumulation of aggregate color  $F_4$  centers in gamma-irradiated LiF crystals. At the same time, the concentration of simpler centers ( $F$ ,  $F_2$  and  $F_{3+}$ ) decreased. The efficiency of the electric field in the processes under study was revealed.

#### References

1. K. Kubo, J. Phys. Soc. Japan 10 (1963) 1703.
2. Vincenti, M.A.; Montereali, R.M.; Baldacchini, G.; Kalinov, V.S.; Voitovich, A.P. Opticalspectroscopy of F2 and F3+ color centers in gamma irradiated lithium fluoride crystals; Servizio Edizioni Scientific ENEA Centro Ricerche Frascati, 65 – 00044 Frascati, Rome, Italy, 2009.
3. G.Abramishvili, M. Abramishvili, M. Galustashvili, T. Kalabegishvili, V. Kvatchadze, V. Tavkhelidze G Journal of Luminescence 140 (2013) 126–129.

Николаев А.Н.<sup>1</sup>, Шариков Ю.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Аспирант 3-го года обучения, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»;

<sup>2</sup>профессор, доктор технических наук, доцент, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

## ПРОБЛЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СГУЩЕНИЯ И ВОЗМОЖНЫЙ МЕТОД ЕЕ РЕШЕНИЯ

*Аннотация*

*В этой статье, были исследованы производственные данные (Талнахская обогатительная фабрика). Был проведен их анализ и выявлены основные факторы, влияющие на конечный продукт. В ходе исследования было оценено соотношение между плотностью сгущения и качества выпускаемой продукции. Были выбраны факторы, влияющие на стабильную работу сгустителя, и создана его статистическая модель.*

**Ключевые слова:** Обогатительная фабрика, сгущение пульпы, реагент, выходной концентрат, плотность пульпы, моделирование процесса сгущения.

Nikolaev A.N.<sup>1</sup>, Sharikov Y.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Postgraduate student, National Mineral Resources University (Mining University); <sup>2</sup>professor, Doctor of Technical Science, National Mineral Resources University (Mining University)

## THE PROBLEM OF STABILIZATION OF THE THICKENING PROCESS AND POSSIBLE METHOD TO SOLVE IT

*Abstract*

*In this paper, the production data were investigated (Talnahskaya mineral – processing plant). It was carried out their analysis and revealed the main factors, which influence on the final product. Relationship was evaluated between the thickening density and quality of the output product. Factors influencing on the stable thickener work were chosen. Statistical thickener model has been created.*

**Keywords:** Mineral – processing plant, pulp thickening, reagent, output concentrate, pulp density, simulation of thickening process.

### Introduction

The thickening process is one of the most important and most common processes of metallurgy, ore-dressing treatment, and other many industries. Thickening is a process of increasing the solids concentration in the slurry due to sedimentation of solid particles and simultaneous removal of the purified water layer. The process of thickening pursues the following objectives:

1. Obtain thickened product;
2. Obtain a clean sink;
3. To achieve both objectives.

Thickening is a very complex process with many disturbances and, therefore, its automation and control is a rather difficult and complicated problem.

Quality of output product is directly dependent on the quality of the thickening process, that is why many scientists are now engage in the creation and improvement of control systems and optimizing thickening systems.

For create such system, we need to study thickening process in detail, to explore all the factors, which influence on the course of the process, set all the dependencies. Next, we need to treat the results and to create a corresponding model.

### Research

As mentioned above, the thickening process directly affects to the quality of the output concentrate. If this process is not stable, then resulting output product is not stable as well. To stabilize the thickening process is necessary to create an automated system that could bring all the quality thickening indicators to ideal.

For our research, we took the production data from the Talnakh Ore Dressing Plant (Norilsk Nickel). They contained per-minute values of the following variables: the average density of the entire department of condensation; the density of each thickener; power consumption, the level of each thickener; the level of the junction box; pulp density in the junction box; Ni content of the concentrate outlet; supply flotation reagents in the flotation separation. 16,000 values in total. We decided to carry out their treatment in a specialized environment, Proficy Troubleshooter.

Proficy Troubleshooter is software package from the company GE Intelligent Platforms, offers a huge selection of analytical tools. It uses advanced technology to extract knowledge from existing historical operating and production data.

Proficy Troubleshooter can be used for batch processes and for work with continuous processes. This package allows to determine the technological problems and their causes, by modeling of the process based on the existing production data. Proficy Troubleshooter is essentially a Historian server with the presence of intellectual component.

When you identify the causes of deviations and problems in the process, and also the impact of processes on the equipment, it will be easier to understand the relationship between the data. It is also possible to work out production scenario without using real hardware.

The main advantages of this software package are:

1. Identification of possible causes and variations in processes
2. Implementation of various scenarios
3. Automatic determination of production data process laws
4. Evaluation of benefits introducing recommendations

Initially it was required to analyze the variables, which influence on output Ni concentrate. With Proficy Troubleshooter found that: the correlation relationship between Ni content and average density of all thickeners  $\eta = 86, 63\%$ ; correlation relationship between Ni content and thickener loading  $\eta = 64, 73\%$ ; correlation relationship between Ni content and average flotation reagent  $\eta = 65, 43\%$ , where  $\eta$  – correlation coefficient.

As we can see from the above data, the greatest impact on the output product has an average density of pulp withdrawn from the thickening separation.

Also, with using one of the Continuous Troubleshooter function, it was monitored for change in the Ni content value with changing the average density of thickeners.

This feature allows us to track changes in the numerical output value, and helps to determine the optimal value of the pulp density. In order to obtain the optimum concentrate with Ni content equal 9%, this value must be 1.5 kg / l.

From studies above, we can see that to optimize the thickening process, we need to obtain a stable thickening pulp density, in this case this value is 1.5 kg / l.

In our case, in the thickening department there are 4 thickeners and one junction box. Consequently, it is necessary to bring the density of each thickener to a value of 1.5 kg / l. To solve this problem, we needed to identify all value, which influence to the density, and build a model of the thickener with a control loop.

For search dependencies and optimal values, we used data from Talnakh Concentrator. This data is loaded into a software package Proficy Troubleshooter for treatment. In our case, the flocculant dosing is not measured, it is fed by hand and making it difficult for stabilization process. The data loaded into the Proficy Troubleshooter include the following values: output density; loading and unloading of the thickener, the thickener levels, the current supplied to the thine thickener.

After the research, the following results were obtained. It was identified the major value, which influence on the density. Thickener charging in relation to the density has a correlation value  $\eta = 83, 25\%$ . Thickener unloading in relation to the density has a correlation value for  $\eta = 92, 96\%$ . As we can see, control of thickener for stabilization of density may produce by controlling loading and unloading of the thickener.

The statistical thickener model was created with one of the Proficy Troubleshooter functions. The model has a coefficient of determination equal to 96%. This percentage is high enough to recognize that the model is adequate. When we submitted production data to the input of the model, on output were received values, which have maximum approximation with experience data. In Figure 1, you can see the results of the model work.

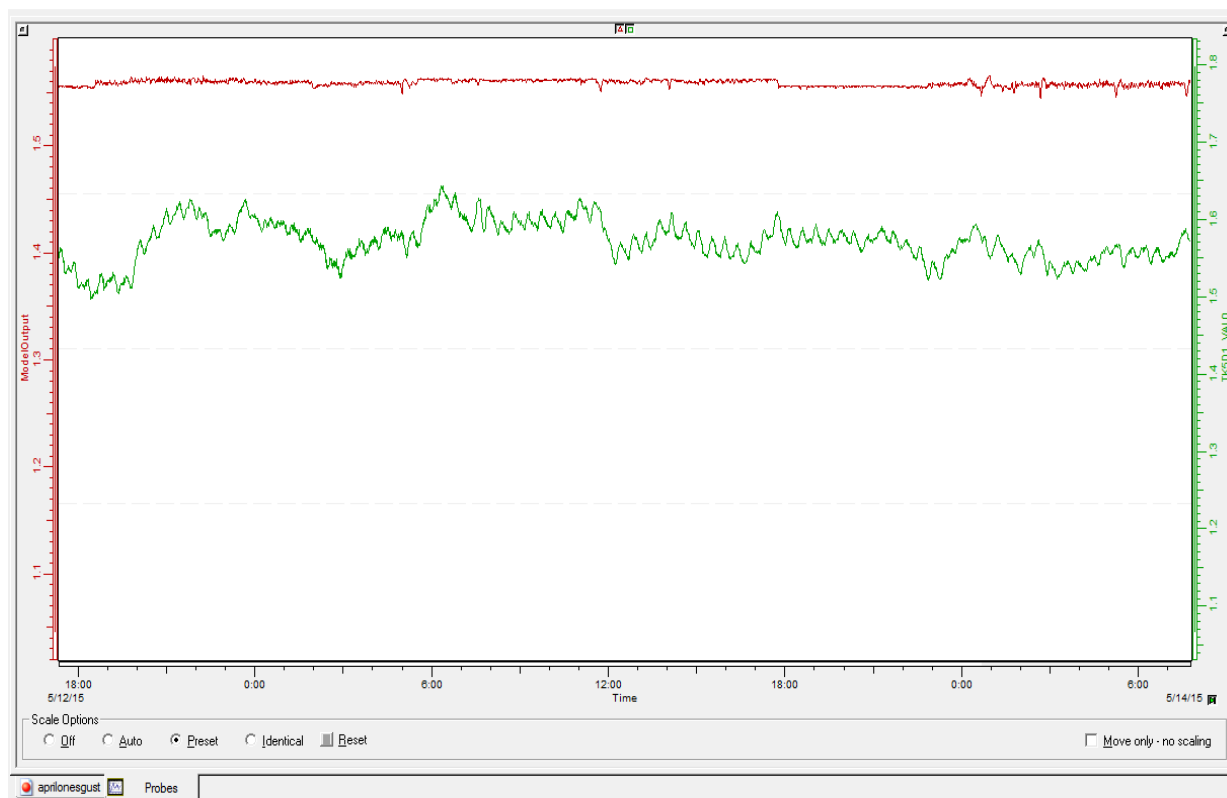


Fig. 1 – Real Output density against Model output density [1]

Proficy Troubleshooter allows us to optimize of the received model. With the help of a specialized Non Linear Optimization unit we added several conditions, first of all, we pointed out that it is necessary to minimize the difference between a 1,5 and a output model, and secondly, we choosed variable for control, in our case it is a thickener discharge, because this value has the highest correlation. The obtained results are shown in Figure 2.

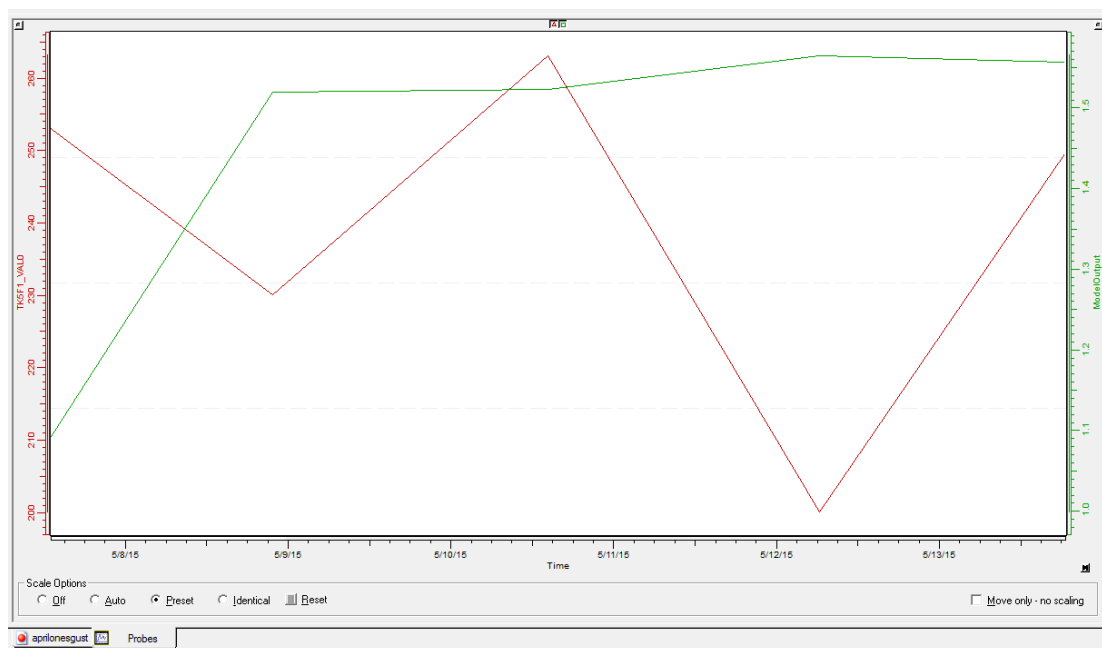


Fig. 2 – Control of the output density [2]

### Conclusions

After research we can make following conclusions:

1. Unstable thickening process leads to huge material losses. This is losses of expensive reagent, not full recovery of product, huge losses in the tails. The system of stabilization is required to solve these problems. With such system we could get the optimum value of extracting useful product.
2. Based on studies we was selected parameter which should be stabilized to obtain high-quality output product -this is the average density of the suspension.
3. The study with using a software package Proficy Troubleshooter has been conducted and were found values, which affects to the average pulp density, in our case it is loading and unloading thickener.
4. The statistical thickener model has been built. This model was considered to obtain possibility to control thickening process by means of loading and unloading.

### References

1. Kostryukova T. N., Zarubin R. V., Kotenev D. V. Technological instruction of ores enrichment on the Talnakhskaya mineral-processing plant. – Talnakh, 2004. – 333 p. (rus)
2. Bolotaeva, I. I. Research and development of automated process control system in the thickened pulp industry. – Vladikavkaz, 2006. – 127 p. (rus)
3. Tekiev V. M., Podunov V. S., Petrosyants S. A. Development of a mathematical model of a thickening process. – SKGMI, 1974. – 37 p. (rus)
4. Kamynin L. I. Course of mathematical analysis. – Moscow: MGU. Tom 1, 2001. – 624 p. (rus)
5. Shishkin E. V., Chkhartishvili A. G. Mathematical methods and models in the management. – Moscow: Delo, 2000. – 431 p. (rus)



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

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

**Попков В.И.**

Кандидат физико-математических наук, доцент Самарского государственного технического университета, старший научный сотрудник СамараНИПИнефть НК «Роснефть»

**ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ВЯЗКОУПРУГОСТИ ДЕФОРМИРУЕМОЙ ФИЛЬТРАЦИИ, МОДЕЛИРОВАНИЕ МАССОПЕРЕНОСА И ДИФфуЗИИ****Аннотация**

*В статье рассмотрено решение геомеханики явления природной и техногенной сверхпроводимости и уплотнения пластичной деформации кавернозно-порового разупрочнения геосреды. Пластовые деформации в совокупности с динамическими фазовыми моментами поровой жидкости оказывают влияние на проницаемость и характер фильтрации в уплотненно-разуплотненной области дренирования. Представлено аналитическое решение и анализ нового «второго» закона Дарси (Фика) с учетом энергии вторых моментов деформации.*

**Ключевые слова:** деформация, диффузия, проницаемость, массоперенос, разуплотнение, геосреда

**Popkov V.I.**

Philosophy Doctor (Physics and Maths), associate professor at Samara State Technical University, Senior Research Fellow at "SamaraNIPIneft", OC "Rosneft"

**GENERALIZED VISCOUS-ELASTICITY MODEL OF DEFORMED FILTRATION, SIMULATION OF MASS TRANSFER AND DIFFUSION****Abstract**

*The paper discusses the solution of geo-mechanical phenomenon of natural and man-made super-conductivity and compaction of plastic deformation of geo-sphere cavernous porous strength degradation. Rock deformation in combination with dynamic phase moment in porous fluid provides an effect upon permeability and nature of filtration in compacted/de-compacted drainage area. The author presents the analytical solution and analysis of a new "second" Darcy (Fick's) Law in view of deformation second moment energy.*

**Keywords:** deformation, diffusion, permeability, mass transfer, de-compaction geo-sphere

Развитие и эволюция трещиноватой сплошной среды - достаточно известная проблема механики, с которой столкнулась наука при описании и моделировании разработки нефтегазовых месторождений [8]. Тема стала особенно актуальна в последние годы, когда к традиционным поровым коллекторам подключены сложнопостроенные нефте-газонасыщенные, уплотненно-разуплотненные коллектора различной структуры диагенеза [9]. Идентификация таких моделей представляется актуальной задачей современной науки, геологии, разработки, экологии и экономики. Репрезентативность выборки конкретной математической модели и ее параметров влияет на качество проектных решений, гидродинамического моделирования [21].

**Пространство состояний, стоячие волны**

Введем в рассмотрение пространство состояний, координатами которого являются параметры состояния  $\mu^i$  фазового пространства. Подобной моделью сплошной среды является поровая геосреда [18,19] забоя скважины или субдукции дна океана. Таким сложным состоянием системы служит приток многофазной жидкости, включающий пластичные и твердые субстанции. Для таких моделей считают, что напряжения зависят не только от деформаций и температуры, но от их предыстории.

Определение параметров состояния связано с решением нелинейных задач математически трудной теории распространения волн конечной амплитуды в тяжелой жидкости. Частным видом решений уравнений являются решения типа прогрессивной стоячей волны  $F(x,y,z,k,\omega,t)=Real Ae^{i(kr-\omega t)}$ , где  $k=k_x i+k_y j+k_z l$ ,  $\omega$  - круговая частота,  $A$  - постоянная,  $r$  - радиус-вектор,  $F$  - искомые функции. Если  $k$  и  $\omega$  - постоянные, то волна распространяется как твердое тело, а если - функции состояния, то разные состояния имеют различную скорость и форма деформируется.

**Субмикроскопическое равновесие**

В субмикроскопической динамике отдельных частиц, описываемой классической механикой, временная симметрия определенно имеет место. Но на практике мы мало что знаем о поведении отдельных составных частей системы. Важный вопрос состоит в том, достаточно ли исходного знания усредненных «общих» параметров для практического определения динамического поведения системы с адекватной степенью точности.

На основе анализа результатов исследований по определению размера пор, их распределения и участия в фильтрации, полученных на многочисленных образцах и моделях полевых испытаний с динамическими относительными фазовыми проницаемостями, обоснована новая, более адекватная, модель строения коллекторов и реологии жидкостей с учетом деформации. Она обеспечивает подсчет извлекаемых запасов углеводородов объемным способом с точностью, которая принципиально не может быть достигнута при использовании принятой на сегодня модели на основе закона Дарси и уравнений газовой динамики типа Эйлера [12,14-16].

**Выветривание и седиментация порового пространства, поверхности разрывов и трещиноватость**

При изучении непрерывных движений жидкости и упругих тел границу между ними можно рассматривать как поверхность разрыва, на которой необходимо выставлять специальные условия, играющие роль краевых условий на подвижных и неизвестных заранее границах. Оказывается, что на поверхностях разрыва между характеристиками движения и состояния должны выполняться некоторые универсальные энергетические соотношения. Для получения непрерывных решений необходимо обращаться к другой, более сложной модели, например, уравнениям движения Навье - Стокса и вводить дополнительные соотношения учета диссипативных эффектов, возникающих за счет резких градиентов распределения скоростей, температур, плотностей, давлений и т.п.

Одним из примеров таких резко неоднородных поверхностей являются структурные поверхности трещиноватости, фациальных и фазовых границ порового пространства. В качестве модели подобной деформируемой



структуры выступает модель притока скважины. Задача состоит в том, чтобы построить устойчивое решение развития пласта и скважины во времени и пространстве.

Миграция и диффузия микроструктуры определяются существенно нелинейными процессами взаимодействия физико-химических и гидродинамических флуктуаций, электромагнитными и тепловыми процессами порождения, конвективного переноса, адсорбции, десорбции и диссипации с последующим осаждением, уплотнением и массопереносом разрушенных частиц по потоку. В непосредственной близости от поверхности вязкого подслоя можно достоверно описать пульсационные и осредненные характеристики уравнениями Навье-Стокса [1].

### Структурная модель

При моделировании пористости со сложной реологией петрофизических свойств широко применяются структурные математические модели, с помощью которых можно описать многие нелинейные эффекты фильтрации, неупругого деформирования и разрушения. Поликристаллический скелет и вязкоупругие свойства моделируются системой слоев, работающих на растяжение - сжатие и вязкое течение. Деформации локального элемента представлены в виде  $\varepsilon_i = e_i + e_i^p + p_i$ , где  $e_i$  - упругая деформация,  $e_i^p$  - пластическая,  $p_i$  - ползучести. Ориентация элемента задается углами  $\theta$  и  $\varphi$  ( $0 \leq \theta \leq \pi/2$ ,  $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ ), рис.1.

Использовались уравнения равновесия [4-7]:

$$\langle \sigma_x \rangle = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi/2} \cos^2 \theta \sin \theta d\theta \int_0^{2\pi} \sigma(\theta, \phi) d\phi,$$

$$\langle \sigma_y \rangle = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi/2} \sin^2 \theta d\theta \int_0^{2\pi} \sigma(\theta, \phi) \cos^2 \phi d\phi,$$

$$\langle \sigma_z \rangle = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi/2} \sin^2 \theta d\theta \int_0^{2\pi} \sigma(\theta, \phi) \sin^2 \phi d\phi,$$

совместности  $\varepsilon(\theta, \varphi) = \langle \varepsilon_x \rangle \cos^2 \theta + \langle \varepsilon_y \rangle \sin^2 \theta \cdot \cos^2 \varphi + \langle \varepsilon_z \rangle \sin^2 \theta \cdot \sin^2 \varphi$  и однородности деформаций  $\langle \varepsilon_x \rangle = \varepsilon(0, \varphi)$ ,  $\langle \varepsilon_y \rangle = \varepsilon(\pi/2, 0)$ ,  $\langle \varepsilon_z \rangle = \varepsilon(\pi/2, \pi/2)$ . Здесь  $\sigma(\theta, \varphi)$  - напряжения,  $\varepsilon(\theta, \varphi)$  - деформации,  $\langle \sigma_x \rangle$ ,  $\langle \sigma_y \rangle$ ,  $\langle \sigma_z \rangle$  - макронапряжения;  $\langle \varepsilon_x \rangle$ ,  $\langle \varepsilon_y \rangle$ ,  $\langle \varepsilon_z \rangle$  - макродеформации.

В настоящей работе сделана сравнительная оценка влияния продольных и поперечных колебаний поверхности вязкоупругого слоя на рейнольдсовы напряжения с учетом смешанного нагружения. На основе уравнения массопереноса и сохранения количества движения Навье - Стокса получено энергетически устойчивое обобщение Дарси вплоть до производных вторых моментов, закон квадратичного уплотнения коллекторов [1-10].

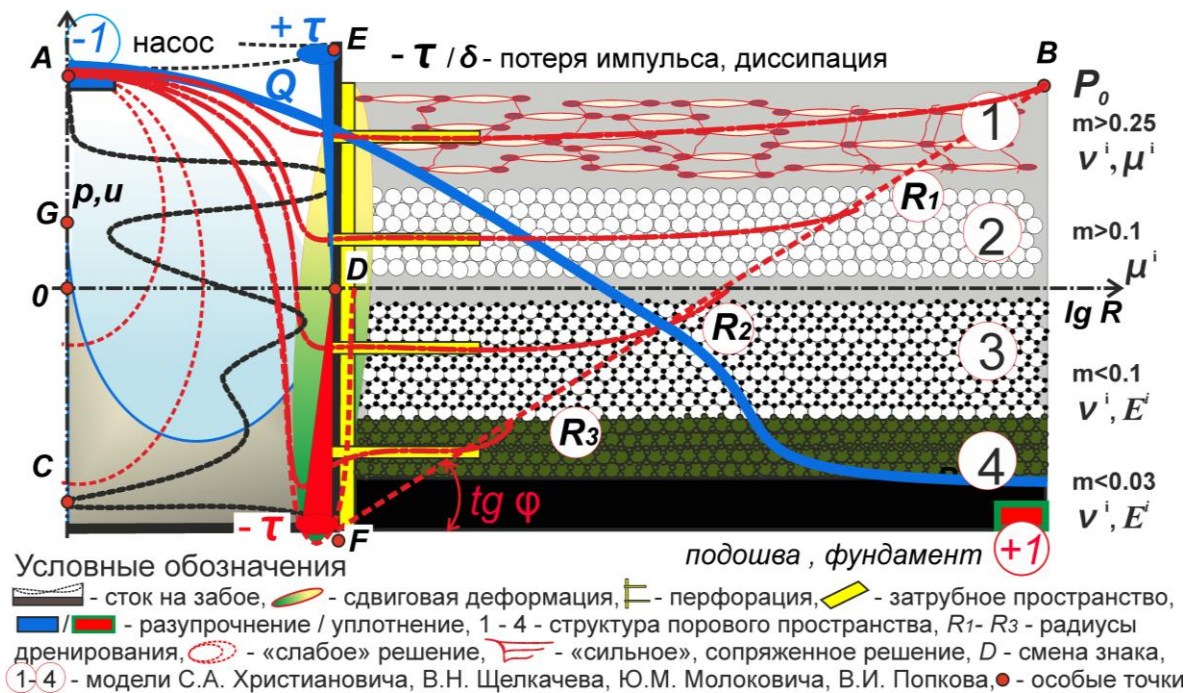


Рис. 1 – Динамический скин-фактор фазового импульса (-/+  $\tau$ ) системы: насос (A) - коллектор (1 - 3, B) – поровый забой (C)

Получено решение развития поровой структуры, формирования тектонической и кавернообразной трещиноватости. Представлен профиль фильтрации, сопряженный с напряженно-деформированным состоянием поровой структуры геосреды. Проведена верификация геодинамической модели с анализом асимметричных дополнительных граничных условий фазовых границ фронта насыщения, диффузионного замещения, пропитки и насыщения микромасштабов зерна [1,13] и макромасштабов субдукции шельфа, рис.2.



Решается линеаризованная система нестационарных уравнений Навье-Стокса, записанные для возмущений скорости относительно осредненной и уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + 1/\rho \cdot \partial p / \partial x = \mu / \rho \cdot \partial^2 \mathbf{v} / \partial y^2, \\ \partial u / \partial x + \partial v / \partial y + \partial w / \partial z = 0.$$

Решение ищется в виде бегущей волны:  $u=h(y)\exp i[\mathbf{kx}-\omega t]$ ,  $v=g(y)\exp i[\mathbf{kx}-\omega t]$ ,  $w=f(y)\exp i[\mathbf{kx}-\omega t]$ ,  $\mathbf{x}=\{x,z\}$ . Задача решается в предположении, что в подслое  $\partial p / \partial y = 0$ , а пульсационное давление на границе  $p=p_0 \exp i[\mathbf{kx}-\omega t]$ . Граничные условия непротекания и прилипания записываются в виде:

$$u(x,z,0,t)=-\xi_2 \partial U / \partial y \Big|_{y=0} + \partial \xi_1 / \partial t \cos \theta, \quad v(x,z,0,t)=\partial \xi_2 / \partial t, \quad w(x,z,0,t)=\partial \xi_1 / \partial t \sin \theta.$$

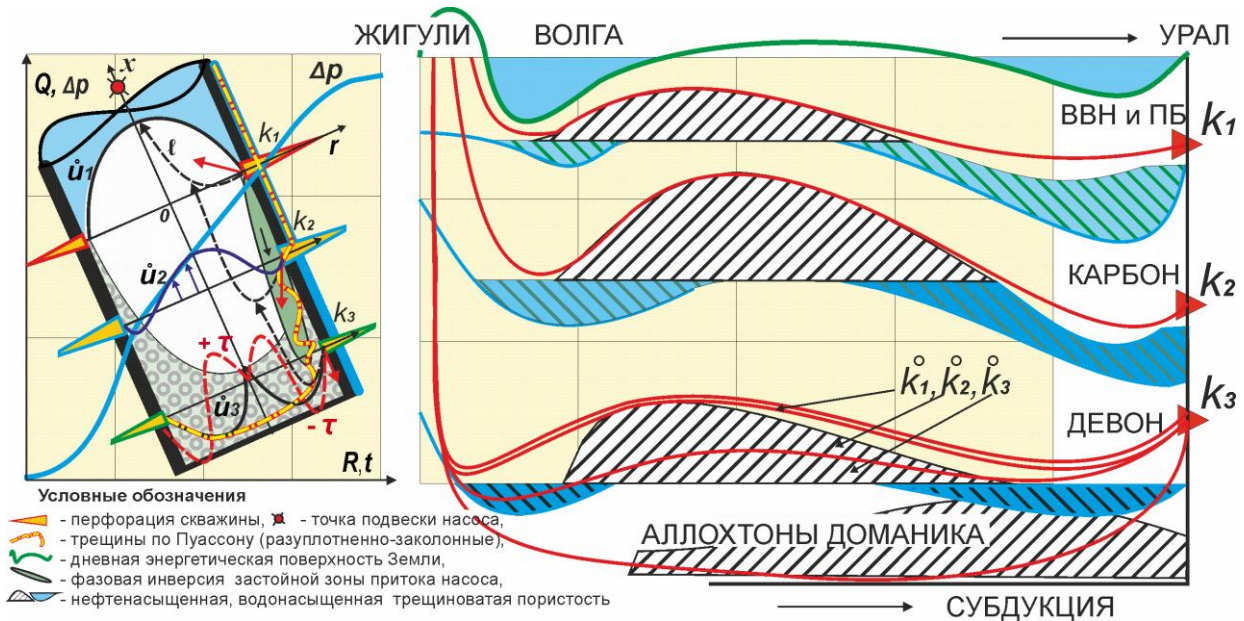


Рис. 2 – Параметризация проводимости скин-слоя деформации забоя скважины и нефте- водонасыщенных поровых ловушек

На внешней границе пульсации  $u$ ,  $w$  заданы и связаны между собой углом скоса  $u=A \cdot \exp i[\mathbf{kx}-\omega t]$ ,  $w=B \cdot \exp i[\mathbf{kx}-\omega t]$ ,  $w=u \cdot \operatorname{tg} \theta$ ,  $\lambda_z=\lambda_x \operatorname{ctg} \theta$ ,  $B=A \cdot \operatorname{tg} \theta$ .

Вертикальная компонента скорости определяется из решения уравнения колебания вязкоупругого слоя под действием пульсационной нагрузки:  $v=-i\omega \xi_2(h,\omega,p_0)\exp i[\mathbf{kx}-\omega t]$ ,  $\xi_i=\xi_i/\exp i[\mathbf{kx}-\omega t-\phi_i]$ , где  $\xi_i$  - амплитуды смещения,  $\phi_i$  - сдвиг фаз относительно пульсационной нагрузки  $p_0$ .

Выражение для продольной пульсации скорости получается интегрированием первого уравнения системы. Продольная составляющая представляется в виде вязкостной и волновой составляющих  $u=u_2+u_1$ , которые удовлетворяют уравнениям

$$\frac{\partial u_2}{\partial t} = \mu / \rho \cdot \partial^2 u_2 / \partial y^2, \quad \frac{\partial u_1}{\partial t} = -1/\rho \cdot \partial p / \partial x.$$

При условии, что на внешней границе влияние вязкости мало, получаем  $h(\eta)=p_0[1-(1+\xi_2/CU'-1/C\partial \xi_1/\partial t \cos \theta)\exp(i-1)\eta]/\rho U_0$ ,

где  $U_0=\omega/k_x$ ,  $C=p_0/\rho U_0$ ,  $\eta=y(\omega\rho/2\mu)^{1/2}$ ,  $U'=\partial U/\partial y \Big|_{\eta=0}$ . Для трансверсальной компоненты  $f(\eta)=\operatorname{ctg}[1-(1-1/C\partial \xi_1/\partial t \cos \theta)\exp(i-1)\eta]$ .

Из уравнения неразрывности и граничных условий получаем вертикальную компоненту

$$g(\eta)=Ck_x(1+\operatorname{tg} \theta)/(\omega\rho/2\mu)^{1/2}[-\eta+(1-i)/2(1+i\omega \xi_1/C\cos \theta + \\ +\xi_2 U'/C)(\exp(i-1)\eta-1)-iU_0/C\xi_2(\omega\rho/2\mu)^{1/2}/(1+\operatorname{tg} \theta)].$$

Рейнольдсовое напряжение имеет вид:

$$\rho \langle uv \rangle = -1/4\{h(\eta)g^*(\eta)+h^*(\eta)g(\eta)\}=k_x C^2(1+\operatorname{tg}^2 \theta)/4(\omega\rho/2\mu)^{1/2}\{K_1+K_2-2S\sin \varphi_2 - \\ -(K_1+K_2)\cos \eta+(K_1-K_2)\sin \eta+(K_1^2+K_2^2)(\cos \eta \sin \eta-2S(K_1\sin(\eta+\varphi_2)+K_2\cos(\eta+\varphi_2))+2\eta(K_1\sin \eta+K_2\cos \eta))\exp(- \\ \eta)+(K_1^2+K_2^2)\exp(-2\eta)\},$$

где  $S=U_0[\xi_2]/(\omega\rho/2\mu)^{1/2}/C(1+\operatorname{tg}^2 \theta)$ ,  $K_1=1+[\xi_2]U'/C\cos \varphi_2+[\xi_1]\omega/C\cos \theta \sin \varphi_1$ ,

$$K_2=-[\xi_2]U'/C\sin \varphi_2+[\xi_1]\omega/C\cos \theta \cos \varphi_1.$$

Следовательно, упругая граница индуцирует отрицательное напряжение Рейнольдса, которое экспоненциально затухает и в асимптотике стремится к отношению  $\tau/\tau_0=K_1$ , где  $\tau_0$  - напряжение гладкой неподатливой поверхности, рис.3. При  $\omega>\omega_s$ , где  $\omega_s$  - собственная частота упругой поверхности, имеем  $K_1>0$ , т.е. напряжение превосходит первоначальное в  $K_1$  раз. На упругой поверхности амплитуды напряжений на порядок выше нейтральных. Поверхность продавливается под действием нормального напряжения, гася скорость, но с такой же скоростью и выталкивается по потоку.

Внешний поток  $U_0$  определяет фазовую скорость  $C=0,8U_0$  и энергетический спектр пульсаций давления [17]:

$$p(\omega)=0,75 \cdot 10^{-5} \alpha^2 \rho^2 U_0^3 \delta^* [3/2(m-1/m)], \quad \omega<\omega_0 \\ p(\omega)=1,5 \cdot 10^{-5} (\alpha^2 \rho^2 U_0^6 / \omega^3 \delta^{*2}) [3/2(m-1/m)] (2\pi U_0 / 5\omega \delta^*)^{m-3}, \\ \omega_0=2\pi U_0 / \delta=2\pi U_0 / 5\delta^*, \quad \delta=5\delta^*,$$

где  $\delta^*$  - эффективная толщина пограничного слоя, параметры  $m=1/C$  и  $\alpha$  (торможения и Крайчнана), считаются заданными. Величина пульсационного давления задавалась постоянной  $p(\omega)/\rho u_*^2=1$ , соответствующей средней величине энергонесущей частоты  $\omega_o$ .

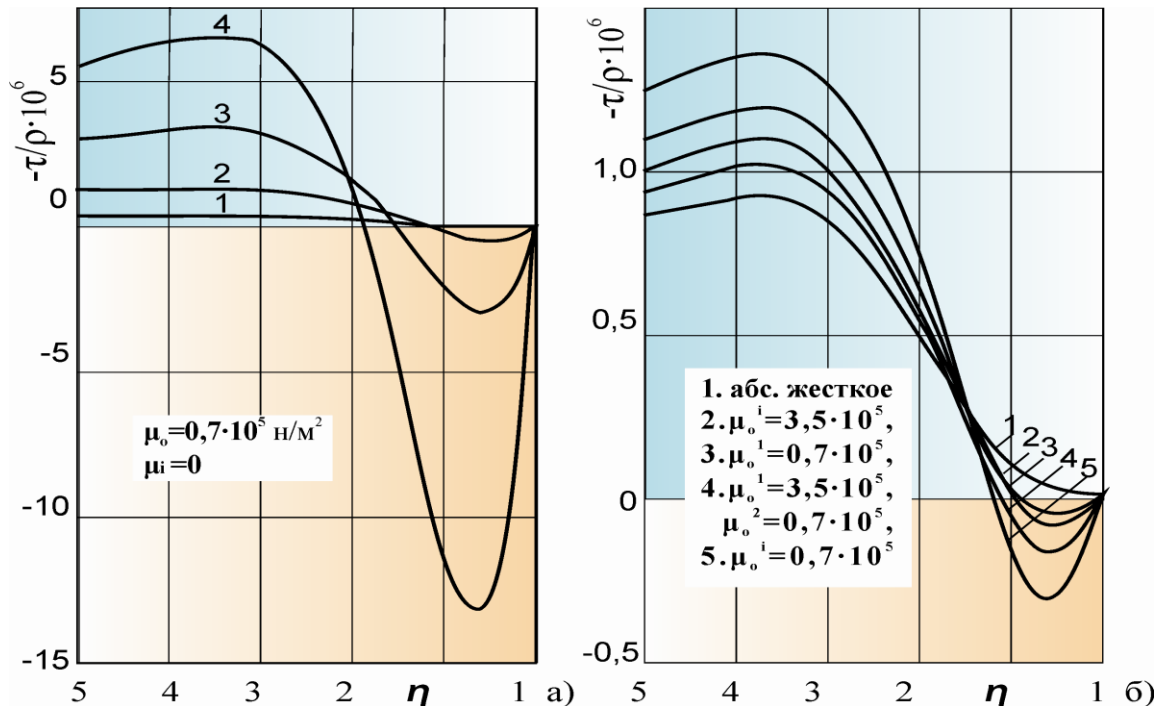


Рис. 3 – Напряжения Рейнольдса в зависимости от частоты на упругой (а) и вязкоупругой поверхностях на частоте 2000 Гц (б)

При переходе через собственную частоту  $\omega_s$  при  $C > a_\mu$  фазовые углы скоростей меняются на  $180^\circ$ , что приводит к смене знака  $K_L$ . Сыпучие и мягкие слои при фазовых скоростях  $C/a_\mu > 1$  при  $\omega > \omega_s$  способны индуцировать только отрицательные, снижающие сопротивление трения, напряжения во всем вязком подслое. Амплитуды, возникающие на подобных поверхностях, значительно больше вязкого слоя, а в районе собственной частоты  $\omega_k \sim 1$  - в несколько десятков раз. Упругая поверхность способна уменьшить сопротивление трения при  $\omega_o > \omega_s$ ,  $C > a_\mu$ .

Эффект вязкости поверхности заключается в его аperiodичности колебаний, в фазовом сдвиге смещений относительно пульсаций давления. Вязкоупругий слой прогибается под действием пульсаций давления и медленно восстанавливает свою форму, не индуцируя положительных напряжений в поток и тем самым не раскачивает его в отличие от упругого. Вязкоупругая поверхность работает в качестве демпфера, формируя застойные, уплотненные зоны больших временам релаксации, например геологических формаций отложений Доманика или техногенных иловых осадков, рис.2.

Анализируя результаты расчета взаимодействия поверхностей с вязким слоем, можно сделать вывод: максимальным эффектом обладают поверхности, создающие максимальный диффузионный поток при минимальной амплитуде колебаний. В равновесной геологической среде соотношение упругих и вязких свойств оптимальным образом сбалансировано: максимальному уровню диффузионного потока пульсационной энергии соответствует максимальная ее диссипация при минимальных амплитудах колебаний.

При колебании вязкоупругого слоя генерируются отрицательные касательные напряжения, которые при  $\tau_o \geq \rho u_*^2$  могут создавать тягу. Если предположить, что  $|\xi_2| \sim \delta_s \cdot 10^{-1}$ ,  $|\xi_1| \sim \beta |\xi_2|$ , где  $\beta \geq 1$ ,  $\cos \theta \approx 1$  и  $\varphi_2 - \varphi_1 = 0$ , то при частотах  $f \geq 1/2\pi(2/\beta)^{1/2} u_*^2/\nu$  единица длины колеблющейся поверхности может обеспечить компенсацию вязкого сопротивления трения. Формируется резонансно-сверхпроводящий импульсный выброс мелкодисперсной фракции и микроэлементов «благородных» металлов, обычно содержащихся в нефти, например, ванадия, никеля и т.д. Если рассматривать процесс в геологическом времени и техногенном, то эволюционное усиление деформации проявляются на границах геологических блоков, в т.ч. дренирования и разработки.

Структура порового пространства определяется критическими точками решения A - G, рис.1. Точка A определяет глубину подвески насоса или выхода канала в атмосферу, D - нулевые напряжения и скорости, т.е. «острова» осадений вдоль русел. Точка E - положительному значению рейнольдсового напряжения, т.е. тяговой силе сверхпроводимого канала, с возможным выходом его на поверхность с образованием «озер», которыми изобилует дневная поверхность материков.

### Выводы

Процесс динамического взаимодействия потока с поровой структурой теригенных и кавернозно уплотненных карбонатных пластов значительно усложняется при наличии деформируемой поверхности. Числа Рейнольдса при смене масштаба взаимодействия могут возрасти до критических величин отрыва потока. Режим потока при этом изменяется от конфузорного до диффузорного, с образованием теневых шлейфов уплотненной фракции.

Колеблющаяся поверхность генерирует напряжения, пропорциональные квадрату частоты и произведению амплитуд, а также разности фаз

$$\tau_o = -1/2 \cdot \rho \omega^2 |\xi_2| |\xi_1| \cos \theta \cos(\varphi_2 - \varphi_1).$$

С учетом резонансных частот и диссипативных характеристик амплитуды деформации возрастают до критических значений разрушения породы с образованием трещиноватости, которая в геологическом времени аддитивно будет расширяться. При аperiодических колебаниях амплитуды прогиба порядка толщины вязкого подслоя, но в геологическом времени эволюционное решение выйдет далеко за его пределы. При этом за фронтом формируется полностью раздробленное поровое пространство той или иной фракции.

Исходя из вязкоупругих свойств коллекторов и модели порового пространства, можно сделать вывод, что деформации происходят с различными скоростями и разными фазовыми углами вязкой диссипации. Этим определяются оптимальные условия применения новых технологий поиска, разведки и разработки высоковязких залежей, многоэтапности и стадийности разработки, ограничения водопритока, «облагораживания» микроэлементами, повышения нефтеотдачи обводненных пластов с учетом энергетического обобщения закона Дарси с учетом моментов деформации.

Решение показывает, что субдукционный комплекс русловых течений образует регулярную решетку на дне океанов и фундаменте из поднятий и опусканий, которые обнаружены НАСА в Атлантическом океане при обработке спутниковых снимков. При этом число островов и озер определяется масштабным фактором геосреды, т.е. кратно  $2\pi l$ .

Методика позволяет создать и апробировать новый тип многофазных компьютерных программ численных расчетов полей давления и дебитов скважин [20]. Трехфазный гидродинамический симулятор *FLORA* с динамическими условиями фазового равновесия апробирован как на карбонатных, так и терригенных коллекторах, маловязких и обводнённых месторождениях, на высоковязких и битумных залежах России и Прикаспия.

**Автор благодарен** Российскому Научному Фонду «Поддержка и развитие», ФГБОУ ВПО СамГТУ за финансовую поддержку (проект 15-17-00019).

### Литература

1. 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*. - V.9(9). – 2015.- pp. 307-321.
2. Попков В.И., Шакшин В.П., Воробаев Г.А. Блочная самоорганизация дефлюидизации Земли. Кластерная структура пространства времени. *Palmarium Academic Publishing*. - Saarbrücken. - Germany. - 2012. - 440 с.
3. Попков В.И., Зацепина С.В. Использование зависимости относительных фазовых проницаемостей от капиллярного числа в задачах трехмерного гидродинамического моделирования залежей нефти и газа. *Математическое моделирование*. 17:2. -2005. - с. 92–102.
4. Астафьев В.И., Кахидзе М.Г., Попков В.И., Попкова А.В. Многомасштабное напряженно-деформированное состояние поровой геосреды, сопряженное с фильтрационным стоком скважины. *Вестник СамГУ*. 114(4). -2013.- с. 54-75.
5. Радченко В.П., Еремин Ю.А. Реологическое деформирование и разрушение материалов и элементов конструкций. *Машиностроение*. 1. -М. -2004. -264 с.
6. Радченко В.П., Небогина Е.В. Моделирование неупругого деформирования и разрушения материалов на основании структурной модели. Численные и аналитические методы расчета конструкции. *Тр. Междунар. конф. – Самара*. -1998.- с. 82–86.
7. Небогина Е.В., Митина Е.В. Численная реализация расчёта ползучести балки при чистом изгибе на основе структурной модели стержневого типа. *Математическое моделирование и краевые задачи: Тр. IX Всероссийской науч. конф. с междунар. участием*. Ч.1. - Самара. СамГТУ. -2013. - с.144–147.
8. Николаевский В.Н. Собрание трудов. Геомеханика. Разрушение и дилатансия. Нефть и газ. Т.1. НИЦ: Регулярная и хаотическая динамика. Инст. компьютерных исслед. - М. Ижевск. - 2010. -640 с.
9. Попков В.И., Гусев В.В., Попкова А.В., Митина Е.В., Каюрин С.А. Геодинамические основы развития проницаемости сложноорганизованных коллекторов. *Тр. X Международной научно-практической конф. Ашировские чтения*. Т.1. -Туапсе. Самара. -2014.-с. 213-236.
10. Миронова Е.А., Попков В.И., Зацепина С.В. Собственные формы самоорганизации порового пространства и напряженно-деформируемого состояния земной коры. *Тр. X Международной научно-практической конф. Ашировские чтения*. Т.2 - Туапсе. Самара. – 2014. - с.103-111.
11. Попков В.И., Мамаева Е.И., Попков К.В. Основные направления освоения углеводородного потенциала континентального шельфа РФ. *Тр. X Международной научно-практической конф. Ашировские чтения*. Т.2. - Туапсе. Самара. – 2014. - с.166-174.
12. Баутин С.П., Обухов А.Г. Одно точное стационарное решение системы уравнений газовой динамики. *Известия ВУЗов. Нефть и Газ*. №4. – 2013.- с. 81-86.
13. Рощин П.В., Васкес Карденас Л.К., Тананыхин Д.С., Стручков И.А. Лабораторное исследование процесса вытеснения тяжелой высоковязкой нефти в карбонатном керне при помощи рентгеновского компьютерного томографа. *Тр. X Международной конф. Ашировские чт.* Т.2. -Туапсе. Самара.- 2014. - с. 220-224.
14. Баландин Л.Н., Астафьев В.И., Гребенников О.А. Математическая модель процесса вывода на режим скважины, оборудованной УЭЦН. *SPE-171306-RU*. -2014. - с. 1-9.
15. Кожевников Е.Н., Самойлова Я.В. Пространственно модулированные структуры в нематическом жидком кристалле при воздействии осциллирующего течения Куэтта на сверхнизких частотах. *Вестник СамГУ. Естественнаучная сер.* -2012. №6(97). - с. 113-123.
16. Самельсон Р.Н., Виггинс С. Лагранжев перенос в геофизических струях и волнах: подход на основе теории динамических систем. НИЦ: Регулярная и хаотическая динамика. Инст. компьютерных исслед. - М. Ижевск. - 2009. -192 с.
17. Акустика океанской среды / Под ред. Л.М. Бреховских, И.Б. Андреевой. - М. Наука. - 1989. - 222 с.
18. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Статистическая физика. Т.V(1). - М. Физматлит. - 2002. - 616 с.

19. Пенроуз Р. Путь к реальности, или законы, управляющие Вселенной. Пол-ный путеводитель. Инст. компьютерных исслед. НИЦ: Регулярная и хаотическая динамика. -М. Ижевск. -2007. -912 с.
20. Манырин В.Н., Фахретдинов Р.Н., Попков В.И. ТРИАС. Блок гидродинами-ческого моделирования. Гидродинамический симулятор. Свидетельство ППП ЭВМ №2005612893 от 09.11.05г.
21. Попков В.И., Миронова Е.А., Зацепина С.В. Разработка и геодинамическое моделирование порово-диффузионной разгрузки многомасштабных сложнооргани-зованных коллекторов. Международный независимый институт Математики и Систем "МиС". -№ 5(16). -2015. -с. 39-48.

#### References

1. 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. - V. 9(9). – 2015.- pp. 307-321.
2. Popkov V.I., Shakshin V.P., Voropaev G.A. Block-type Self-organization fot he Earth's Defluidization Cluster structure of time space. Palmarium Academic Publishing. - Saarbrucken. - Germany. - 2012. – pp. 440.
3. Popkov V.I., Zatsepina S.V. Use of Relative Phase Permeability Dependence vs. Capillary Number in Resolving the Tasks of 3D Hydro-dynamic Oil and Gas Reservoir Simulation. Mathematical Modeling. 17:2. -2005. - pp. 92–102.
4. Astafiev V.I., Kakhidze M.G., Popkov V.I., Popkova A.V. Multi-scaled Stress Deformed Status of Porous Geosphere Conjugated with Well Filtration Outflow. Bulletin of SamSU. 114(4). -2013.- pp. 54-75.
5. Radchenko V.P., Eremin Yu.A. Rheological Deformation and Destruction of Materials and Structural Elements. Machine-building. 1. -М. -2004. -264 p.
6. Radchenko V.P., Nebogina E.V. Modeling of Non-elastic Deformation and Destruction of Materials at the Basis of Structural Model. Numerical and Analytical Methods to Calculate the Structures. Papers to International Conference. – Samara -1998.- pp. 82–86.
7. Nebogina E.V., Mitina E.V. Numerical Realization of Beam Creeping Calculation with Obvious Bending at the Basis of Bar-type Structural Model. Mathematical Modeling and Marginal Tasks: Papers to IX All-Russian Scientific Conference with Foreign Participation. Part 1. - Samara. SamSTU. -2013. - pp.144–147.
8. Nikolayevskiy V.N. Collected Papers. Geomechnics. Destruction and Dilatancy. Oil and Gas. Volume 1. R&D Center: Regular and Chaotic Dynamics. Institute of Computer Studies. - M. Izhevsk. - 2010. -640 p.
9. Popkov V .I., Gusev V.V., Popkova A.V., Mitina E.V., Kayurin S.A. Geo-dunamic Basis of Permeability Development in Complexly-organized Reservoirs. Papers to X International Scientific and Application Conference. Readings from Ashirov. Volume 1. –Tuapse. Samara. -2014. – pp. 213-236.
10. Mironova E.A., Popkov V.I., Zatsepina C.B. Independent Forms of Self-Organization with Porous Media and Stress-Deformed Status oft he Earth's Crest. Papers to X International Scientific and Application Conference. Readings from Ashirov. Volume 2 - Tuapse. Samara. – 2014. - pp.103-111.
11. Popkov V.I., Mamaev E.I., Popkov K.V. Basic Trends in Developing Hydrocarbon Potential at the Russian Off-shore. Papers to X International Scientific and Application Conference. Readings from Ashirov. Volume 2 - Tuapse. Samara. – 2014. - pp.166-174.
12. Bautin S.P., Obukhov A.G. One Exact Stationary Solution of a System of Equations for Gas Dynamics. Bulletic of HEI. Oil and Gas. No. 4. – 2013.- pp. 81-86.
13. Roschin P.V., Vasquez Cardenas L.K., Tananykhin D.S., Struchkov I.A. Lab Studies Heavy Oil Displacement Process from Carbonate Cores and Application of X-Ray Computer Tomograph. Papers to X International Scientific and Application Conference. Readings from Ashirov. Volume 2 - Tuapse. Samara. - 2014. - pp. 220-224.
14. Balandin L.N., Astafiev V.I., Grebennikov O.A. Mathematical Model of Well Commissioning Process Having ESP. SPE-171306-RU. -2014. - pp.1-9.
15. Kozhevnikov E.N., Samoilova Ya.V. Spatial Structure Modeling in Nematic Liquid Crystal Under Effect of Couette Oscillation Flow in Conditions of Super-Low Frequencies. Bulletin of SamSU. Ser. of Natural Sciences. -2012. №6 (97). - pp. 113-123.
16. Samelson R.N., Wiggins S. Lagrange's Transfer In Geo-physical Jets and Waves: Approach at the Basis of Dynamic System Theory. R&D Center: Regular and Chaotic Dynamics. Institute of Computer Studies. - M. Izhevsk. - 2009. -192 p.
17. Acoustics in Oceanic Media / edited by L.V. Brekhovskikh, I.B. Andreeva. - M. Nauka. - 1989. - 222 p.
18. Landau L.D., Lifshitz E.M. Theoretical Physics. Statistical Physics. V (1).- M. PhysMatLit. - 2002. - 616 p.
19. Penrose R. Way to Reality or Law That Govern the Universe. Guide-book. Institute of Computer Studies. R&D Center: Regular and Chaotic Dynamics. -M. Izhevsk. -2007. - 912 p.
20. Manyrin V.N., Fakhretdinov R.N., Popkov V.I. TRIAS. Block of Hydro-dynamic Modeling. Hydro-dynamic Simulator. Certificate PPP ЭВМ №2005612893 dt. 11.09.2005.
21. Popkov V.I., Mironova E.A., Zatsepina S.V. Development and Hydro-dynamic Modeling of Porous-Diffusive Uploading in Large-scaled Complexly Organized Reservoirs. International Independent Institute on Maths and "MiS" Systems –No. 5(16). -2015. pp. 39-48.

**Скворцов Г.Е.<sup>1</sup>, Перевозников Е.Н.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник,  
Санкт-Петербургский государственный университет,<sup>2</sup>кандидат физико-математических наук, доцент, Санкт-Петербургский торгово-экономический университет  
**СИНГУЛЯРНО – ДИНАМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ НЕУСТОЙЧИВОСТИ И ХАОСА****Аннотация**

Представлен сингулярно-динамический метод получения критериев неустойчивости и хаоса в неравновесных системах. Приводятся примеры, демонстрирующие метод и даются аналитические условия возникновения хаоса.

**Ключевые слова:** неустойчивость, сингулярно-динамический метод, критерии хаоса.

**Skvortsov G.E.<sup>1</sup>, Perevostnikov E.N.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>PhD in Physics and Mathematics, St. Petersburg State University<sup>2</sup>PhD in Physics and Mathematics, St. Petersburg State University of Trade and Economics**SINGULARLY DYNAMIC CRITERIA OF INSTABILITY AND CHAOS****Abstract**

The singularly dynamic method for obtaining instability and chaos criteria in nonequilibrium systems is submitted. The examples demonstrating the methods and the analytical conditions for the occurrence of chaos are given.

**Keywords:** Instability, Singularly Dynamic Method, Chaos Criteria.

1 Содержание статьи является одним из основных разделов физической теории неустойчивостей, начало создания которой было положено в /1/. Она развивалась при рассмотрении ряда важных задач и методов их решения /2,3,4,5,6/. Здесь формулируется основной сингулярно-динамический метод (СД-метод) получения критериев неустойчивости и ее особого вида-хаоса. При этом главное внимание уделяется хаотическим режимам, для которых раньше не было простых аналитических критериев /6/. В данной работе даются такие критерии.

В работе используется определение общей неустойчивости данное в /6/. Такое определение отражает и сингулярное и динамическое качества общей неустойчивости.

2. Схема СД- метода. Исходной для реализации схемы СД является динамическая модель – система дифференциальных уравнений с начальными условиями

$$d_t x_i = g_i(x_j, \pi) \quad , \quad x_i(t_0) = x_{i,0} \quad (1)$$

Здесь  $x_i$  - определяющая величина,  $g_i$  - действие,  $\pi$  - набор параметров. Первый шаг СД метода – определение аналитических особенностей – сингулярностей действий. Ими могут быть изломы, скачки, нули и бесконечные значения. Нули действий являются особыми точками системы уравнений (2). Им соответствуют стационарные или бифуркационные состояния по времени. Обычно вторым шагом является попытка аналитически точного или приближенного решения исходной системы (1). Точное удается редко, а приближенное локальное возможно всегда. Для его осуществления представим функцию  $g_i$  в виде ряда вблизи произвольного начального значения

$$g_i(x_j) = g_i(x_{j0}) + \sum_j g_{i,j} \Delta x_j + \dots, \quad (2)$$

$g_{i,j} = \partial_j g_i(x_{j,0})$  -производные по  $x_j$ ,  $\Delta x_j = x_j - x_{j,0}$ . Ограничиваясь линейными членами, получаем линейную систему. В качестве начального значения обычно берут стационарные значения, хотя это не обязательно.

Третий шаг СДМ заключается в анализе динамики возмущений с целью установления неустойчивостей разного рода и, в частности, хаоса. Он осуществляется посредством анализа корней спектральных уравнений, соответствующих выбранным начальным условиям. На его основе формулируются критерии неустойчивости и хаоса. Покажем на примерах реализацию СД метода.

3. Первоначально рассмотрим модель с характерными аналитическими и динамическими особенностями

$$d_t x = |x| \quad , \quad x(0) = -1. \quad (3)$$

Согласно принятой схеме отмечаем излом функции действия при  $x=0$ .

Другим показателем особенности является дивергенция вектора действия  $div \vec{G}$ . В данном случае имеем  $d_x |x| = \pm 1$  при  $x > 0 (< 0)$  т.е. получается скачек. В общем случае дивергенция указывает изменение фазового объема.

Решение задачи (3)

$$x(t) = \begin{cases} -\exp(-t) & , \quad x < 0 \\ \exp(t) - 2 & , \quad x > 0 \end{cases} \quad (4)$$

дает следующую картину динамики. При  $t < \ln 2$  реализуется отрицательная ветвь решения, при  $t = \ln 2$  включается положительная ветвь. Происходит качественный переход и, следовательно, имеет место неустойчивость.

4. Динамическая часть СД-метода основана на изучении спектра системы (2), носителем которого является спектральное уравнение (СУ). Для системы с тремя динамическими величинами СУ имеет общий вид

$$\lambda^3 + s\lambda^2 + p\lambda + q = 0 \quad (5)$$

Коэффициенты  $s, p, q$  зависят от исходного состояния, линеаризации и параметров  $\pi$ . Интерес представляют колебательные режимы, чтобы выделить их, используем способ РИМ – разделение СУ на вещественные и мнимые части, исключения и мнимости. В результате получаем для мнимой части выражение ( $\lambda = \nu + i\omega$ )

$$\omega^2 = 3\nu^2 + 2s\nu + p \geq 0, \quad (6)$$

которое справедливо для любых  $\nu$  при условии

$$s^2 - 3p \leq 0. \quad (7)$$

В случае нейтрального состояния ( $\nu=0$ ) должно быть  $p>0$ . Условие (7) часть критерия хаоса. Важным условием хаоса является наличие собственных значений с вещественными частями разных знаков т.е. должно быть седло. Феномен хаоса заключается в переходах скачками от устойчивой моды к неустойчивой и наоборот. Аналитически условие седла получается следующим образом. Согласно соотношениям Виета вещественное собственное значение при наличии колебательных мод имеет знак величины  $-q$ , а знак  $\nu$  такой как у  $(q-sp)$ . Таким образом вторая часть критерия хаоса

$$q(q-sp) > 0. \quad (8)$$

Прямое численное решение ряда различных по своим свойствам динамических моделей подтверждает, что критерий, состоящий из условий (7,8) является необходимым и достаточным условием хаоса.

На основании анализа можно выделить 3 вида хаоса, которые соответствуют двум знакам коэффициента  $s$  и нулевому его значению. При  $s>0$  хаос диссипативный, при  $s<0$  – активный, при  $s=0$  хаос нейтральный. Все эти виды проявляются, согласно указанным условиям, при численном решении разных задач. В случае, если локальные значения  $\text{div}\vec{G}(x_0)$  могут изменить знак в зависимости от выбора точки  $x_0$ , вид хаоса будет зависеть от начальных значений. Он будет определяться знаком  $s$  и критериями (7,8). Также есть ряд сопутствующих вопросов, которые были решены: какой из стационарных режимов брать при линеаризации; что делать если нет стационарных состояний; какова роль внешнего воздействия гармонического и постоянного. Ответы на эти вопросы целесообразнее показывать на примерах.

5. Рассмотрим по схеме СД –метода модель заданную уравнениями

$$d_t x = y + ax, \quad d_t y = yz - x, \quad d_t z = r - y^2. \quad (9)$$

Сингулярности: 1) бесконечности при  $y, z \rightarrow \infty$ ; 2) стационарные состояния

$$y_s = -ax_s, \quad x_s = y_s z_s, \quad y_s = \pm r^{1/2}; \quad 3) \text{div}\vec{G} = a + z = 0 \Rightarrow z_a = -a \text{ из последней связи ясно, что } z_a - \text{граница}$$

областей роста и убывания фазового объема. Поскольку  $\text{div}\vec{G} = -s$ , то при наличии хаоса он может быть всех трех видов.

При любом исходном состоянии после линеаризации для коэффициентов СУ получаем

$$s = -(a + z), \quad p = az + Y, \quad q = -2ay^2, \quad (10)$$

$Y = 1 + 2y^2$ . Для упрощения анализа будем считать  $a$  малой величиной, которая может быть как положительной так и отрицательной. При указанных возможных значениях  $a$  удастся проверить все варианты и установить условия хаоса. Например, при  $a>0$  условия хаоса (7,8) принимают вид

$$z^2 < 3Y, \quad z < 0. \text{ Хаос при этом диссипативный.}$$

Как правило, основной интерес сосредотачивается на динамике возмущений стационарных состояний. В данном случае для стационарных значений коэффициенты СУ равны

$$s = (1/a - a), \quad p = 2r, \quad q = -2ar. \quad (11)$$

Тогда критерии хаоса (7,8) соответственно принимают вид (при  $a=0.2$ )

$$1/a^2 - 0.6r \leq 0, \quad r \geq 25/6. \quad (12)$$

Очевидно, критерий появления хаоса для данной модели -  $r > r_c = 25/6$ .

Дополним анализ модели еще одной возможностью определения сингулярностей. Она заключена в рассмотрении производной по параметру  $\pi$

$$\frac{dx}{d\pi} = -\frac{s'\lambda^2 + p'\lambda + q'}{3\lambda^2 + 2s\lambda + p}. \quad (13)$$

Ноль знаменателя приводит к критерию (7), а ноль числителя указывает бифуркационное значение  $\lambda(\pi)$ . В данной модели ноль числителя дает собственное значение  $\lambda = a$ .

В заключении сделаем два замечания: первое- внешнее воздействие в рассмотренной системе определяется величиной  $r$ , и чем оно больше, тем сильнее неравновесность системы. И с некоторого уровня неравновесности в динамической системе возникает хаос. Второе связано с влиянием начальных условий. Его можно выяснить, используя условие хаоса  $z^2 \leq 3Y$  для стационарных значений величин.

#### Литература

1.Перевозников Е.Н., Скворцов Г.Е., К теории устойчивости неравновесных систем, ЖТФ, вып.12, № 52, 1982, с (2353-2361).

2. . Скворцов Г.Е., О закономерностях неравновесных процессов, Письма ЖТФ, т.16 вып.17, 1990, с.(15-17).



3. Перевозников Е.Н., Скворцов Г.Е., К теории возмущений заряженной подсистемы в сильном электрическом поле, ЖТФ, т.61, №9, 1991, (1-8)с.
4. Перевозников Е.Н., Условия формирования зарядовых неустойчивостей в потоках слабоионизованных плазм, Изв. Вузов, Физика, №11, 2004, (27-31)с.
5. Перевозников Е.Н., Методы анализа устойчивости неравновесных систем, Изв. Вузов, Физика, №10, 2006, (34-39)с.
6. Перевозников Е.Н., Скворцов Г.Е., Динамика возмущений и анализ устойчивости неравновесных систем, СПТЭИ, 2010, (137)с.7.
7. Кузнецов С.П., Динамический хаос, М., 2006, 356 с.
8. Перевозников Е.Н., Скворцов Г.Е., Физическая неустойчивость и качественные переходы, Materialy X miedzynarodwej naukow-praktycznej konferencji, v30, 2014, p (79-84).

#### References

1. Perevornikov E.N., Skvorcov G.E., K teorii ustojchivosti neravnovesnyh sistem, ZhTF, vyp.12, № 52, 1982, s (2353-2361).
2. Skvorcov G.E., O zakonomernostjah neravnovesnyh processov, Pis'ma ZhTF, t.16 vyp.17, 1990, s. (15-17).
3. Perevornikov E.N., Skvorcov G.E., K teorii vozmushhenij zarjzhennoj podsystemy v sil'nom jelektricheskom pole, ZhTF, t.61, №9, 1991, (1-8)s.
4. Perevornikov E.N., Usloviya formirovaniya zarjadovyh neustojchivostej v potokah slaboionizovannyh plazm, Izv. Vuzov, Fizika, №11, 2004, (27-31)s.
5. Perevornikov E.N., Metody analiza ustojchivosti neravnovesnyh sistem, Izv. Vuzov, Fizika, №10, 2006, (34-39)s.
6. Perevornikov E.N., Skvorcov G.E., Dinamika vozmushhenij i analiz ustojchivosti neravnovesnyh sistem, SPTJel, 2010, (137)s.7.
7. Kuznecov S.P., Dinamicheskij haos, M., 2006, 356 s.
8. Perevornikov E.N., Skvorcov G.E., Fizicheskaja neustojchivost' i kachestvennye perehody, Materialy X miedzynarodwej naukow-praktycznej konferencji, v30, 2014, p (79-84).

### АРХИТЕКТУРА / ARCHITECTURE

**Наумкин Г.И.**

Доцент кафедры архитектуры Государственного университета по землеустройству, канд. архитектуры

#### **ЗДАНИЯ УПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ**

#### *Аннотация*

*В организации зданий управлений функции управления подразделяются на основные, вспомогательные и обслуживающие блоки. В многофункциональной структуре зданий управлений должна обеспечиваться координация подразделений учреждений управлений.*

**Ключевые слова:** функция, управление, структура, блок, композиция.

**Naumkin G.I.**

Associate Professor, Department of Architecture of the State University of Land Management, PhD architecture

#### **MANAGEMENT BUILDING OF EXECUTIVE POWER**

#### *Abstract*

*In the organization of the control building management functions are divided into main, auxiliary and service units. The multi-functional structure of the building should ensure the coordination of the agencies offices.*

**Keywords:** function, control, structure, unit, composition.

Здания учреждений управлений исполнительной власти предпочтительно размещать: в градостроительном образовании общественного центра города; в зоне профессиональной деятельности с развитой инфраструктурой и инженерной коммуникацией.

В градостроительном аспекте в планировании строительства зданий управлений следует учитывать основной градостроительный критерий: сохранение сложившегося исторически планировочного каркаса. В новых социально-экономических условиях на переуплотненной территории существующий фонд учреждений управлений может быть подвергнут структурной реорганизации: аппарат управления остается в исторической части города, а административная часть учреждения управления переносится в новое градостроительное структурное образование.

Для нового строительства зданий управлений должна обеспечиваться развитая сеть инженерных и транспортных коммуникаций. К обязательным условиям привязки зданий управлений должна быть предусмотрена 30-ти минутная пешеходная доступность, а также связь со скоростной магистралью [2].

В существующих нормативных документах: «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» СНиП 2.07.01-89; (СП 44. 13330. 2011) «Административные и бытовые здания» СНиП 2.09.04-87 не представлены учреждения управлений, к которым следует отнести и здания парламентского центра, а также и исполнительной власти.

Отсутствие нормативных материалов дают возможность рассматривать предложения по структурной организации зданий управлений. В системе учреждений управлений функция управления является определяющей, которую следует учитывать при архитектурном проектировании, так как:

- функция управления – главная функция учреждений управлений;
- функция аппарата управления воздействует на социально-экономическое развитие общества, отрасли производства и на все государственные учреждения;

– функция управления распределяется по сетевой системе: от центра к низовому звену управления и по обратной связи: от низового звена к центру управления;

– функция аппарата управления связана с совершенствованием и непрерывным процессом управления.

Типология комплексного образования учреждений управлений исполнительной власти должна формироваться на основе профессиональной деятельности аппарата управления. В структурном образовании управления независимо от типа здания управления должны содержаться условия: для основной функции аппарата: управления и его подразделений: вспомогательного инженерно-технического, информационного обеспечения и обслуживания [3]. На всех иерархических уровнях формирования представительской деятельности доминантной выступает её главный атрибут – аппарат управления. В структурном образовании зданий управлений должна содержаться номенклатура помещений не только для аппарата управления, но и для инженерно-технического обеспечения и обслуживания.

Многофункциональная структура зданий управлений приводит к универсализации внутреннего пространства зданий управлений. Применение универсального структурного образования содержит широкие возможности по координации технологических процессов и функций, которые происходят в учреждениях управлений.

Из всех функций зданий управлений приоритетной является функция аппарата управления. Функция управления выступает как одна из основных и доминирующих функций зданий управлений, так как отражает государственный статус учреждения управления. В зданиях управления исполнительной власти величина и состав кабинетов должна зависеть от типа здания управления. В зависимости от государственного статуса в зданиях управлений рекомендуются площади кабинетов, например, для премьер-министра – 96 м<sup>2</sup>; министра – 54 м<sup>2</sup>; руководителя регионов и отделов – 36 м<sup>2</sup>; руководителя муниципального уровня – 18 м<sup>2</sup> [3].

Многофункциональная основа зданий управлений должна содержать достаточно разнообразную номенклатуру помещений: кабинеты представителей аппарата управления, кабинеты руководителей отделов, кабинеты служащих, залы заседаний, конференц-залы, информационные центры, архивы, библиотеки и т.д. Для улучшения эксплуатационных качеств помещений следует предусматривать трансформацию, что обеспечит гибкое использование их для новых функций, например, залы заседаний могут трансформироваться под конференции. Для стационарных конференц-залов рекомендуется применять зальные пространства: 9х12 м; 12х24 м; 18х36 м и др., которые определяются заданием на проектирование. Количество мест в конференц-залах определяется на 60% сотрудников зданий управлений [3].

Для зданий управлений следует предусматривать универсальную организацию внутреннего пространства, что позволит вводить новые виды деятельности: международные саммиты, конгрессы, съезды.

Для министерств федерального значения и субъектов федерации службы по делопроизводству с административными функциями могут быть выделены в отдельные административные учреждения, а в учреждениях управлений местного значения могут быть сформированы административно-хозяйственные отделы или канцелярии.

В зданиях управлений следует предусматривать блок помещений для работников общественного питания, медработников и представителей различных профессий по эксплуатации.

#### Литература

1. Лавров В.А. Город и его общественный центр / В.А. Лавров. – М.: Изд-во литературы по строительству. – 1965. – 190 с.
2. СП 44. 13330.2011. Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04.-87
3. Гиговская Н.Е., Копелянский Д.Г., Лернер И.И., Мурадов Г.А. и др. Административные здания. / Н.Е. Гиговская, Д.Г. Копелянский, И.И. Лернер, Г.А. Мурадов и др. – М., Стройиздат, 1975. 182 с.
4. Наумкин Г.И. Функциональные связи в зданиях управлений / Г.И. Наумкин // Национальная ассоциация ученых. – Екатеринбург, – 2015, №6, с.41-43.

#### References

1. Lavrov V.A. Gorod i ego obshhestvennyj centr / V.A. Lavrov. – M.: Izd-vo literatury po stroitel'stvu. – 1965. – 190 s.
2. SP 44. 13330.2011. Administrativnye i bytovye zdaniya. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.09.04.-87
3. Gigovskaja N.E., Kopeljanskij D.G., Lerner I.I., Muradov G.A. i dr. Administrativnye zdaniya. / N.E. Gigovskaja, D.G. Kopeljanskij, I.I. Lerner, G.A. Muradov i dr. – M., Strojizdat, 1975. 182 s.
4. Naumkin G.I. Funkcional'nye svyazi v zdaniyah upravlenij / G.I. Naumkin // Nacional'naja asociaciya uchenykh. – Ekaterinburg, – 2015, №6, s.41-43.



**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES****Авдеенко А.П.**Доктор сельскохозяйственных наук, доцент  
Донской государственной аграрной университет**ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ LINUM USITATISSIMUM В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЗОНЫ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ****Аннотация**

*В статье рассмотрены результаты исследований по влиянию обработки почвы и сорта на продуктивность *Linum usitatissimum* в условиях Ростовской области. Установлены зависимость плотности почвы и водопропускности агрегатов от обработки почвы, влияние обработки почвы на биометрические показатели растений сортов льна. Определено влияние способа обработки почвы на элементы структуры и урожайность льна. Результаты исследований рекомендуются для использования хозяйствами Ростовской области при выращивании сортов *Linum usitatissimum*.*

**Ключевые слова:** *Linum usitatissimum*, обработка почвы, No-Till, урожайность.

**Avdeenko A.P.**

PhD in Agriculture, Associate professor, Don state agrarian university

**EFFICIENCY OF GRADES OF LINUM USITATISSIMUM DEPENDING ON THE WAY OF PROCESSING OF THE SOIL IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN ZONE OF THE ROSTOV REGION****Abstract**

*In article results of researches on influence of processing of the soil and a grade on efficiency of *Linum usitatissimum* in the conditions of the Rostov region are considered. Dependence of density of the soil and water durability of units on processing of the soil, influence of processing of the soil on biometric indicators of plants of grades of flax are established. Influence of a way of processing of the soil on building blocks and productivity of flax is defined. Results of researches are recommended for use by farms of the Rostov region at cultivation of grades of *Linum usitatissimum*.*

**Keywords:** *Linum usitatissimum*, processing of the soil, No-Till, productivity.

Лен масличный – ценная техническая культура многостороннего использования. В мировом сельскохозяйственном производстве площади его посевов составляют 2,5-3,2 млн. га, а валовой сбор семян достигает 1,9-2,7 млн.т. В Ростовской области сосредоточено более 30 % посевов льна масличного [1]. Сегодня в России лен масличный – одна из перспективных высокопродуктивных и значимых культур, однако для условий Ростовской области отсутствуют рекомендации по выращиванию льна масличного в зависимости от способа основной обработки почвы. Изучению же влияния других факторов на рост и развитие сортов льна масличного уделяется много внимания [2, 3, 4].

Цель наших исследований – дать оценку влиянию способов обработки почвы (отвальная, минимальная, no-till) на продуктивность сортов льна масличного в условиях южной зоны Ростовской области.

Исследования проводились в 2013-2014 сельскохозяйственном году.

Схема опыта (обработка почвы):

1. Отвальная
2. Минимальная (двукратное дискование почвы);
3. NO-TILL (без обработки почвы).

Система обработки по-разному влияет на основные показатели агрофизических свойств почвы, в том числе на плотность сложения и водопропускность структуры. Плотность почвы при различных системах обработки была различной как по вариантам исследований, так и в течение периода вегетации льна масличного. Перед посевом льна масличного плотность почвы по вариантам исследований отличалась незначительно, составив 1,16-1,18 г/см<sup>3</sup>. При этом наименьшее значение она имела на варианте технологии No-till – на 0,1 г/см<sup>3</sup> меньше, чем при минимальной обработке и на 0,2 г/см<sup>3</sup> – чем при отвальной обработке. Перед уборкой льна масличного плотность почвы по варианту технологии No-till увеличилась более значительно, составив 1,24 г/см<sup>3</sup>, что больше, чем при минимальной обработке и отвальной обработке на 0,2 и 0,4 г/см<sup>3</sup> соответственно (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние обработки почвы на плотность почвы, г/см<sup>3</sup>

Вариант (обработка почвы)	Срок определения	
	Перед посевом	Перед уборкой
Отвальная	1,18	1,20
Минимальная	1,17	1,22
No-till	1,16	1,24

При определении водопропускности структуры почвы нами было установлено, что наибольшей она была на варианте с технологией No-till, которая была больше, чем при минимальной и отвальной обработках на 3,7-6,2 % перед посевом льна масличного и на 5,1-5,9 % перед уборкой соответственно (таблица 2).

Таблица 2 – Водопрочность агрегатов почвы, %

Вариант (обработка почвы)	Срок определения	
	Перед посевом	Перед уборкой
Отвальная	53,2	57,2
Минимальная	55,7	58,0
No-till	59,4	63,1

Повышение водопрочности агрегатов почвы на варианте с технологией No-till, по нашему мнению, связано с повышенным накоплением органического вещества в верхнем слое почвы, что благоприятно сказывается на соотношении агрегатов почвы в пользу агрономически ценных.

В наших исследованиях засорённость посевов льна масличного в зависимости от приёмов обработки почвы была различной. В течение вегетации льна масличного засоренность посевов была наименьшей при отвальной обработке почвы. По сравнению с минимальной обработкой и технологией No-till количество многолетних сорняков на данном варианте было меньше на 4-7 шт./м<sup>2</sup>, а однолетних – на 7-12 шт./м<sup>2</sup> соответственно (таблица 3).

Таблица 3 – Засоренность посевов льна масличного

Вариант (обработка почвы)	Многолетние сорняки		Однолетние сорняки	
	шт./м <sup>2</sup>	сырая масса г/м <sup>2</sup>	шт./м <sup>2</sup>	сырая масса г/м <sup>2</sup>
Отвальная	21	146	27	143
Минимальная	25	161	34	150
No-till	28	174	39	159

Сырая масса сорняков на данном варианте также была наименьшей – на 15-28 и 7-16 г/м<sup>2</sup> соответственно.

Наблюдения показали, что такие биометрические показатели растений льна масличного, как площадь листовой поверхности и высота растений, по вариантам опыта формировались неодинаково. Так, высота стебля растений льна масличного при отвальной обработке почвы была наибольшей по сравнению с минимальной и технологией No-till как у сорта Небесный, так и у сорта ВНИИМК 620, составив 68,6-68,0 см, что больше, чем по остальным вариантам на 1,2-1,4 см и 0,8-1,1 см соответственно. Аналогичная тенденция наблюдалась и в отношении площади листовой поверхности, которая была наибольшей при отвальной обработке почвы: на 0,81-1,25 у сорта Небесный и 0,74-1,16 у сорта ВНИИМК 620 (таблица 4).

Таблица 4 – Биометрические показатели льна масличного

Вариант (обработка почвы)	Высота стебля, см	Площадь листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га
Небесный		
Отвальная	68,6	21,46
Минимальная	67,4	20,65
No-till	67,2	20,21
ВНИИМК 620		
Отвальная	68,0	21,20
Минимальная	67,2	20,46
No-till	66,9	20,04

Анализ элементов структуры урожайности посевов льна показал, что в зависимости от применяемых обработок их значения были различными.

Так, нами было установлено, что количество растений перед уборкой льна масличного было наибольшим при отвальной обработке почвы – 479 шт./м<sup>2</sup> у сорта Небесный и 413 шт./м<sup>2</sup> у сорта ВНИИМК 620, что больше, чем по вариантам минимальной обработки и технологии No-till на 52-48 шт./м<sup>2</sup> и 7-13 шт./м<sup>2</sup> соответственно.

На вариантах отвальной обработки почвы у растений льна масличного количество коробочек было на 0,2-0,4 шт. больше, чем при минимальной обработке и технологии No-till как у сорта Небесный, так и у сорта ВНИИМК 620. Однако следует заметить, что в отношении такого показателя, как число семян в коробочке, наблюдалась неоднозначная тенденция. У сорта Небесный число семян в коробочке на вариантах с минимальной обработкой и технологией No-till было больше, чем на варианте с отвальной обработкой почвы на 0,6 шт., тогда как у сорта ВНИИМК 620 этот показатель при минимальной обработке и технологии No-till уступал отвальной обработке почвы на 0,4-0,6 шт. (таблица 5).

Таблица 5 – Структура урожайности льна масличного

Вариант (обработка почвы)	Число растений перед уборкой, шт./м <sup>2</sup>	Число коробочек на растении, шт.	Число семян в коробочке, шт.	Биологическая урожайность, ц/га
<b>Небесный</b>				
Отвальная	479	8,2	5,4	13,4
Минимальная	427	8,0	6,0	12,8
No-till	431	7,8	6,0	12,5
<b>ВНИИМК 620</b>				
Отвальная	413	8,4	6,0	12,8
Минимальная	406	8,2	5,6	11,6
No-till	400	8,0	5,4	10,6

Более оптимальное сочетание элементов структуры повлияло на уровень биологической урожайности льна масличного. Наибольшая урожайность была отмечена на вариантах отвальной обработки почвы как у сорта Небесный, так и у сорта ВНИИМК 620. У сорта Небесный урожайность при отвальной обработке почвы была выше, чем по остальным вариантам на 0,6-0,9 ц/га, у сорта ВНИИМК 620 соответственно на 1,2 и 2,2 ц/га.

Нами было установлено, что, не смотря на более высокую урожайность льна масличного, за счёт повышенного количества обработок почвы на варианте отвальной обработки почвы себестоимость продукции была наиболее высокой – больше, чем на вариантах минимальной обработки и технологии No-till на 316-717 руб./т у сорта Небесный и на 730-637 руб./т у сорта ВНИИМК 620.

Повышение себестоимости повлияло на уровень рентабельности производства, которая была наименьшей у обоих сортов на вариантах отвальной обработки, составив 137-124 %, что, меньше, чем при минимальной обработке и технологии No-till соответственно на 6-16 и 8-20% соответственно.

При наибольшей урожайности на вариантах с отвальной обработкой в продукции льна масличного было накоплено наибольшее количество энергии. Однако, при больших затратах на обработки почвы, коэффициент энергетической эффективности на данных вариантах по сравнению с минимальной обработкой и технологией No-till был ниже на 0,9-1,9 у сорта Небесный и 0,8-1,1 у сорта ВНИИМК 620.

Вышесказанное даёт основание утверждать, что технология No-till по сравнению с другими вариантами обработки, с экономической и биоэнергетической точки зрения является более эффективной.

Таким образом, для повышения продуктивности льна масличного, снижению техногенной нагрузки на почву и повышению экономической эффективности возделывания в зоне рискованного земледелия рекомендуется возделывать лен сортов Небесный и ВНИИМК 620 по технологии NO-TILL. При этом нормы высева культур должны соответствовать рекомендациям оригинаторов сортов.

#### Литература

1. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013-2020 гг./Под общ. ред. В.Н. Василенко. [Авдеенко А.П., Агафонов Е.В., Артюхин К.С., Гайворонская Н.Ф., Гринько А.В., Ильинская И.Н., Лабынцев А.В., Назаренко О.Г., Пашковская Т.Г., Полуэтов Е.В., Продан В.И., Титаренко А.В., Целуйко О.А.] -Ростов-на-Дону: ООО «Донской издательский дом», 2013. -Ч. 1. -240 с.
2. Авдеенко А.П. Влияние современных препаратов и норм высева на урожайность льна масличного, выращиваемого по технологии NO-TILL//А.П. Авдеенко, И.Н. Шестов, Г.В. Мокриков, А.Г. Архипов//Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. Материалы международной научно-практической конференции: пос. Персиановский, -2015. -С. 226-230.
3. Авдеенко А.П. Продуктивность льна масличного в зависимости от густоты стояния/А.П. Авдеенко, И.Н. Шестов// Г.В. Мокриков, Ю.В. Дудина// Современные технологии сельскохозяйственного производства и приоритетные направления развития аграрной науки Материалы международной научно-практической конференции: в 4 томах. пос. Персиановский, -2014. -С. 103-107.
4. Авдеенко А.П. Продуктивность льна масличного в условиях Ростовской области//А.П. Авдеенко, И.Н. Шестов//Научно-методический электронный журнал «Концепт». Т. 20. -2014. -С. 2141-2145.

#### References

1. Zonal'nye sistemy zemledelija Rostovskoj oblasti na 2013-2020 gg./Pod obshh. red. V.N. Vasilenko. [Avdeenko A.P., Agafonov E.V., Artjuhin K.S., Gajvoronskaja N.F., Grin'ko A.V., Il'inskaja I.N., Labyncev A.V., Nazarenko O.G., Pashkovskaja T.G., Polujektov E.V., Prodan V.I., Titarenko A.V., Celujko O.A.] -Rostov-na-Donu: ООО «Donskoj izdatel'skij dom», 2013. -Ch. 1. -240 s.
2. Avdeenko A.P. i dr. Vlijanie sovremennyh preparatov i norm vyseva na urozhajnost' l'na maslichnogo, vyrashhivaemogo po tehnologii NO-TILL//A.P. Avdeenko, I.N. Shestov, G.V. Mokrikov, A.G. Arhipov//Innovacii v tehnologijah vozdeljvanija sel'skohozjajstvennyh kul'tur. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: pos. Persianovskij, -2015. -S. 226-230.
3. Avdeenko A.P. Produktivnost' l'na maslichnogo v zavisimosti ot gustoty stojanija/A.P. Avdeenko, I.N. Shestov// G.V. Mokrikov, Ju.V. Dudina// Sovremennye tehnologii sel'skohozjajstvennogo proizvodstva i prioritetnye napravlenija razvitija agrarnoj nauki Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: v 4 tomah. pos. Persianovskij, -2014. -S. 103-107.
4. Avdeenko A.P. Produktivnost' l'na maslichnogo v uslovijah Rostovskoj oblasti//A.P. Avdeenko, I.N. Shestov//Nauchno-metodicheskij jelektronnyj zhurnal «Koncept». T. 20. -2014. -S. 2141-2145.

Авдеенко С.С.

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Донской государственной аграрной университет**ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСА АГРОПРИЕМОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ, КАЧЕСТВО И СОХРАНИМОСТЬ  
МОРКОВИ НА ОБЫКНОВЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ****Аннотация**

*Рассмотрены результаты исследований по влиянию комплекса факторов (орошение, удобрение, сидераты) на урожайность, качество и сохранимость моркови в условиях Ростовской области. Установлено влияние факторов на накопление сухого вещества, содержания сахаров, каротина, витаминов и нитратов в корнеплодах моркови. Подобраны наиболее эффективные сочетания нормы орошения, удобрений и сидератов, дающие максимальный выход продукции с единицы площади хорошего качества, а также сочетания минеральных и органических удобрений без орошения. Результаты исследований рекомендуются для использования хозяйствами Ростовской области при выращивании моркови на орошении.*

**Ключевые слова:** Daucus carota, орошение, удобрение, сидераты, качество, хранение.

Avdeenko S.S.

PhD in Agriculture, Associate professor, Don state agrarian university

**INFLUENCE OF THE COMPLEX OF FACTORS ON PRODUCTIVITY, QUALITY AND KEEPING  
OF CARROTS ON ORDINARY CHERNOZEMS OF THE ROSTOV REGION****Abstract**

*The results of researches on influence of complex of factors (irrigation, fertilizer, green manure) on yield, quality and shelf life of carrots in the Rostov region. The influence factors on the accumulation of dry matter, sugar content, carotene, vitamins and nitrates in carrot. Selected the most effective combination of irrigation, fertilizers and manures that give maximum yield per unit area is of good quality, and combinations of mineral and organic fertilizers without irrigation. The research results are recommended for use by farms of the Rostov region under carrot cultivation in irrigation.*

**Keywords:** Daucus carota, irrigation, fertilizer, siderata, quality, storage.

Согласно оперативной информации о ходе уборки овощей [1] в 2015 году урожайность моркови в Ростовской области с площади уборки 0,45 тыс. га составила 76,5 ц/га по сравнению с предшествующими годами наблюдается тенденция к значительному снижению урожайности данной культуры.

Определяя структуру посевов овощных культур в различных зонах, следует учитывать главное направление специализации хозяйств, наличие консервных и других перерабатывающих предприятий, хранилищ. В зоне консервной промышленности состав культур и сортов должен обеспечивать бесперебойное снабжение её сырьём в необходимом ассортименте. В зоне товарного производства – равномерное снабжение населения городов качественной овощной продукцией в течение всего года.

Все овощные культуры предъявляют высокие требования к влажности почвы, что обусловлено рядом биологических особенностей их растений, поэтому эффективное овощеводство в зоне недостаточного увлажнения возможно лишь при хорошо организованном орошении. Система удобрений овощных культур также строится с учётом биологических особенностей растений, потребления ими питательных веществ по фазам роста и развития и уровня обеспеченности почв питательными веществами. Так, органические удобрения, в том числе и сидераты, обогащают почву легкорастворимыми питательными веществами и перегноем, улучшают её физические свойства и структуру, а также активизируют жизнедеятельность нужных микроорганизмов. Минеральные удобрения содержат ещё большее количество питательных веществ, необходимых растениям [2].

Таким образом, повышение урожайности овощных культур на орошаемых землях находится в прямой зависимости от правильного сочетания дозровок и сроков внесения удобрений, числа поливов и размера поливных норм с учётом физико-химических свойств почвы, агротехнического фона, биологических и физиологических особенностей овощных культур. В отдельные фазы развития растений интенсивность поступления элементов питания различна [3, 4].

Цель исследований – изучить влияние различных режимов орошения, норм удобрений и сидератов на урожайность, качество продукции и сохранимость столовой моркови в орошаемых условиях Ростовской области, рекомендовать производству наиболее эффективное сочетание изучаемых факторов.

Опыт многолетний, стационарный, трёхфакторный, лабораторно-полевой, заложен на 3-х полях опытного участка ГНУ Бирючукская овощная селекционная опытная станция НПО «Россия» в 1987 г., повторность четырехкратная, сорт моркови – Бирючукская 415, посев и уходные работы проведены в оптимальные сроки.

Схема опыта:

Фактор А - Орошение:

1. Без орошения - контроль; 2. Орошение с порогом влажности 80;80;80 % НВ, с глубиной увлажнения 0,4 м.; 3. Орошение с порогом влажности 80;80;80 %НВ, с глубиной увлажнения 0,6 м.

Фактор В - Удобрение:

1. Без удобрений - контроль; 2. N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> - минеральная; 3. N<sub>125</sub>P<sub>95</sub>K<sub>125</sub> - повышенная минеральная; 4. Навоз 40 т/га (последствие) + N<sub>45</sub>K<sub>50</sub> - органоминеральная.

Фактор С - Сидераты:

1. Без сидератов – контроль; 2. Сидераты (горохо-овсяная смесь после предшественника - огурца).

При изучении влияния комплекса факторов на величину урожайности столовой моркови нами установлено, что наибольшая прибавка получена при орошении с глубиной увлажнения 0,4 м после сидератов на вариантах с повышенной и органоминеральной системами удобрений (31,2 и 32,5 т/га соответственно).

В результате исследований нами установлено, что существенное влияние сидератов (прибавка урожайности 5,9-8,6 т/га) проявляется при орошении с глубиной увлажнения 0,4 м на вариантах всех схем изучаемых удобрений и при орошении с глубиной увлажнения 0,6 м при повышенной минеральной системе удобрений ( $N_{125}P_{95}K_{125}$ ). Данное влияние сидератов объясняется тем, что количество горохо-овсяной смеси равнозначно 40-42 т/га полуперепревшего навоза.

При сравнении вариантов с различной глубиной увлажнения видно, что орошение с глубиной увлажнения 0,4 м способствует прибавке урожая моркови по сравнению с равнозначными вариантами без орошения на 12,9-19 т/га без сидератов, и на 20,7-25,2 т/га – при использовании горохо-овсяной смеси. Прибавка урожая на вариантах с глубиной увлажнения 0,6 м была менее значимой – 8,3-13,4 и 11,4-19,2 т/га соответственно.

Действие минеральных и органических удобрений при отсутствии орошения проявляется в прибавке урожая моркови от 0,5 до 11 т/га, при орошении с глубиной увлажнения 0,4 м – 3,9-15,2 т/га, а при орошении с глубиной увлажнения 0,6 м – 3,5-13,3 т/га. Существенная прибавка получена при использовании повышенной и органоминеральной систем удобрения как без орошения, так и с орошением на 0,6 м, а при орошении с глубиной увлажнения 0,4 м – и на варианте с минеральной системой удобрений (таблица).

Таблица – Урожайность, качество и сохраняемость моркови

Орошение (фактор А)	Система удобрений (фактор В)	Показатели (без сидератов/сидераты)- фактор С						
		урожай- ность, т/га	сухое вещество, %	сумма сахаров, %	каротин, мг%	витамин С, мг%	нитраты, мг/кг	сохраня- емость, %
Без орошения - контроль	Без удобрений	33,1/33,6	13,8/14,2	8,2/9,2	12,5/12,5	8,7/7,9	419,6/123,6	85/81
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	40,6/37,1	13,3/15,9	8,2/10,5	13,0/13,5	5,7/7,2	303,0/178,0	86/85
	$N_{125}P_{95}K_{125}$	38,6/39,1	13,1/14,9	8,2/9,2	14,5/11,4	6,7/12,0	210,5/133,2	81/86
	Навоз 40 т/га (последей- ствие) + $N_{45}K_{50}$	44,1/43,5	14,4/14,4	8,6/9,2	14,5/11,4	8,7/7,2	214,2/200,1	86/85
80 % глубина увлажнения 0,4 м	Без удобрений	50,4/54,3	13,2/12,6	8,3/8,0	10,0/10,4	7,9/8,2	271,5/247,8	83/73
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	55,9/61,8	13,1/12,8	7,1/7,8	11,8/11,4	7,5/8,2	224,1/387,6	71/71
	$N_{125}P_{95}K_{125}$	57,6/64,3	11,9/12,6	7,6/7,2	9,9/13,5	6,2/7,7	143,0/552,5	64/83
	Навоз 40 т/га (последей- ствие) + $N_{45}K_{50}$	57,0/65,6	11,4/14,0	6,0/8,3	10,9/11,4	6,3/7,2	168,4/512,0	72/65
80 % глубина увлажнения 0,6 м	Без удобрений	45,0/49,1	13,0/12,8	7,9/8,2	11,4/11,9	7,2/6,9	179,6/370,0	---
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	48,9/48,5	12,4/12,5	8,3/8,0	10,4/11,4	6,7/5,7	331,0/302,5	---
	$N_{125}P_{95}K_{125}$	52,0/58,3	12,9/12,7	8,5/8,0	11,4/11,4	8,2/7,7	256,5/370,0	---
	Навоз 40 т/га (последей- ствие) + $N_{45}K_{50}$	54,5/57,1	13,4/9,9	8,0/8,0	13,0/13,0	8,7/8,7	364,0/111,0	---
НСР <sub>05</sub>		2,3/3,1						

Предельно допустимая концентрация (ПДК) нитратов в овощной продукции в различных странах мира колеблется в значительных пределах. ВОЗ рекомендует для любых диетических продуктов ПДК нитратов не выше 300 мг/кг сырого вещества. Согласно СанПиН 2.3.2. 1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности продуктов», допустимый уровень содержания нитратов в поздней моркови (после 1 сентября) не более 250 мг/кг.

При анализе продукции столовой моркови содержание сухого вещества в корнеплодах варьировало от 9,9 до 15,9 %. Внесение удобрений и сидератов на варианте без орошения способствует увеличению сухого вещества на 0,4 - 2,6 %. Минеральные удобрения при орошении с глубиной увлажнения 0,4 м способствуют снижению содержания сухого вещества на 0,4 - 1,8 %, а при глубине увлажнения 0,6 м – на 0,1 - 3,1 %.

При характеристике качества моркови используется такой показатель, как содержание каротина, который играет очень важную роль в питании человека и на содержание которого в сильной степени влияют морфологические особенности сортов и погодно-климатические условия выращивания. Нашими исследованиями установлено, что орошение с глубиной увлажнения 0,4 м снижает содержание каротина на 1,2 - 4,6 мг%, а с глубиной увлажнения 0,6 м – на 0,6 - 3,1 мг%.

По результатам анализов продукции тенденция к снижению содержания витамина С и общего сахара в корнеплодах моркови такая же, как и по содержанию каротина. Так, содержание нитратного азота снижается при применении удобрений, дополнительном орошении и использовании сидератов практически по всем вариантам опыта, за некоторым исключением, где уровень нитратов выше ПДК (250 мг/кг). Действие сидератов на качественные показатели в большинстве вариантов только положительное.

Для более полной характеристики влияния изучаемых агроприемов на качественные показатели моркови продукция, полученная с контрастных по орошению вариантов (без орошения и с глубиной увлажнения 0,4 м) была заложена на хранение. Хранение осуществлялось в течение 7 месяцев после уборки моркови при температуре воздуха – 0 - 1 °С и относительной влажности воздуха – 90 - 95 % в полиэтиленовых мешках, толщина пленки 100–120 мкм, размер мешков 50х100 см.

При анализе данных нами отмечается, что комплекс факторов: орошение, удобрения и сидераты существенно влияют на сохраняемость корнеплодов моркови. Так, общие потери на контрольном варианте - без удобрений, без орошения и без сидератов составили около 15 %.

При применении различных систем удобрений показатели общих потерь изменяются и находятся в пределах от 14 до 36 %. Следует отметить, что удобрения улучшают сохраняемость продукции моркови на варианте без орошения. Сидеральные культуры, высеваемые в севообороте с применением повышенной минеральной и органоминеральной систем удобрений и без удобрений снижают естественную убыль массы при хранении корнеплодов.

Выход продукции после хранения при орошении с глубиной увлажнения 0,4 м составил 64 - 83 %. В весовом количестве наибольший выход продукции после хранения отмечен при внесении удобрений, орошении и последствии сидератов - 42,6 - 53,4 т/га.

Данные таблицы показывают, что в орошаемых условиях применение удобрений увеличивает количество сухого вещества, общего сахара и содержание каротина после хранения. Однако отмечается, что до закладки на хранение эти показатели более высокие, чем после снятия продукции с хранения. На длительное хранение рекомендуется закладывать морковь, выращенную без орошения.

Таким образом, в условиях Ростовской области при соблюдении данных рекомендаций по выращиванию моркови уровень урожайности составит 56 - 65 т/га - хозяйствам Ростовской области на обыкновенных черноземах необходимо проводить орошение с глубиной увлажнения 0,4 м и обязательным внесением минеральных удобрений  $N_{125}P_{95}K_{125}$ . Под морковь целесообразнее в дополнение к орошению и удобрениям высевать горохо-овсяную смесь на сидерат.

В хозяйствах, выращивающих морковь без орошения для получения урожайности 37-44 т/га рекомендуется внесение минерального удобрения  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , а при наличии в хозяйстве органических удобрений (навоз), его внесение под предшественник в дозе 40 т/га + дополнение минеральными удобрениями  $N_{45}K_{50}$ , под предпосевную культивацию.

#### Литература

1. www.don-agro.ru
2. Авдеенко С.С. и др. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013-2020 годы/Под ред Василенко В.Н. Часть 3. – Ростов-на-Дону, 2013. – 352 с.
3. Современная энциклопедия. Сад и огород /Авт.-сост. Насекайло О.Л., Баранова Н.А. - МН.: Современный литератор, 1999. – 816 с.
4. Шманаева Т.Н., Литвиненко М.В. Качество овощей и химизация. - М.: Знание, 1990. – 64 с.

#### References

1. www.don-agro.ru
2. Avdeenko S.S. i dr. Zonal'nye sistemy zemledelija Rostovskoj oblasti na 2013-2020 gody/Pod red Vasilenko V.N. Chast' 3. – Rostov-na-Donu, 2013. – 352 s.
3. Sovremennaja jenciklopedija. Sad i ogorod /Avt.-sost. Nasekajlo O.L., Baranova N.A. - MN.: Sovremennyyj literator, 1999. – 816 s.
4. Shmanaeva T.N., Litvinenko M.V. Kachestvo ovoshhej i himizacija. - M.: Znanie, 1990. – 64 s.

#### Асинская Л.А.

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и растениеводства,  
Приморская государственная сельскохозяйственная академия

#### ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАЦИИ ДОННИКА БЕЛОГО ОДНОЛЕТНЕГО В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

#### Аннотация

*В статье показана зависимость длины вегетационного периода донника белого однолетнего от метеорологических условий года. Многолетними исследованиями отмечено влияние осадков и температуры воздуха на продолжительность отдельных межфазных периодов у донника белого однолетнего.*

**Ключевые слова:** донник белый однолетний, вегетационный период, фазы роста и развития.

#### Asinskaya L.A.

PhD in Agriculture, associate professor of the Department of agriculture and plant growing,  
Primorskaya state agricultural Academy

#### FEATURES OF VEGETATION OF WHITE CLOVER ANNUAL IN PRIMORSKY KRAI

#### Abstract

*The article shows the dependence of the length of the vegetative period of white clover from annual meteorological conditions of the year. Years of research revealed the influence of precipitation and air temperature on the duration of individual interphase periods, the white clover is an annual.*

**Keywords:** the annual white clover, the vegetation period, phase of growth and development.

Донник белый является одним из ценных кормовых, медоносных и фитомелиоративных растительных объектов. Он характеризуется высокой экологической пластичностью, устойчивостью к стрессовым факторам среды, способностью экономно и эффективно использовать агроклиматические ресурсы [1, 2]. По питательности он близок к клеверу и люцерне. На практике доказана перспективность его использования на сено, сенаж, зеленый корм и как пастбищного растения [1, 3].

Нельзя не отметить большое агротехническое значение донника, который развивает мощную, глубоко проникающую в почву корневую систему и обогащает почву органическим веществом и азотом [3].

Донник белый однолетний в условиях Приморского края за годы исследований при посеве в первой декаде мая до конца сентября–начала октября проходил все фазы развития и в зависимости от условий выращивания, давал до двух укосов зелёной массы или от 39 до 136,8 кг/га кондиционных семян [1]. Метеорологические условия в годы исследований были разнообразными, что позволило объективно оценить изучаемый материал. Обобщив данные в течение пяти лет, можно сделать следующие выводы: по температурному режиму наиболее тёплыми оказались 2010 и 2007 год; 2006 и, особенно, 2009 год были более прохладными. Больше осадков за весенне-летний период выпало в 2005 году, в 2007 году их было меньше нормы на протяжении всей вегетации [1].

Продолжительность периода «посев – всходы» зависело от количества осадков в первой половине мая, поддерживающих увлажнение верхнего слоя почвы. В 2005 году температура воздуха в мае была ниже среднемесячной, но высокая влажность в первой и второй декадах мая способствовала дружному появлению всходов через 14-16 дней после посева. В 2006 году температура воздуха на 1,4°C была выше среднемесячной, но осадков выпало на 18,8 мм ниже нормы. Поэтому всходы появились на 2 дня позже, а в 2007 году, при посеве семян в сухую почву, всходы появились на 5-7 дней позже.

В 2009 году наблюдалась самая засушливая и тёплая весна, но за счёт третьей декады апреля, когда осадков выпало больше нормы, всходы появились через 15-18 дней после посева. А в 2010 году при посеве семян в достаточно прогретую и влажную почву, всходы появились через 14-17 дней (табл. 1).

Таблица 1 – Развитие растений донника белого однолетнего

Год наблюдения	Дата посева	Дата наступления фаз развития:				
		появление всходов	ветвление	бутонизация	цветение	полное созревание семян
2005	5 мая	19-21 мая	12-14 июня	29-31 июля	20-26 августа	15-19 октября
2006		21-23 мая	11-13 июня	19-23 июля	10-15 августа	9-12 октября
2007		26-28 мая	17-20 июня	18-20 июля	1-6 августа	6-10 октября
2009		20-23 мая	16-20 июня	22-25 июля	15-20 августа	12-15 октября
2010		19-22 мая	10-12 июня	18-21 июля	2-6 августа	5-10 октября

В 2005 году фаза цветения (от начала бутонизации) у растений донника белого отмечалась на 20-26 день. На следующий год цветение наступило на 2-3 дня раньше, а в 2007 и 2010 году – на 6 - 9 дней. В 2009 году цветение отмечалось на 24 - 26 день от начала бутонизации, а на следующий год данная фаза сократилась на 9 – 10 дней.

В 2005 году от всходов до полного созревания семян прошло 151-167 дней. В 2006 году вегетационный период сократился на 7 дней, а в 2007 году – от 2-3 до 9-10 дней. В 2009 году вегетационный период составил 148-163 дня, а на следующий год он сократился в среднем на 5 дней.

После скашивания участок покрыт хорошо облиственными побегами. Отрастание донника зависит от обеспеченности растений влагой в период засушливой погоды. По нашим наблюдениям, в первые 7...10 дней даже при выпадении осадков, донник «сидит», а потом быстро трогается в рост.

В разные по метеорологическим условиям годы рост растений и прохождение фенологических фаз наблюдались в разные календарные сроки. В прохладном и сыром 2005 году период от всходов до первого укоса (фаза бутонизации) составил в среднем 84 дня. В более тёплом 2006 году с хорошим увлажнением в мае и июне, этот период сократился в среднем на 9 дней, а в 2007 году – на 11 дней, по сравнению с 2005 годом. В 2009 году от всходов до первого укоса прошло 80 дней, а на следующий год этот период сократился на 5 дней (табл. 2).

Таблица 2 – Продолжительность межфазных периодов у донника белого однолетнего

Год наблюдения	Время в сутках:			Вегетационный период, дней
	от посева до появления всходов	от появления всходов до первого укоса	от первого укоса до второго	
2005	14-16	84	23	151-167
2006	16-18	75	30	144-160
2007	21-23	73	34	141-158
2009	15-18	80	32	148-163
2010	14-17	75	36	143-158

Продолжительность периода от первого укоса до второго для растений донника белого зависела от складывающихся погодных условий – это обеспеченность растений почвенной влагой и температура воздуха, что хорошо прослеживается по годам. В 2006 году период между первым и вторым укосом увеличился по сравнению с 2005 годом на 7 суток, в 2009 году – на 9 суток, а в 2007 и 2010 году – на 11 и 13 суток соответственно.

Таким образом, для прорастания семян донника белого однолетнего важно наличие тепла и влаги. Оптимальное сочетание этих факторов обеспечивает дружное появление всходов на 14...16 день после посева. При недостатке

влаги и низких температурах прорастание задерживается. Продолжительность межфазных периодов и вегетации в целом обусловлена метеорологическими факторами. Количество осадков выше нормы, как в 2005 году, приводит к увеличению продолжительности вегетационного периода, а их дефицит, как в 2010 и особенно в 2007 году – к более быстрому наступлению фазы первой укосной спелости и сокращению вегетационного периода.

#### Литература

1. Асинская Л.А. Донник белый однолетний в Приморском крае: монография / Л.А. Асинская. – Уссурийск: Изд-во ФГБОУ ВПО «Приморская ГСХА», 2014. – 136 с.
2. Домбровский С.В. Донник – перспективное медоносное, кормовое и лекарственное растение / С.В. Домбровский, А.О. Нежинский // Растениеводство. – 2001. - №6. – С. 16.
3. Савин А.П. Многоцелевое использование донника белого / А.П. Савин // Главный агроном. – 2006. - №2. – С. 47 – 49.

#### References

1. Asinskaja L.A. Donnik belyj odnoletnij v Primorskom krae: monografija / L.A. Asinskaja. – Ussurijsk: Izd-vo FGBOU VPO «Primorskaja GSHA», 2014. – 136 s.
2. Dombrovskij S.V. Donnik – perspektivnoe medonosnoe, kormovoe i lekarstvennoe rastenie / S.V. Dombrovskij, A.O. Nezhinskij // Rastenievodstvo. – 2001. - №6. – S. 16.
3. Savin A.P. Mnogocelevoe ispol'zovanie donnika belogo / A.P. Savin // Glavnyj agronom. – 2006. - №2. – S. 47 – 49.

Ездакова И.Ю.<sup>1</sup>, Попова Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Доктор биологических наук, <sup>2</sup>аспирант,

Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени Я.Р.Коваленко

#### ПАРАМЕТРЫ СЫВОРОТОЧНЫХ АНТИТЕЛ КАК МАРКЕРЫ ИММУНОРЕАКТИВНОСТИ ОРГАНИЗМА ЖИВОТНЫХ

#### Аннотация

В данной работе проведены исследования по влиянию метаболитов *C.tropicalis* на преципитирующую активность иммуноглобулинов класса G в сыворотке крови крупного рогатого скота с помощью реакции радиальной иммунодиффузии. Установлено, что разные животные не одинаково реагируют на один и тот же белок кандид, следовательно, и устойчивость иммуноглобулинов к патогенам индивидуальна.

**Ключевые слова:** иммуноглобулины, реакция иммунодиффузии, метаболиты, кандиды, нагрузочный тест.

Ezdaikova I.Yu.<sup>1</sup>, Popova E.V.<sup>2</sup>

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

All-Russian Ya.R.Kovalenko Research Institute of Experimental Veterinary Medicine

#### PARAMETERS OF SERUM ANTIBODIES AS MARKERS IMMUNOREACTIVITY OF ANIMALS

#### Abstract

In this paper researches on the influence of metabolites on *C.tropicalis* precipitating activity of immunoglobulin G in the serum of cattle by the reaction of radial immunodiffusion. It has been established that different animals is not equally responsive to one and the same protein of Candida.

**Keywords:** immunoglobulins, reaction of immunodiffusion, metabolites, candida, a load test.

Иммунореактивность организма находится под контролем различных генетических факторов. Гены иммунореактивности кодируют белки главного комплекса гистосовместимости (МНС) класса II, которые играют решающую роль в распознавании антигена. Гуморальный иммунный ответ на определенный антиген передается потомству в качестве генетической программы, по которой могут быть синтезированы специфические белки к данному антигену, т.е. гены иммуноглобулинов возникают de novo во время онтогенеза. Поэтому набор антител для каждого организма неповторим. Из этого следует, что иммунореактивность организма индивидуальна, а ее оценка может показать различия в способности давать сильный или слабый иммунный ответ, что важно при проведении иммунопрофилактики [1].

Целью данной работы было изучение влияния метаболитов *C.tropicalis* на преципитирующую активность иммуноглобулинов класса G крупного рогатого скота на основе реакции радиальной иммунодиффузии (РИД).

**Материалы и методы.** В эксперименте использовали образцы крови крупного рогатого скота (n=10) и метаболиты культур *C.tropicalis* в фазе логарифмического роста. Культуральную жидкость фильтровали (Millex-GS 0,22µm) и 2-кратно осаждали сульфатом аммония. Затем наносили на колонку с Sephadex-75. Полученные фракции анализировали методом электрофореза в ПААГ-ДСН. Перед проведением РИД образцы сыворотки крови инкубировали с метаболитами *C.tropicalis* в течение 30 мин. при 37°C.

**Результаты и обсуждение.** В результате гель-фильтрации на Sephadex-75 метаболитов кандид было получено 6 фракций с оптической плотностью 0,02-0,03 (OD 280). Фракции концентрировали в «Concentrator plus» (Eppendorf) при t 30°C в течение 3-х часов. Затем проводили электрофорез в ПААГ-ДСН (12,5%).

Электрофоретический спектр белков кандид был представлен компонентами, основная часть которых сосредоточена в области молекулярных масс меньше 10 kDa. Таким образом, нам не удалось получить синтезируемые кандидами аспартат протеазы, молекулярная масса которых по литературным источникам составляет около 40 kDa.

Сконцентрированные в 5 раз фракции белков кандид (0,02-0,015 мг/мл) были использованы в нагрузочном тесте на основе реакции иммунодиффузии с сыворотками крови коров и телят (возраст 5-6 мес.)



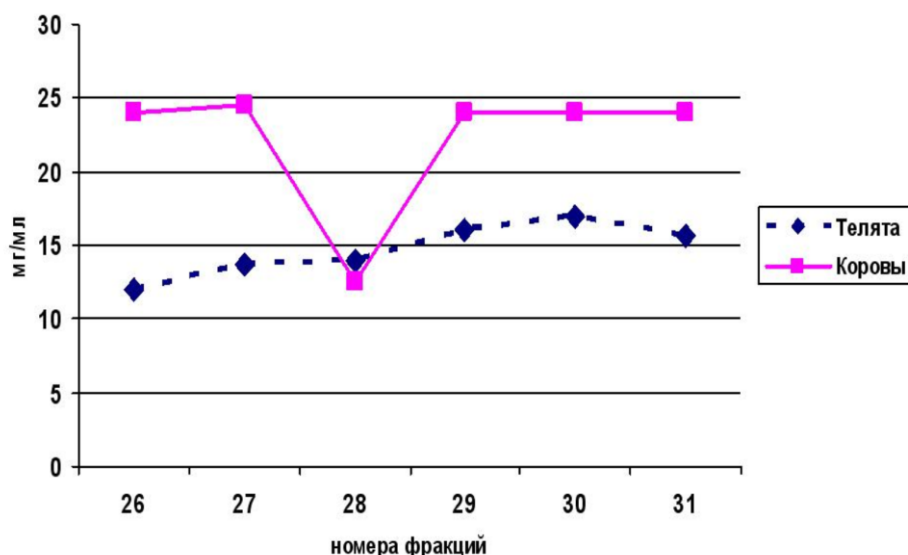


Рис. 1 – Концентрация IgG в нагрудном тесте с метаболитами кандид

Как видно на графике (рис.1) устойчивость IgG к различным фракциям кандид не одинакова, хотя содержание белка в них находится в пределах от 0,02 до 0,015 мг/мл. Показатели РИД фракции №28 у коров и теллят коррелируют с наибольшей концентрацией белка в метаболитах (0,02 мг/мл), но у коров снижение преципитирующей активности IgG более выражено.

При инкубации сыворотки с метаболитами кандид, по-видимому, происходит адгезия низкомолекулярных пептидов патогенна к эпитопам молекулы IgG и блокировка центров связывания. Поэтому часть антител не может участвовать в образовании преципитата в реакции антиген-антитело. В данной работе приведены средние показатели по группам, но, по нашему мнению, у различных животных сывороточные антитела имеют индивидуальные черты, которые и определяют резистентность организма к инфекции. Как показал эксперимент, индивидуальные параметры нагрудного теста значительно отличаются между собой, так, например, ряд данных фракции 26: у 1-го теленка содержание IgG составило 6,2 мг/мл; 2 – 3,1; 3 – 18,0; 4 – 9,0; 5- 11,0 соответственно. Следовательно, разные животные не одинаково реагируют на один и тот же белок кандид, поэтому и устойчивость иммуноглобулинов к патогенам индивидуальна.

Большинство белков, при участии которых происходит распознавание антигенов, принадлежит к суперсемейству иммуноглобулинов, т.е. Ig являются одними из основных компонентов защиты организма от инфекций. Параметры устойчивости Ig к инфекционным агентам различной этиологии могут служить диагностическим маркером иммунореактивности при определении статуса здоровья животного, что будет иметь большое значение для сохранности поголовья и своевременному принятию мер по обеспечению нормального формирования иммунной системы молодняка.

#### Литература

1. Heriazon A. Phenotypic and genetic parameters of antibody and delayed-type hypersensitivity responses of lactating Holstein cows / Armando Heriazon, Margaret Quinton, Filippo Miglior et al // *Veterinary Immunology and Immunopathology*-2013- Vol. 154.-Issues 3–4.-P. 83-92
2. Уровень основных классов иммуноглобулинов в сыворотке крови коров-первотелок при разных способах содержания и происхождения / М.А.Еремина, И.Ю.Ездакова, Н.А.Попов, В.Л.Лиэпа // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*.-2013.-№2.-С.46-48.
3. Ездакова И.Ю., Милова Е.Ю., Смирнова В.Г. К вопросу информативности иммунологических показателей // *Актуальные проблемы инфекционных болезней молодняка и других возрастных групп сельскохозяйственных животных, рыб и пчел*: Сб. науч. тр. - М:ВИЭВ.-2011.-С.252-253.

#### References

1. Heriazon A. Phenotypic and genetic parameters of antibody and delayed-type hypersensitivity responses of lactating Holstein cows / Armando Heriazon, Margaret Quinton, Filippo Miglior et al // *Veterinary Immunology and Immunopathology*-2013- Vol. 154.-Issues 3–4.-P. 83-92
2. Uroven' osnovnyh klassov immunoglobulinov v syvorotke krovi korov-pervotelok pri raznyh sposobah soderzhaniya i proishozhdeniya / M.A.Eremina, I.Ju.Ezdaikova, N.A.Popov, V.L.Lijepa // *Doklady Rossijskoj akademii sel'skhozajstvennyh nauk*.-2013.-№2.-S.46-48.
3. Ezdaikova I.Ju., Milova E.Ju., Smirnova V.G. K voprosu informativnosti immunologicheskikh pokazatelej // *Aktual'nye problemy infekcionnyh boleznej molodnjaka i drugih vozrastnyh grupp sel'skhozajstvennyh zhivotnyh, ryb i pchel*: Sb. nauch. tr. - M:VIJeV.-2011.-S.252-253.

Капинос Р.В.<sup>1</sup>, Осьмирко И.В.<sup>2</sup>, Синица Т.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Кандидат экономических наук, доцент, <sup>2</sup>кандидат экономических наук, доцент, <sup>3</sup>кандидат экономических наук, доцент, Харьковский национальный педагогический университет имени Г.С. Сковороды

# ОБЩИННОЕ АГРАРНОЕ ХОЗЯЙСТВО В МИРОВОЙ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКЕ

**Аннотация**

*В статье рассмотрены – особенности функционирования современной системы общинного аграрного хозяйства, реализующего специфические принципы эффективного хозяйствования, позволяющие достичь устойчивого экономического развития хозяйства без использования типичных для мирового рынка отношений, за счет особого характера трудовых отношений, оптимизации затрат, льготного характера взаимоотношений с государственными институтами, широкого развития благотворительности, когда пожертвование лежит и в основании хозяйства, и является его главным эффектом.*

**Ключевые слова:** общинное аграрное хозяйство, мировая рыночная экономика, сельское хозяйство, экономическая эффективность, монастырская экономика.

Kapinos R.V.<sup>1</sup>, Osmirko I.V.<sup>2</sup>, Sinita T.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PhD in Economics, associate professor, <sup>2</sup>PhD in Economics, associate professor, <sup>3</sup>PhD in Economics, associate professor, Kharkov national pedagogical university of the name Grigory Skovoroda

# COMMUNAL AGRARIAN ECONOMY IN THE WORLD MARKET

**Abstract**

*In the article considered are features of functioning of the modern system of communal agrarian economy, realizing specific principles of effective management, allowing to attain steady economic development economies without the use of typical for a world market relations, due to the special character of labour relations, optimization of expenses, favourable character of mutual relations with state institutes, wide development of charity, when offering lies and in founding of economy, and is his main effect.*

**Keywords:** communal agrarian economy, world markets, agriculture, economic efficiency, monastic economy.

An agricultural life of religious organizations — one of the least investigated branches of economics by a science. There exist some reasons for this. On the one hand, religious communities, and especially their economical life, were always hidden for an external investigation [1, 461]. On the other hand, a choice of a method and a way of researching of these associations is complicated; it is very difficult to apply the usual economical parameters to «a communal economy» (more exact definition: «a collective economy of a confession type ") the usual economical parameters. The agriculture of religious communities has always seemed to economists to be ineffective, by the size very insignificant, frequently technically very outdated, almost natural, and in the whole poorly organized. What sense does it make to study that what appears to fall soon into decay and investigation of what will not bring any useful and profitable conclusions for the future development of all the economy? But nevertheless as the economical history shows, communal agrarian economy permanently existed in any economical system, being quite of great vitality even under the conditions of economical crisis.

What is the reason of their stability and flexibility?

Let's see a concrete example— the economy of Uspensky Svjatogorskoj Cloister (Svjatogorsk town, the East of Ukraine). As for the economical state of the cloister, before the October revolution it used to be one of the most effective and prospering cloistral communities. At the end of the XVIII century it possessed 30 thousand acres of the woodlands (2 dessiatina—3/4 acres), 2 thousand of peasants were attached to this economy. Soon after the October revolution in 1924 Svatogorsky cloister as well as the majority of other orthodox cloisters, was closed. All the belongings were expropriated and given to a boarding house, built on the cloistral lands. In the times of the Soviet Union its temple was used as a swimming pool, a sauna and a dining room and the Yspensky cathedral as a cinema house.

Only in 70 years (in 1992) the monastery was opened again. During the past 23 years the cloister was occupied with reconstruction. Tree temples were completely renewed, a wooden temple, on so called hill Favor was also rebuilt. Nowadays the cloister has 90 monks, all of them are " monks-workers", or in other words they take part in an economical labor : building works (casual work), in a refectory, candle making, sewing, shoe and joiner's workshops, in a mini-bakery, in monks' cells, on a kitchen garden and an apiary. They worked 10—12 hours a day.

Nowadays the economy of the Svatogorsky cloister includes 8.5 hectares of plough land, only 1 hectare of it is occupied with a kitchen garden (cloistral land is stony and poorly fertilized); apiary with 30 bee stocks (600 in XIX century), garden (4 hectares), 4 cows of a breed Ukrainian Steppe, 10 items of a technique, including life expired tractor. 19 hectares of the wood, which surrounds the cloister are a forest reserve. Cloistral greenhouse (10 4 meters) — is covered with a pellicle, with steam heating, with old and worn equipment; it's used for planting of seedlings (half of them are flowers). One of the main sources of water is a mountain stream, which runs behind the monastery walls. Brick works, mills and poultry yard, which existed in the XIX are not reconstructed. Candle work is situated a long way from the monastery (though they are short of vex). In the cloister there are 120 monks, 50—60 everyday pilgrims and 40 – 50 hired workers (builders) that are not less than 200 – 250 people. We should to take into account that some sum of money don't reach the cloistral economy because of baggers (from 5 to 10 by the gates, whose "earnings" may make up to 100 grivnas a day) and also trades people, selling the daggers and also some food, books and crockery with sights of the cloister on it, which the visitors buy willingly.

Some money incomes could bring those who take of monastic vows. But in Svatogorsky cloister the majority of "incoming" are former students, aspirants, retired people, that are people rather poor. Besides, according to the monastic statute taking of monastic vows one can do with his property whatever he wants and a cloistral authorities have no right to put any pressure on him.

Researchers face such a paradox: it is obvious, that the monastic agrarian economy is not effective, it feels a sharp need even for the most necessary - for lands, technical equipment, money, as a matter of fact there is no economy here, but nevertheless it exists.

Where are the sources of such a vital force? The main reasons must lie out of economical categories. But in the same time we can mark out a number of purely economical factors.

1. Its a wide use of unpaid or rather very low paid labor: pilgrims and monks, everyone have to work, including the highest office (a pilgrim who lives in the cloister more than 3 days, is obliged to accept "obedience" that is to work for a monastery; a nice wooden church on the hill Favor has been built in one year by a brigade consisted of 12 person. They worked practically for free, only "for food" The monastery is guarded by Zaporozhye Cossacks also for free, etc.

2. A monastery – is some kind of «a free economic area», tax —free and exempt from paying a rent for the land.

3. The low prices for "goods" and "services" given by a monastery in comparison with parish churches certainly attract "buyers".

4. A high level of charitable "support". So, a lot of heads of Donetsk region and also a number of private commercial firms help constantly Svatogorsky cloister financially. In the last years several old and desolated buildings to the sum of 50 thousand grivnas were given to the cloister; without a help of the governor the monastery could not redeem the former property. These are some kind of gratuitous grants.

A monastic agrarian economy is a unique phenomenon in the modern economy [3, 121]. This is an economy based on charity and existing for the sake of charity [2, 740].

#### References

1. Codex ivris canonici // Pallottinum, 1984. 697 s.
2. Smith Adam. Inquiry into the nature and causes of the wealth of nations // Eksmo, 2007. 960 s.
3. Kapinos R. V. The monastic economy: the economic relationship and place in the modern national economy // Institute of Economics, RAS, 2006. 140 s.

#### Корнацкий С.А.

Доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, Российский университет дружбы народов

#### ЭНДОГЕННАЯ И ЭКЗОГЕННАЯ РЕГУЛЯЦИЯ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ ЧЕРЕШНИ

#### Аннотация

*Обсуждаются проблемы выращивания черешни в нетрадиционных зонах возделывания культуры. Рассматриваются приемы получения корнесобственных растений черешни с использованием метода in vitro и предлагается технология доращивания микрорастений с моделированием периода покоя.*

**Ключевые слова:** черешня, клональное микроразмножение, растительные гормоны, корнесобственная культура.

#### Kornatskiy S.A.

Associate Professor, PhD in Agriculture, Russian Peoples' Friendship University

#### ENDOGENOUS AND EXOGENOUS REGULATION OF MICROPROPAGATION SWEET CHERRIES

#### Abstract

*The problems of growing sweet cherries in non-traditional areas of cultivation culture are discussed. Methods for the own-rooted plants with cherries by in vitro are considered and technology of microplants rearing with modeling dormancy period is proposed..*

**Keywords:** sweet cherry, micropropagation, plant hormones, own rooted culture.

Черешня как плодовая культура чрезвычайно популярна за счет ранней сезонной продукции с высокими вкусовыми качествами. Общеизвестно, что культура это южная, однако ситуация с ареалом распространения ее достаточно сильно изменилась в последнее время. Результативная селекционная работа позволила создать ряд сортов, которые удалось районировать даже в Нечерноземье - зоне с весьма суровыми, в отдельные годы, климатическими условиями.

Основой создания продуктивных черешневых насаждений, безусловно, является качественный посадочный материал. И, наиболее очевидная проблема в средней полосе России в этой связи – отсутствие высоко технологичного подвоя, который в питомнике давал бы выровненные рослые сеянцы, обеспечивающие высокий выход качественных саженцев. Поэтому в качестве подвоев с разной степенью успешности используют сеянцы культурных сортов черешни, сеянцы сильнорослых сортов вишни и сильнорослые клоновые подвои.

В то же время существует еще один вариант получения саженцев черешни – вегетативное размножение. Корнесобственная культура косточковых растений известна достаточно давно на примере вишни и сливы, технологически процесс детально прорабатывался в отечественной практике в середине прошлого века [1]. Однако, низкая укореняемость зеленых черенков не позволила тогда решить вопрос выращивания корнесобственного материала черешни. С разработкой принципиально нового метода вегетативного размножения – клонального микроразмножения ситуация коренным образом изменилась.

Начало работ по клональному микроразмножению черешни положено в лаборатории культуры тканей ВСТИСП (п. Измайлово, Московская обл.) в 2001-2004 годах и продолжено в биотехнологической лаборатории аграрного факультета РУДН (г. Москва) в 2012-2015 годах.

Целью изучения был подбор уровней и соотношений экзогенных и эндогенных факторов культивирования, обеспечивающих эффективную пролиферацию культур и получение растений-регенерантов in vitro.

В качестве объектов исследований использовали сорта селекции ВСТИСП – Фатеж, Чермашная и селекции ВНИИЛ - Ревна. Для культивирования применяли питательную среду Murashige и Skoog (1962). Поверхностная

стерилизация исходного материала обеспечивалась 0,1%-ным раствором сулемы или 1%-ным раствором азотнокислого серебра. Введение в культуру проводили в марте, после пробуждения вегетативных почек на однолетних ветвях, прошедших период покоя. На этапе пролиферации в питательную среду добавляли 6-бензиламинопурин (6-БАП) в концентрации 1,0-2,0 мг/л, для укоренения микропобегов -  $\beta$ -индолилмасляную кислоту (ИМК) в концентрации 0,5-1,0 мг/л и  $\beta$ -индолилуксусную кислоту (ИУК) в концентрации 1,0-1,5 мг/л. Перед укоренением проводили элонгацию побегов на среде с содержанием 6-БАП 0,05 – 0,1 мг/л. При высадке микрорастений на адаптацию использовали автоклавированный субстрат на основе торфа. Культивационные сосуды (пробирки, колбы) с растениями помещали в культуральную комнату с заданным режимом (интенсивность освещения 5,0–6,5 клк, 16 часовой фотопериод и температура  $24 \pm 1^\circ\text{C}$ ).

Введение в культуру проходило достаточно стандартно, сходно вишней. Наиболее успешным оказалось введение в культуру сорта Фатеж по числу продолживших развитие эксплантов. Выпады эксплантов отмечали по разным причинам, включая развитие скрытой патогенной микрофлоры, в пределах 10-30%. Из них удалось получить устойчиво пролиферирующие культуры. Конгломераты почек и побегов сорта Фатеж после 6-го пассажа были пересажены на среду для элонгации, что позволило через месяц получить достаточное количество микропобегов длиной 2,5-3,5 см, которые отбирали для укоренения. Лучшие результаты по укоренению микропобегов были получены при использовании ИМК в концентрации 1,0 мг/л и при использовании ИУК в концентрации 1,5 мг/л. Укореняемость составила 64,7% и 66,1% соответственно, но развитие корневой системы не имело какого-либо единообразия и в конечном итоге не играло существенной роли в приживаемости растений. Все укорененные растения были высажены на адаптацию по схеме, отработанной ранее с вишней. Использование автоклавированного субстрата и индивидуальный подход к каждому растению позволили обеспечить 100%-ный выход адаптированных растений. В ходе адаптации, по мере развития корневой системы растений в объеме субстрата, отмечался рост их надземной части, который составил в пределах 2,7 - 3,4 см. Спустя 6 нед. после высадки микрорастений на адаптацию рост окончательно прекратился и растения впали в состояние, аналогичное состоянию покоя в естественных условиях. Наиболее встречаемой рекомендацией в литературе является приурочивание адаптации микрорастений к началу вегетационного периода в естественных условиях. Доращивание растений до размеров, позволяющих высадить их на постоянное место, таким образом, затягивается на 2 года, что в совокупности с потерями растений значительно снижает эффективность процесса размножения. Учитывая эти обстоятельства, нами была разработана схема адаптации микрорастений и первичного их доращивания, позволяющая обеспечить практически полную сохранность растительного материала и сокращение на год доращивания растений, полученных *in vitro*, которая успешно была применена при получении корнесобственных растений черешни [ 2 ]. Руководствуясь оптимальными для прохождения периода покоя температурами, адаптированные и закончившие рост растения, выдерживали в течение 2,5 месяцев в специально оборудованной камере. В январе растения возвратили в светокomнату, где через 2-3 дня у растений наблюдалось синхронное активное начало развития и последующий рост, что позволило получить у исходных 5-7 см растений прирост 20 - 30 см в течение 2-3 недель. Спустя месяц рост снова замедлился и растениям повторно моделировали условия периода покоя до конца апреля, практически до момента, когда их можно было высадить в открытый грунт. Использование данной схемы позволило вырастить полученные микрорастения черешни до высоты 70-110 см уже в первую вегетацию, то есть за 1 год (Рис.1).

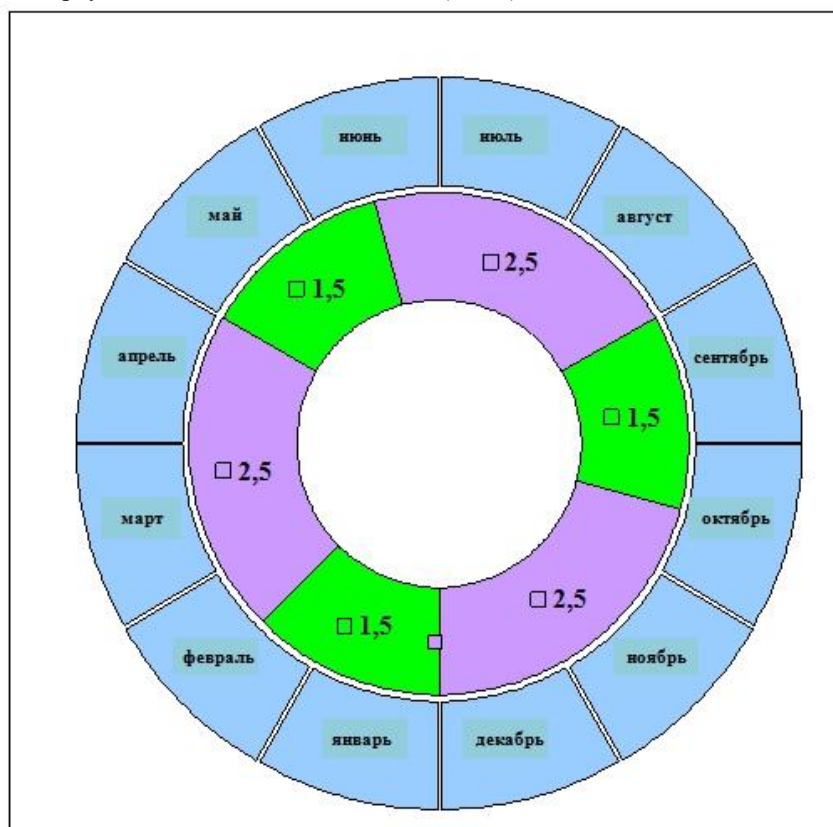


Рис. 1 – Диаграмма соотношения роста и покоя растений (в мес.) с календарными месяцами в году,  
■ – покой растений, ■ – рост растений

## Литература

1. Тарасенко, М.Т. Зеленое черенкование садовых и лесных культур/ М.Т. Тарасенко // М. Изд. МСХА. - 1991. - 272 с.
2. Корнацкий, С.А. Особенности получения и возможности использования корнесобственной черешни / С.А. Корнацкий, В.В. Введенский// Вестник МичГау. - Мичуринск. - 2012. - 3. - с.74-77

## References

1. Tarasenko, M.T. Zelenoe cherenkovanie sadovyh i lesnyh kul'tur/ M.T. Tarasenko // M. Izd. MSHA. - 1991. - 272 s.
2. Kornatskiy, S.A. Osobennosti polucheniya i vozmozhnosti ispol'zovaniya kornesobstvennoy chereshni / S.A. Kornatskiy, V.V. Vvedenskiy// Vestnik MichGau. - Michurinsk. - 2012. - 3. - s.74-77

Позднякова В.Ф.<sup>1</sup>, Соколов Н.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Профессор, профессор кафедры внутренних незаразных болезней, хирургии и акушерства, доктор сельскохозяйственных наук ФГБОУ ВО «Костромская ГСХА», <sup>2</sup>заведующий отделом лосеводства, кандидат сельскохозяйственных наук ФГБНУ «Костромской НИИСХ»

## АДАПТАЦИЯ ЛОСЯ ЕВРОПЕЙСКОГО (ALCES ALCES L.) К АНТРОПОГЕННЫМ ФАКТОРАМ

## Аннотация

В статье приведены сведения о процессах адаптации при одомашнивании лося европейского к антропогенным условиям содержания. Основные изменения при одомашнивании затрагивают морфологические и психологические основы, возникающие при переориентации животного с естественного, дикого образа жизни, на условия, предлагаемые человеком. Путем наблюдения и анализа учитывались изменения лося одомашненного по сравнению с диким лосем по условиям содержания, кормления, воспроизводству, выращиванию потомства и отношению к человеку. При выращивании лосят установлено, что они воспринимают человека как мать, а лосиха не признает своего лосенка и относится к нему равнодушно, когда при родах присутствует человек и забирает лосенка. При одомашнивании лосей установлены условия антропогенного характера: адаптация к новой среде обитания, смена кормовых притязания и смена социальных ориентиров.

**Ключевые слова:** лось, лосята, одомашнивание, адаптация, поведение.

Pozdnyakova V.F.<sup>1</sup>, Sokolov N.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Professor, PhD in Agriculture "Kostroma State Agricultural Academy", Russia

<sup>2</sup>PhD in Agriculture Kostroma Research Institute of Agriculture of Russia

## ADAPTATION OF EUROPIAN ELK (ALCES ALCES L.) TO ANTHROPOGENIC FACTORS

## Abstract

This article presents information about processes of adaptation in domestication of European elk to human detention condition. Major changes during the domestication affect morphological and psychological bases in the body resulting from the reorientation of the animal from a natural, wild lifestyle to the terms offered by human. By observing and analyzing had been set the changes of domesticated elk compared to wild elk on conditions of detention, feeding, reproduction, rearing and attitude to man. During growing calves had been found that they are perceiving person as a mother and the last one does not acknowledging its own calf and applies indifferent to calf when a person is presenting at birth and taking the calf. Adult male elk refers to the person as an equal, but during the rut – as a rival. In domestication of elk had been found conditions of antropogenic nature: adaptation to the new environment, change of feed claims and change of social guidelines. adapting to the new environment, shift of feed claims and shift of social guidelines.

**Keywords:** European elk, calves, domestication, adaptation, behavior.

**А**даптация (adaptatio – прилаживание, приспособление) это физиологический процесс, представляет собой совокупность всех физиологических реакций, лежащих в основе приспособления организма к изменению окружающей среды и направленный на сохранение относительного постоянства внутренней среды.

Одомашнивание лося основывается на изменении поведения животного путём переориентации его с естественного, дикого состояния жизни, к условиям, предлагаемые человеком [3, 5]. Одомашнивая лосей, человек должен научиться управлять их поведением. Основоположники российской науки о поведении животных, такие как Б.П. Мантейфель, В.Д. Ильичев, Л.М. Баскин, Е.П. Кнорре пишут: «... по своей природе поведение – одно из наиболее гибких систем адаптации особей и популяций к изменениям окружающей среды» [1]. Изолируя новорожденных лосят от матерей, выпаивая их вручную заменителем цельного молока, удастся исказить социальное поведение, запечатлев новорожденных на человека [2, 4]. Уже на 2-3 день после рождения лосята начинают узнавать человека по голосу и по внешнему виду, а также лосят из своей группы.

**Цель исследования:** изучить особенности адаптации лося европейского к условиям, предлагаемые ему человеком.

**Материалы и методы исследования.** Объектом наших исследований явились лоси разных возрастных групп, содержащиеся на Сумароковской лосеферме Красносельского района Костромской области. Основным методом исследования явилось наблюдение и анализ полученных данных.

**Результаты исследования.** По причине короткого срока работы с лосями в направлении их одомашнивания, а также из-за содержания лосей в условиях, приближенных к естественным условиям их обитания, адаптационные изменения морфологического характера пока ещё незначительные. Но корма, не используемыми лосями в естественных условиях, вызывают у них изменения в процессе пищеварения. Сравнительный анализ происходящих процессов, порождаемых одомашниванием, представлен в табл. 1.

Таблица 1 – Условия антропогенного характера и их восприятие лосями

	№ п/п	Лось дикий	Лось одомашниваемый
Среда обитания (экологическая составляющая)	1.	Дикий лось обитает в среде, благоприятной для его вида	Среда, даже если это лесные территории, направленно антропогенизирована.
	2.	Лось ориентирован на естественные условия его обитания	Ориентация лося изменена в направлении, позволяющем человеку управлять этим животным.
	3.	Лось питается кормами, произрастающими в диких условиях (осина, берёза, сосна)	В рацион лосей включены растения, искусственно выращиваемые человеком. Лосят выпаивают заменителями коровьего молока, скармливают запаренный дроблёный овёс, морковь.
	4.	Лось не ограничен в выборе жизненного пространства	Лось ограничен в выборе жизненного пространства.
Отношение лося к человеку (психологическая)	5.	Лосиха выкармливает лосенка	Лосёнка выкармливает человек и он воспринимает человека как мать.
	6.	Дикие лоси стремятся к созданию семьи.	Лоси одомашниваемые ориентируются на группу лосей и человека, повзрослев – на индивидуальный участок и человека, иногда на лидера.
	7.	Лосиха всегда защищает лосенка.	Лосиха не знает своего лосёнка и к лосят относится равнодушно или даже агрессивно.
	8.	Лось-самец боится человека, в том числе и в период гона.	Прирученный лось-самец к человеку относится как к равному, а во время гона – как к сопернику

У прирученных животных возникают изменения окраски волосяного покрова, появления заболеваний, не отмеченных у диких особей и рождения недоношенного потомства. Изменения затрагивают и психические основы животного, которые заключаются в кардинальной переориентации лося с его естественного образа жизни на вариант, предложенный человеком. В первые часы жизни лосенок видит человека, постепенно адаптируется к нему и привыкает. Человек, отбирая детёныша от матери, вносит разрушительный диссонанс в его поведение, на который организм лосёнка отвечает определёнными коррективами. Его восприятие начинает концентрироваться на сверстниках, определенных звуках и человеке, который его кормит.

У лосих роды протекают в первую декаду мая. Это период наиболее сильного запечатления – период импринтинга, когда лосенок видит человека и привыкает к нему. Лосят содержат небольшими группами, в которых они хорошо адаптируются, и человек может их водить в окрестные угодья, не опасаясь их ухода в дикую жизнь. Лосята вынуждены питаться привозными кормами: ивой, осинкой, берёзой, а также заменителями коровьего молока и запаренным дроблёным овсом.

Зимой содержание одомашниваемых лосей мало чем отличается от образа жизни диких особей. Зимние лагеря не ограничивают свободы передвижения и не мешают им использовать естественно произрастающие растения. Для них ежедневно ведётся подрубка деревьев. Лоси каждый день получают до 5-6 кг каши из запаренного овса, морковь, кору осины, специально обдираемой сотрудниками со сваленных осин (табл. 2).

Таблица 2 – Направления, требующие адаптации у прирученных лосей

		Показатели
Привыкание к новой среде обитания	1.	Смена местообитания родившегося лося с лесного на окультуренные
	2.	Привыкание к ограниченной территории помещения
	3.	Привыкание к содержанию в загоне
	4.	Привыкание к групповому управляемому выпасу
	5.	Привыкание к ограниченному личному пространству
	6.	Привыкание к лосеферме, как центру обитания
	7.	Привыкание к технике
Смена социальных ориентиров	1.	Потеря матери и привыкание к человеку
	2.	Привыкание к чужим лосят
	3.	Привыкание к людям
	4.	Вживание в группу лосей
	5.	Жизнь в среде конкурентов
	6.	Привыкание к гаремному периоду спаривания
Смена кормовых притязаний	1.	Привыкание к заменителю молока
	2.	Привыкание к овсяной каше вместо заменителя молока
	3.	Привыкание к соске и бутылке
	4.	Привыкание к привозным кормам
	5.	Привыкание к кормам антропогенного характера
	6.	Привыкание к зимним кормам, заготавливаемым человеком (поваленные деревья, кора, ветви)

Действия человека рассматриваются не только с позиции интереса для науки, но и с позиции как можно меньшего причинения вреда лосям. Как бы ни сильны были его адаптационные способности, но это не снимает ответственности с человека за его жизнь и будущее. В отличие от промышленного животноводства, лосеводство имеет возможность идти путём развития, приближённого к естественной экологии.

#### Литература

1. Баскин Л. М. Поведение лося и domestикация /Л.М. Баскин // Биология и использование лося: Обзор исследований. - М.: Наука. 1996. - С. 71-78.
2. Джурович В.М., Соколов Н.В. Лось одомашниваемый: настоящее и будущее В.М. Джурович, Н.В. Соколов // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: мат. 54-й межвузовской научно-практ. конф. Том.1. - Кострома: Изд-во КГСХА.- 2003. - С. 71-73.
3. Джурович В.М., Соколов Н.В. Задачи лосеводства / В.М. Джурович, Н.В. Соколов //Зоотехния. 2004. №11. - С. 32.
4. Кнорре Е.П. Итоги двухлетних опытов по одомашниванию лося./Е.П. Кнорре /Научно-метод. зап.Главн.упр.по запов. - 1972. - вып. IV. С. 18-25.
5. Соколов Н.В. Особенности импринтинга / Н.В. Соколов //Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: мат. 56-й межвузовской научно-практической конференции: В 3 т. - Кострома: Изд. КГСХА.- 2005. - С. 149-150.

#### References

1. Baskin L. M. Povedenie losja i domestikacija /L.M. Baskin // Biologija i ispol'zovanie losja: Obzor issledovanij. - M.: Nauka. 1996. - S. 71-78.
2. Dzhurovich V.M., Sokolov N.V. Los' odomashnivaemyj: nastojashhee i budushhee V.M. Dzhurovich, N.V. Sokolov // Aktual'nye problemy nauki v agropromyshlennom komplekse: mat. 54-j mezhvuzovskoj nauchno-prakt. konf. Tom.1. - Kostroma: Izd-vo KGSXA.- 2003. - S. 71-73.
3. Dzhurovich V.M., Sokolov N.V. Zadachi losevodstva / V.M. Dzhurovich, N.V. Sokolov //Zootehnija. 2004. №11. - S. 32.
4. Knorre E.P. Itogi dvuhletnih opytov po odomashnivaniju losja./E.P. Knorre /Nauchno-metod. zap.Glavn.upr.po zapov. - 1972. - vyp. IV. S. 18-25.
5. Sokolov N.V. Osobennosti imprintinga / N.V. Sokolov //Aktual'nye problemy nauki v agropromyshlennom komplekse: mat. 56-j mezhvuzovskoj nauchno-prakticheskoj konferencii: V 3 t. - Kostroma: Izd. KGSXA.- 2005. - S. 149-150.

**Попов В.М.<sup>1</sup>, Афонькина В.А.<sup>2</sup>, Шукшина Е.И.<sup>3</sup>, Майоров В.И.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Доктор тех. наук, <sup>2</sup>старший преподаватель, <sup>3</sup>ассистент,  
Южно-Уральская Агроинженерная Академия,  
<sup>4</sup>профессор, Тюменский государственный университет  
**СУШКА СЕМЯН РАПИСА ИК-ИЗЛУЧЕНИЕМ**

#### Аннотация

*В статье рассмотрена новая функционально-параметрическая схема для сушки мелкосемянных культур в установке транспортерно-каскадного типа, с целью сохранения высокой технологической ценности семян рапса.*

**Ключевые слова:** рапс, мелкосемянные культуры, ИК-излучение, пленочный электронагреватель, технологическая ценность.

**Popov V.M.<sup>1</sup>, Afonkina V.A.<sup>2</sup>, Shukshina E.I.<sup>3</sup>, Mayorov V.I.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>PhD in Engineering, <sup>2</sup>associate professor, <sup>3</sup>postgraduate student,  
South Ural State Agricultural University,  
<sup>4</sup>professor, Tyumen State University  
**COLZA SEED IR-DRYING PROCESS**

#### Abstract

*This article considers a new operating parametric procedure of fine seeds drying process in the conveyor cascade line dryer in order to maintain the high technologic value of colza seed.*

**Keywords:** colza, seed, infra-red emission, film heating element, technological value.

**C**olza is a culture that successfully combines the high yield potential, oil and protein seed content, excellent high-protein crop of herbage; as well it is a good precursor for a number of other crops.

For Russia the colza is a relatively new agriculture. Only ten years ago its planted acreage and gross collection were relatively low [1]. Since 2003 the situation began to change - especially under the influence of growing demand of oil-extracting factories (OEF) for the oleaginous seeds. (Fig. 1) [2].



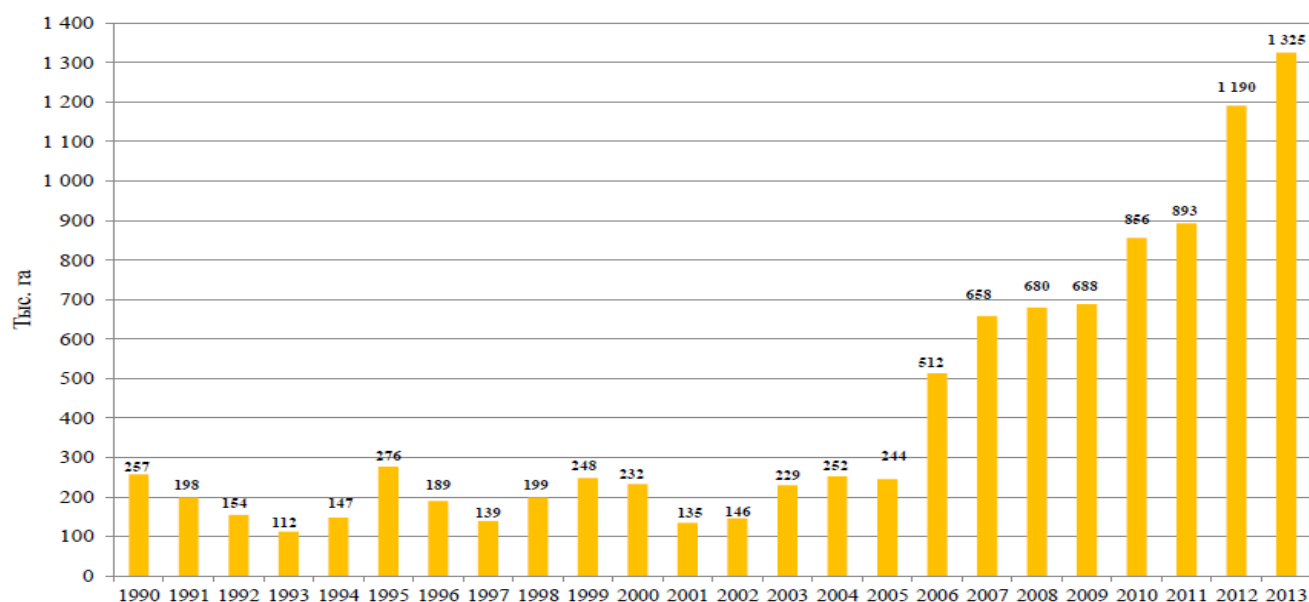


Fig. 1 – The sown area of colza in Russia in 1990-2013 years., thous. ha.

Despite all the advantages of this culture the question of its seedbed preparation, namely, cleaning and drying, is still poorly known. Thereby, the drying process plays a very important role in the structural scheme of colza seed processing both for the use for further processing and for their conditioning for the long-term storage. The drying process should contribute an improving of the seeds quality indicators, accelerate post-harvest ripening, and enhance germination and vigor.

Colza seeds belong to the easily perishable products. Only ripened, not damaged and peeled seeds with moisture of 8-10% are ready for the long time storage. Such seeds can be stored for a long time under the condition of a microclimate control.

The drying plant seeds come for the drying with varying moisture content of 8 up to 30%, depending on weather conditions prevailing during the harvest. After drying, before the seeds are sent to the long-term storage, they should be cooled with a temperature not higher as 16-18°C. [3].

Physic-chemical and biochemical changes in colza seed under the heat impact cause the necessity of the drying process under milder conditions, as the technological value of the colza seed is determined not only by its oil content, but also by the viability of the seed. That is why the seed drying process is the most vulnerable link in all the processing scheme and has a number of features:

It is necessary to exclude the possibility of "hot spots" because even a slight overheating reduces the seed germination;

It should be borne in mind that the moisture in colza seed is contained in a bound state and is separated from the external medium with the dense shell seed.

Manufacturers of colza also faced with another problem: it is a lack of special technological equipment as well as drying of the fine-seeded crops takes its place with the grain drying equipment.

The problems of the grain dryers are the most uneven heating as well as the seeds removal. To eliminate this removal it is necessary to reduce the flow agent and the air content in the dryer, and that lowers the efficiency of the device and stretches the process time. If the seeds contain weed impurity, the clogging of mines and often a fire are possible.

Also noteworthy is the fine seed drying process with the infra-red emission (IR), when the heat is made by low temperatures followed by cooling in the intersperse layer.

Established in Chelyabinsk State Agro Engineering Academy the conveyor cascade line dryer comprises conveyors, arranged in parallel one above the other. Conveyors are installed with the rotatable tapes. The line comprises an automatic control system, which controls the necessary technological parameters of the drying process [4].

The key technology of this design is applying the low temperature infra-red radiation generators with sputtered film electric heaters (SEF), which are capable for selective approach to the tumble dryer seed.

SEF is environmentally friendly (by excluding gas and products of combustion) and efficiently (by reducing of energy requirement and metal consumption).

Fig. 2 shows the functional-parametric scheme of the colza seed drying process.

Represented process consist of successive cycles of moving zone of heating and cooling in the falling-intersperse layer.



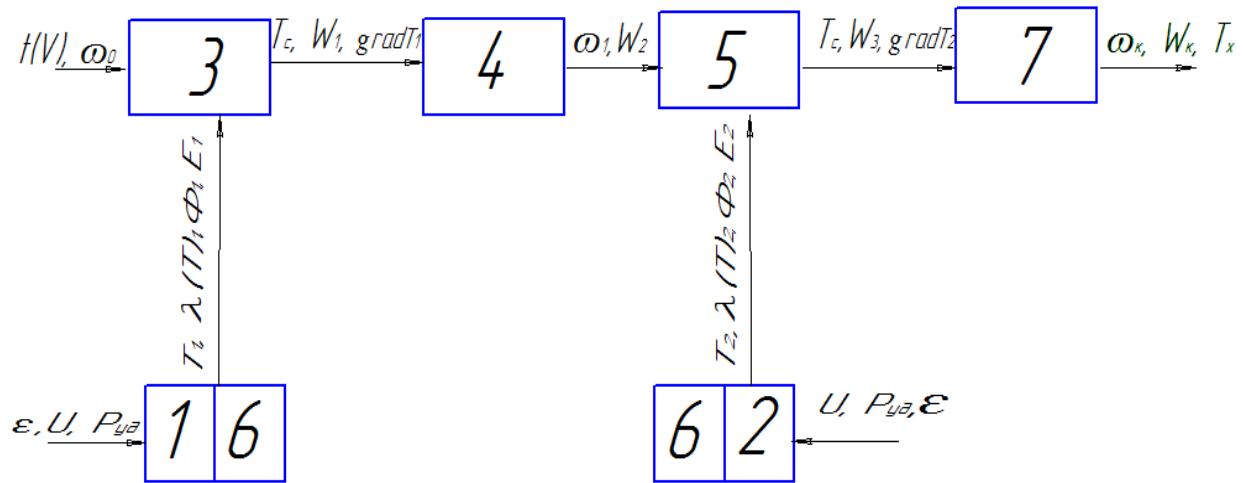


Fig. 2 – Functional-parametric diagram of the dryer:

Installation: 1, 2 - Impact SEF; 3 - the first stage of the line; 4 – edge change zone, cooling; 5 - second stage; 6 - drying; 7 – cooling zone (W - amount of evaporated moisture, kg/h; T - SEF temperature, °C;  $\lambda$  – lengthwave, microns; F - the flow of radiation, W; E - irradiance in W/m<sup>2</sup>; U - supply voltage, V;  $P_{\text{уд}}$  - Rood -specific capacity, kW;  $\varepsilon$  – radiator emissivity; gradT - temperature gradient;  $T_c$  - seeds heating temperature, °C;  $T_x$  - the seeds storage temperature, °C;  $\omega$  - moisture content%; t - time, min; V - belt speed, m/sec;)

Using this scheme the seeds fed to the first stage of the line 3, the first SEF switches on, providing an uniform irradiation of the drying product 6 with the mode for sparing temperatures. Walked to the end of the first cascade, heated and dried colza seeds are poured in the second stage 5 and there edge change zone 4 is created. While the seeds are in the zone 4 there happen the thermal and moisture processes within the seed. After zone 5 the seeds are poured to the next stage 7, where they are cooled.

The advantages of this design is the absence of the colza seed stagnant zones in the first section of the dryer as well as high temperature areas absence. As one of the advantages is also the equable heating of the material being dried.

Seeds that have passed the drying process in the conveyor cascade line were checked for germination according of GOST 12038-84. A comparative analysis was performed on seeds of the "seed lot". Seed lot is a certain number of homogeneous seed varieties the same culture and variety, reproduction, year and place of cultivation, certified by relevant documents.



Fig. 3 – Sprouted colza seed

Simultaneously with the germination the vigor is determined (Fig. 3) by the method regulated by GOST 10968-88.

There are high demands for the seed germination. For most field crops premium seed germination must be not less than 95%. It is prohibited to use for planting the ill-conditioned seeds.

Table 1 – Results of laboratory research

Qualitative	Germination, %	Vigor, %
The control unit (from the seed lot)	97	95
Seed from the conveyor cascade line dryer	98	95

On the basis of these tests it is allowed to be concluded that the drying the colza seed in the IR conveyor cascade line dryer according to the concerned scheme did not bring harm and enabled the preservation of the main qualitative characteristics.

#### References

1. Romanenko G.A. Colza as the most important reserve for increasing the production of vegetable oils // Oil culture. – 1987. - № 4. - P. 2-5.
2. [Electronic resource]: results of the research "The Russian market of colza seed and colza seed oil in the 2001-2013 years." / Expert-analytical agribusiness center. - Electron. Portal - AB Center, 2014. - access mode: [http://www.agrardialog.ru/files/prints/russian\\_rape\\_and\\_rape\\_oil\\_market\\_1990\\_2013.pdf](http://www.agrardialog.ru/files/prints/russian_rape_and_rape_oil_market_1990_2013.pdf)
3. [Electronic resource]: Marketing research "The Russian market of colza" / marketing agency "Navigator". - Electron. Portal - MA Navigator, 2010 - access mode: [https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fmarketing.rbc.ru%2Fdownload%2Fresearch%2Fdemofile\\_562949979231586&ei=xFHcVLyfAqGaygOOgIH4Cw&usq=AFQjCNFyd94STa1HuH11\\_OMJsQfxDaXs\\_g](https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fmarketing.rbc.ru%2Fdownload%2Fresearch%2Fdemofile_562949979231586&ei=xFHcVLyfAqGaygOOgIH4Cw&usq=AFQjCNFyd94STa1HuH11_OMJsQfxDaXs_g)
4. Popov V.M., Afonkina V.A., Kechkin A.A. Patent 102771 RU F26B 3/30 «Plant dryer» - №2010140666, declared 04.10.2010, published 10.03.2011. Bull. №7.

#### Тибирьков А.П.

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»

#### РЕАКЦИЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ ПОСЕВНОГО МАТЕРИАЛА В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

#### Аннотация

*В научной статье приведены результаты оценки воздействия электрофизической обработки семенного материала и снижение нормы высева на урожай и качество зерна ярового ячменя. Электрофизическая обработка посевного материала является перспективным агроприемом ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур, в частности зерновых колосовых, являясь экологически безопасным («чистым») решением поиска резервов стимуляции физиологических процессов в растительном организме в условиях богарного земледелия засушливых регионов России.*

**Ключевые слова:** ячмень, ресурсосбережение, растениеводство, урожайность, зерно, качество.

#### Tibirkov A.P.

PhD in Agriculture, associate professor, FSBEI HE "Volgograd state agrarian university"

#### REACTION OF SUMMER BARLEY TO ELECTROPHYSICAL PROCESSING OF SOWING MATERIAL IN THE CONDITIONS OF LOWER VOLGA AREA

#### Abstract

*Results of an assessment of impact of electrophysical processing of seed material and decrease in norm of seeding for a crop and quality of grain of summer barley are given in the scientific article. Electrophysical processing of sowing material is perspective agrotechnology of resource-saving technologies of cultivation of crops, in particular grain crops, being ecologically safe ("blank") solution of search of reserves of stimulation of physiological processes in a vegetable organism in the conditions of dry agriculture of droughty regions of Russia.*

**Keywords:** barley, resource-saving, plant growing, productivity, grain, quality.

**Я**ровой ячмень – одна из главных зерновых культур. Это отличное сырье для кормовой базы животноводства, крупяной промышленности и пр. [5, 6].

Использование в практике приемов ресурсосбережения при возделывании зерновых культур является эффективным средством и большим резервом в получении стабильных урожаев. В последние годы внимание исследователей привлекают использование в адаптивных технологиях возделывания различных ресурсосберегающих агроприемов [1]. Однако, в условиях Волгоградской области, применить большинство из них очень сложно из-за динамичных агроклиматических условий выращивания культур. В качестве способа ресурсосбережения при усовершенствовании технологии возделывания ярового ячменя был апробирован агроприем электрофизического воздействия на посевной материал, изобретенный сотрудниками ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ [3, 4].

Цель – установить влияние электрофизического воздействия семян на рост и развитие растительной массы ярового ячменя Ергенинский 2, возделываемого на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья. В качестве другого фактора (корректирующего агроприема ресурсосберегающей технологии) использовалось оптимизирование посевной нормы. Одной из задач предусматривалось изучение влияния данных факторов на урожай культуры.

Для решения данной задачи был заложен двухфакторный полевой опыт: фактор А – нормы высева (3,0 и 3,5 млн. всх. семян/га) и фактор В – агроприем электрофизической обработки (далее ЭФО) 48 ч, 72 ч, 96 ч и 120 ч по времени «отлежки» обработанных семян. Площадь опытной делянки – 0,52 га, учетной – 0,47 га. Повторность – трехкратная, размещение делянок – систематическое [2]. Контроль – стандартный посев с нормой высева 3,5 млн. всх. семян/га. Почвы участка – светло-каштановые солонцеватые средне- и тяжелосуглинистые. Мощность гумусового слоя небольшая – до 17 см, содержание гумуса – до 2,3 % [4].

При анализе агроклиматических условий 2013 и 2014 гг. выявлена зависимость зерновой продуктивности ярового ячменя от погодных условий (экстремальные климатические условия в отдельные периоды онтогенеза, влагообеспеченность по межфазным периодам и пр.) [4].

Установлено, что по мере увеличения времени «отлежки» до варианта 96 ч значения урожайности увеличивались на посевах всех норм высева, а с варианта ЭФО (120 ч) значения снижались. Данная тенденция сохранилась и по годам: в 2013 г. высокая урожайность и прибавка урожая оказались на варианте ЭФО (96 ч) как при 3,0 млн. всх. семян/га – 1,21 и 0,19 т/га, так и 3,5 млн. всх. семян/га – 1,31 и 0,19 т/га; в 2014 году – 1,48 и 0,24 т/га (3,0 млн. всх. семян/га) и 1,52 и 0,22 т/га (3,5 млн. всх. семян/га). Установлено, что разница в норме высева в 0,5 млн. всх. семян/га не слишком заметно отразилась на урожайности по годам – в среднем снизилась на 0,05-0,1 т/га (по вариантам) (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность ярового ячменя Ергенинский 2, т/га (средн. за 2013-14 гг.)

Норма высева (А)	Агроприем, сут. (В)					Средние по фактору А
	чистый посев	ЭФО (48)	ЭФО (72)	ЭФО (96)	ЭФО (120)	
<b>3,0 млн. всх. семян/га</b>	1,13	1,19	1,25	<b>1,35</b>	1,30	1,24
<b>3,5 млн. всх. семян/га</b>	1,22	1,27	1,33	<b>1,42</b>	1,38	<b>1,32</b>
Средние по фактору В	1,18	1,23	1,29	<b>1,39</b>	1,34	

$HCP_{05}=0,024...0,042$  т  $HCP_{05}$  по фактору А = 0,011...0,019 т  $HCP_{05}$  по фактору В = 0,017...0,030 т

Что же касается вариантов с ЭФО (как уже отмечалось по посевам с ЭФО (96 ч)), то по всем нормам высева и во все годы исследований эти посевы давали стабильные прибавки урожая (более высокие уровни урожайности), относительно чистых посевов: от 0,05-0,19 т/га в 2013 г. до 0,05-0,24 т/га в 2014 г. (таблица 1).

Качество зерна ярового ячменя Ергенинский 2 в опытах нами изучалось по следующим показателям – натура, крупность, белок, азот.

В опытах установлена зависимость улучшения качественных показателей зерна посевов от использования ЭФО. Так по критериям качества они имели следующие значения прибавок (в среднем): 3,0 млн. всх. семян/га – 19,6-37,8 г/л, 3-8 % и 0,17-0,51 % (натура, крупность и снижение белка); 3,5 млн. всх. семян/га – 12,6-23,5 г/л, 3-6 % и 0,17-0,40 % (натура, крупность и снижение белка).

Лучшими по всем показателям качества зерна были посевы 3,0 млн. всх. семян/га при ЭФО (96 ч). Стоит отметить тот факт, что как и в случае с урожайностью, агрометеорологические условия сильно повлияли на показатели качества зерна.

#### Литература

1. Беляков, И.И. Ячмень в интенсивном земледелии [Текст]/И.И. Беляков. – М.:1990. – С. 3-15.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта [Текст]/Б.А. Доспехов; 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351с.
3. Тибирьков, А.П. Предпосевная электрофизическая обработка семян – перспективный агроприем ресурсосберегающей технологии возделывания озимой пшеницы [Текст]/А.П. Тибирьков, И.В. Юдаев, Е.В. Азаров/Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – №3. – С. 61-66.
4. Тибирьков, А.П. Электрофизическая обработка семян – новый агроприем при возделывании ярового ячменя на юге России [Текст]/А.П. Тибирьков, И.В. Юдаев//Фундаментальные исследования. – 2015. – №2. – Ч. 22. – С. 4930-4933.
5. Тихонов, Н.И. Влияние минеральных удобрений и нормы высева на куститость пивоваренного ячменя [Текст]/Н.И. Тихонов// АгроXXI. – 2008. – №1. – С.40 – 42.
6. Тихонов, Н.И. Совершенствование структуры урожая посевов ярового ячменя Ергенинский 2 [Текст]/Н.И.Тихонов//Международный сельскохозяйственный журнал. – 2007. – №6. – С. 54 – 56.

#### References

1. Belyakov I.I. Barley in intensive agriculture. Moscow, 1990, pp. 3-15.
2. Dospekhov B.A. Metodik of a field experiment; 5th prod., additional and reslave. Moscow, Agropromizdat, 1985, 351p.
3. Tibirkov A.P., Yudayev I.V., Azarov E.V. Preseeding electrophysical processing of seeds – perspective agrotechnology of resource-saving technology of cultivation of winter wheat. *News of the Lower Volga agrouniversity complex: Science and higher education*, 2012, No.3., pp. 61-66.
4. Tibirkov A.P., Yudayev I.V. Electrophysical processing of seeds – agrotechnology at cultivation of summer barley in the south of Russia. *Fundamental research*, 2015, No. 2, part 22, pp. 4930 – 4933.
5. Tikhonov N.I. Influence of mineral fertilizers and norm of seeding on a stem standing of brewing barley. *AGRO XXI*, 2008, No. 1, pp. 40 – 42.
6. Tikhonov N.I. Improvement of structure of a crop of crops of summer barley Ergeninsky 2. *International agricultural magazine*, 2007, No. 6, pp. 54 – 56.

Турусов В.И.<sup>1</sup>, Сауткина М.Ю.<sup>2</sup>, Чевердин А.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Доктор сельскохозяйственных наук, член – корреспондент РАН,

<sup>2</sup>аспирант, ФГБНУ НИИСХ ЦЧП им.В.В. Докучаева

## ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПЛОДОРОДИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДИАЗОТРОФНЫХ ПРЕПАРАТОВ

*Анотация*

*Рассмотрены особенности обеспеченности растений подвижными формами элементов питания под влиянием ассоциативных микроорганизмов. В результате отмечено улучшение условий корневого питания и повышение продуктивности растений.*

**Ключевые слова:** плодородие, диазотрофы, азот.

Turusov V.I., Sautkina M.Yu., Cheverdin A.Yu.

<sup>1</sup>PhD in Agriculture, member – correspondent of the Russian Academy of Sciences, <sup>2</sup>postgraduate, Scientific Research

Institute of Agriculture the Central black-earth zone named of V.V. Dokuchayev

## FEATURES OF CHANGE OF EFFECTIVE FERTILITY UNDER THE INFLUENCE DIAZOTROPHIC DRUGS

*Abstract*

*Describes the features of the security plant mobile forms of batteries under the influence of associative microorganisms. As a result the improvement of the conditions of root nutrition and increase plant productivity.*

**Keywords:** fertility, diazotroph, elements of plant nutrition.

**Введение.** Интенсивное антропогенное воздействие негативно сказывается на направленность и течение почвенных процессов [1,2]. Получение стабильных и высоких урожаев сельскохозяйственных культур не возможно без повышения и стабилизации почвенного плодородия. Использование для этих целей возрастающих доз минеральных удобрений не всегда оправдано и целесообразно. Поэтому многими научными учреждениями ведется поиск альтернативных источников элементов минерального питания [3].

Многочисленный уровень увеличения объемов применения азотных удобрений не всегда обеспечивает адекватный рост урожайности, вызывая резкое изменение направленности почвенных процессов [4].

Весьма сложным оценивается состояния химизации в России, связанное с высоким выносом элементов минерального питания с урожаем сельскохозяйственных культур. В результате пахотные почвы подвергаются все большому истощению питательными элементами [5].

Одним из возможных путей решения проблемы улучшения корневого питания растений является стимулирование процессов биологической фиксации азота в ризосфере злаковых культур.

В питании растений особенно велика роль микроорганизмов ризопланы, так как микробы, населяющие поверхность корней, снабжают растение не только легкодоступными соединениями азота, фосфора и калия, но и различными физиологически активными веществами, стимулирующими рост растений: витамины, ауксины, гибберелины, цитокинины, фузикокцины [6]. Причем размеры не симбиотической фиксации азота достигают 107 кг/га [7].

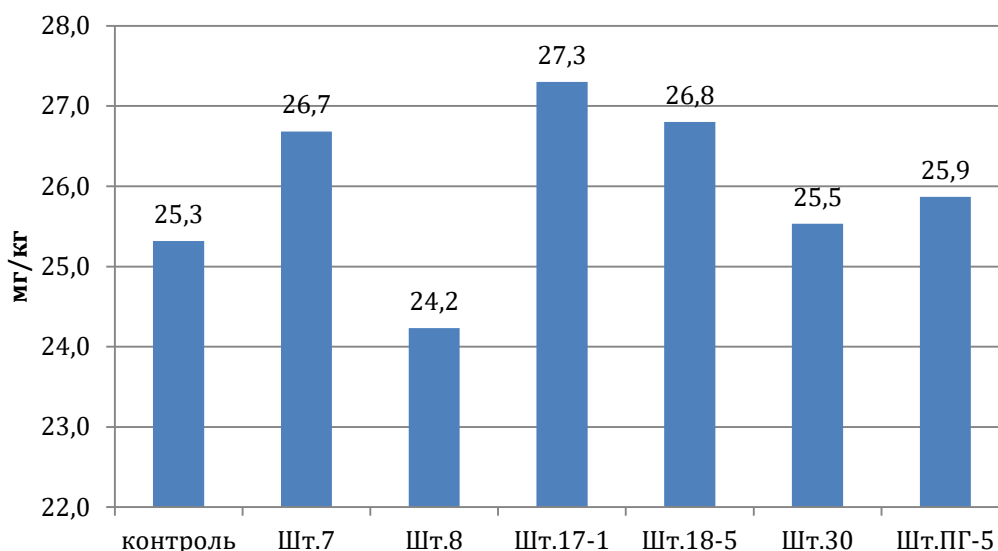
Исследования эффективности микробиологических препаратов на посевах злаковых культур в условиях Центрального Черноземья до последнего времени не проводилось. В связи с этим целью наших исследований являлось изучение влияния диазотрофных препаратов на плодородие и продуктивность зерновых культур при недостатке атмосферного увлажнения в условиях юго – востока ЦЧЗ.

**Результаты и обсуждения.** Гидротермические условия в годы проведения исследований складывались не совсем благоприятно. Особенно необходимо отметить неравномерность выпадения осадков на фоне повышенных температур воздуха.

Исследования содержания элементов питания в пахотном горизонте чернозема обыкновенного, проведенных в течение 2012-2014 гг, позволили установить роль диазотрофных микроорганизмов на различных фонах минерального питания. При этом необходимо отметить различный характер изменения доступными формами азота, фосфора и калия.

Заметные изменения в обеспеченности нитратным азотом отмечаются начиная с начальных этапов развития растений (рис. 1). По имеющимся экспериментальным данным можно предположить активизацию деятельности азотфиксирующих бактерий. Особенно заметно эти процессы заметны на естественном безудобренном фоне. Увеличение обеспеченности нитратным азотом составляло от 0,6 до 2,0 мг/кг почвы. Наибольшая эффективность отмечена на вариантах с использованием штаммов 7, 17 – 1 и 18 -5. На большинстве вариантов с инокуляцией установлено достоверное повышение содержания нитратного азота. Исключением из этой закономерности служила предпосевная обработка семян штаммами 8 и 30. Инокуляция в этом случае не способствовала достоверному улучшению обеспеченности растений азотом.

Проведенные исследования обеспеченности растений нитратным азотом показывают на существенное варьирование в течении вегетации. Причина этого явления, по всей видимости, связана с активизацией ризосферного эффекта на корнях растения и возрастанию их конкуренции. Это могло привести к снижению определяемого количества почвенного азота и большому их потреблению растениями, в конечном итоге обуславливающих активизацию ростовых процессов.



НСП<sub>05</sub> – 0,6 мг/кг

Рис. 1 – Содержание нитратного азота в фазу всходов под посевами озимого тритикале на безудобренном фоне, 2012 -2014 гг.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что на черноземе обыкновенном со средней обеспеченностью элементами минерального питания отмечается положительное влияние diazotrophic препаратов, обеспечивающих сбалансированный уровень корневого питания азотом и существенный рост зерновой продуктивности. Обыкновенный чернозем в сочетании diazotrophic препаратами обеспечивал достаточный уровень минерального питания растений, что способствовало получению высокой продуктивности и исключая дополнительный внесение азотных удобрений.

#### Литература

1. Чевердин Ю.И. Длительность распахки и физическое состояние черноземов Каменной Степи //Земледелие. - 2008. - №3. - С.28-30.
2. Хитров Н.Б., Чевердин Ю.И. Сезонно переувлажненные черноземные почвы Каменной Степи// Дegradaciya bogarnyh i oroshaemyh chernozemov pod vliyaniem pereuvlazhneniya i ih melioraciya/ Nauchn. tr. – М.: АПР, 2012. – с.64-90.
3. Завалин А.А., Алметов Н.С., Горячкин Н.В., Алферов А.А. Влияние предшественников, удобрений и биопрепаратов на урожайность и качество яровой пшеницы// Агрохимический вестник, 2014, №5, с. 36 – 40.
4. Щербakov А.П., Никитишен В.И., Никитишена Я.А. Плодородие почв и баланс питательных веществ в земледелии Центральной черноземной зоны//Повышение плодородия почв и продуктивности сельского хозяйства при интенсивной химизации. М.: Наука, 1983. с. 141—152/
5. Кудеяров В.Н., Семенов В.М. Оценка вклада удобрений в агрохимический цикл азота, фосфора и калия// Почвоведение, 2004, № 12, с. 1440-1446.
6. Звягинцев Д.Г., Добровольская Т.А., Бабьева И.П., Зенова Г.М., Лысак Л.В., Марфенина О.Е. Роль микроорганизмов в биогеоценотических функциях почв// Почвоведение, 1992, № 6, с. 63-77.
7. Кудеяров В.Н., Кузнецова Т.В. Оценка размеров несимбиотической азотфиксации в почве методом баланса// Почвоведение, 1990, №11, с. 79 - 89.

#### References

1. Cheverdin Yu.I. Dlitel'nost' raspashki i fizicheskoe sostoyanie chernozemov Kamennoj Stepi //Zemledelie. - 2008. - №3. - S.28-30.
2. Khitrov N.B., Cheverdin YU.I. Sezonno pereuvlazhnennye chernozemnye pochvy Kamennoj Stepi// Degradaciya bogarnyh i oroshaemyh chernozemov pod vliyaniem pereuvlazhneniya i ih melioraciya/ Nauchn. tr. – М.: APR, 2012. – s.64-90.
3. Zavalin A.A., Almetov N.S., Goryachkin N.V., Alferov A.A. Vliyanie predshestvennikov, udobrenij i biopreparatov na urozhajnost' i kachestvo yarovoj pshenicy// Agrohimi cheskij vestnik, 2014, №5, s. 36 – 40.
4. Shcherbakov A.P., Nikitishen V.I., Nikitishena YA.A. Plodorodie pochv i balans pitatel'nyh veshchestv v zemledelii Central'noj chernozemnoj zony//Povyshenie plodorodiya pochv i produktivnosti sel'skogo hozyajstva pri intensivnoj himizacii. M.: Nauka, 1983. s. 141—152/
5. Kudeyarov V.N., Semenov V.M. Ocenka vklada udobrenij v agrohimi cheskij cikl azota, fosfora i kaliya// Pochvovedenie, 2004, № 12, s. 1440-1446.
6. Zvyaginцев D.G., Dobrovol'skaya T.A., Bab'eva I.P., Zenova G.M., Lysak L.V., Marfenina O.E. Rol' mikroorganizmov v biogeocenoticheskikh funkciyah pochv// Pochvovedenie, 1992, № 6, s. 63-77.
7. Kudeyarov V.N., Kuznecova T.V. Ocenka razmerov nesimbioticheskoy azotifiksacii v pochve metodom balansa// Pochvovedenie, 1990, №11, s. 79 - 89.

Тысленко А.М.<sup>1</sup>, Новиков М.Н.<sup>2</sup>, Еськов А.И.<sup>3</sup>, Зуев Д.В.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Кандидат сельскохозяйственных наук, <sup>2</sup>доктор сельскохозяйственных наук,

<sup>3</sup>доктор сельскохозяйственных наук, <sup>4</sup>научный сотрудник,

Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений

## ПРИЁМЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА СИДЕРАТЫ НОВОГО СОРТА МНОГОЛЕТНЕГО ЛЮПИНА ГРЕНАДЁР

*Аннотация*

*В статье изложены хозяйственно - биологическая характеристика и агротехнические приёмы возделывания на зелёное удобрение (сидераты) нового сорта люпина многолетнего Гренадёр.*

**Ключевые слова:** сорт, люпин многолетний, сидераты, агротехника.

Tyslenko A.M.<sup>1</sup>, Novikov M.N.<sup>2</sup>, Eskov A.I.<sup>3</sup>, Zuev D.V.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>PhD in Agriculture, <sup>2</sup>PhD in Agriculture, <sup>3</sup>PhD in Agriculture, <sup>4</sup>Research Assistant,

All-Russian Scientific Research Institute of organic Fertilizer

## METHODS OF CULTIVATION OF THE GREEN MANURES ON NEW VARIETIES OF PERENNIAL LUPINE GRENADIER

*Abstract*

*The article describes the economic and biological characteristics and agricultural practices of cultivation for green manure (cover crops) new varieties of perennial lupine Grenadier.*

**Keywords:** grade, perennial lupine, green manure, agricultural.

В России многолетний многолистный люпин в основном возделывается на зелёное удобрение (сидераты). Преимущество его как сидерата состоит в высокой способности обогащать почву органическим веществом и биологическим азотом [1].

Получение высоких урожаев сидеральной массы многолетнего люпина во многом зависит от правильно подобранного сорта. Лучшие используют благоприятные условия внешней среды сорта, наиболее приспособленные к местным условиям (почва, климат, рельеф, уровень технической обеспеченности), способные противостоять местным расам и штаммам возбудителей болезней, наиболее вредоносным фитофагам и сорнякам. Особенно важна способность сортов и популяций обеспечивать устойчивость агроценозов за счет смягчения действия абиотических и биотических стрессов [2].

В ФГБНУ ВНИИОУ в результате многолетнего (2001-2008 гг.) изучения дикорастущих популяций многолетнего люпина создан новый сорт Гренадер сидерального назначения (Авторское свидетельство № 51295 от 03.09.2010г). Сорт наиболее приспособлен к природным особенностям и возможностям ландшафтов Центрально-Нечерноземной зоны при полном использовании биологических факторов.

Новый сорт люпина многолетнего Гренадер представляет популяцию из лучших семей, отобранных по ряду ценных хозяйственно-биологических признаков (высокая продуктивность зеленой массы, высокая кустистость, выравненность стеблестоя, устойчивость к засухе) и сходных по морфологическим признакам (форма листьев, опушение, длина цветоноса, окраска венчика и т.д.).

Сорт высокорослый (высота растений 100-120 см), облиственность растений 60 %, масса 1000 семян 22-23 г, средняя урожайность зеленой массы за 2-3 год – 220-450 ц/га, семян 4- 6 ц/га, количество клубеньков на растении 180-230 шт.

Агротехнические приемы возделывания многолетнего люпина Гренадёр зависят от целевого назначения посевов. На зеленое удобрение люпин можно выращивать как в виде самостоятельных беспокровных, так и в виде подпокровных посевов. Беспокровные посевы дают, как правило, более высокие и устойчивые по годам урожаи зеленой массы. Однако в полевых севооборотах беспокровные посевы не практикуют.

Самостоятельные беспокровные посевы люпина многолетнего Гренадёр обычно закладывают вне севооборота, где они произрастают в течение трёх-пяти лет. Для этого выделяют обособленные мелкоконтурные участки с низким естественным плодородием почв.

На посевах многолетнего люпина Гренадёр собирают семена или подкашивают зеленую массу для укосного удобрения других полей. Количество укосов за вегетацию во многом зависит от особенностей увлажнения. В засушливые и недостаточно влажные годы скашивают один раз в фазе цветения – завязывания бобов. При достаточном увлажнении после укоса растения быстро отрастают и дают два урожая зеленой массы.

Сырая масса многолетнего люпина Гренадёр, скошенная во время цветения, содержит азота и калия почти столько же, сколько навоз, фосфора несколько меньше. Сухая масса - содержит 2-2,5 % азота, 0,4-0,6 % фосфора и 2-2,5 % калия.

Укосное зеленое удобрение многолетнего люпина можно применять под все культуры, но наибольшая его эффективность достигается при запашке под картофель, кукурузу, кормовые корнеплоды, гречиху и озимые зерновые. Зеленой массой, убранной с каждого гектара посевов люпина, несколько лет можно удобрить до двух гектаров посевов на низкоплодородных почвах.

Если планируется получить семена многолетнего люпина Гренадёр, то первый укос зеленой массы не проводится и на удобрение используется лишь отава семенных посевов. К уборке семян приступают не позже созревания половины бобов, так как они легко растрескиваются. В благоприятных условиях, начиная со второго года жизни, люпин может давать до 6 ц/га семян. На низкоплодородных почвах его посевы желательно подкармливать фосфорными и калийными удобрениями.

При интенсивном использовании пашни многолетний люпин Гренадёр на зеленое удобрение применяют как промежуточную культуру. Его подсевают под покров озимых культур поздно осенью по замершей почве или по

свежевыпавшему снегу, сеялкой без сошников. В сентябре-октябре высевать люпин нежелательно, так как возможно прорастание семян, всходы которых затем вымерзают.

Зимний посев способствует более полной всхожести семян люпина, что обусловлено разрушением его оболочки из-за контрастных перепадов температуры и влажности почвы в это время.

Ранней весной посевы многолетнего люпина Гренадёр необходимо пробороновать поперек рядков растений озимой ржи. Это лучше заделывает семена в почву, благоприятно влияет на густоту стеблестоя и формирует более высокий урожай.

Если не удалось посеять многолетний люпин Гренадёр в подзимний или зимний срок, то рано весной его высевают сеялкой с анкерными или дисковыми сошниками как поперек рядков озимой ржи, так и под покров вместе с семенами ранних яровых. При этом лучшие покровные культуры - ячмень и однолетние травы, норму высева семян которых снижают на 30 %. Оптимальная норма высева семян многолетнего люпина при подзимнем и зимнем сроках посева 0,6 ц/га, при весеннем – 0,5 ц/га. Перед посевом семена скарифицируют. Многолетний люпин Гренадёр высевают под озимые и яровые культуры для выращивания зеленой массы и запашки ее осенью или весной. После уборки покровных культур люпин может накопить 10-20 т/га зеленой массы, а весной следующего года еще столько же и 10-15 т/га корней, обогащая почву 160-200 кг/га биологического азота.

Заслуживает внимания использование сорта люпина Гренадёр на зеленое удобрение в сидеральных парах. Его подсевают под предпаровую культуру для запашки зеленой массы под озимые в следующем году. Зеленая масса накапливается в год посева, а также весной и в первой половине лета. При благоприятных условиях роста на второй год жизни хороший урожай ее обычно нарастает уже в фазе цветения, а еще лучше - в начале бобообразования. Обычно это конец июня - начало июля, то есть не позднее, чем за один-полтора месяца до посева озимых.

При возделывании многолетнего люпина Гренадёр на зеленое удобрение необходимо учитывать его биологическую особенность: способность активно отрастать после мелкой некачественной запашки. В этом случае спящие почки хорошо зимуют и весной дают поросль. Однако, если люпин запахивать в фазе стеблевания или в начале цветения, его растительная масса в почве быстро разлагается, и почки не прорастают.

Исследования показали, что многолетний люпин Гренадёр к моменту запашки в пару накапливает по 15-20 т/га зеленой массы и 8-12 т/га корней, повышает урожай озимых культур на 4-6 ц/га, урожай картофеля 50-70 ц/га, зеленой массы кукурузы до 80 ц/га. Затраты на создание люпиновых паров значительно меньше стоимости прибавки урожая даже одной первой культуры и в 4-6 раз меньше, чем при использовании под культуры только минеральных удобрений. Это веская основа для рекомендации широкого применения многолетнего люпина Гренадёр в качестве парозанимающей культуры на почвах Центрально-Нечерноземной зоны.

#### Литература

1. Вишнякова М. А. О перспективах введения в культуру и интродукции различных видов люпина//Сельскохозяйственная биология. - 1992, - № 2.- с.12-18
2. Новиков М. Н., Тужилин В. М. Система биологизации земледелия в Нечернозёмной зоне.- М., ФГНУ «Росинфрагротех». 2007. -296 с.

#### References

1. Vishnjakova M. A. O perspektivah vvedeniya v kul'turu i introdukcii razlichnykh vidov ljupina//Sel'skhozajstvennaja biologija. - 1992, - № 2.- s.12-18
2. Novikov M. N., Tuzhilin V. M. Sistema biologizacii zemledelija v Nechernozjomnoj zone.- M., FGNU «Rosinfmagroteh». 2007. -296 s.



# 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.



Тюрин И.Ю.<sup>1</sup>, Левченко Г.В.<sup>2</sup>, Дугин Ю.А.<sup>3</sup><sup>1</sup>Кандидат технических наук, <sup>2</sup>кандидат технических наук ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ»,  
<sup>3</sup>кандидат технических наук, ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный аграрный университет  
**ДВИЖЕНИЕ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА В РАБОЧЕМ ПРОСТРАНСТВЕ СУШИЛОК****Аннотация**

В работе рассматриваются вопросы движения сушильного агента в воздухораспределительной системе. Удаление влаги из досушиваемого материала зависит от скорости движения вихревого потока и давления создаваемого им внутри сушильной установки. Поэтому необходимо определить главный – стационарный режим, с помощью которого происходит непрерывный вынос влаги.

**Ключевые слова:** досушивание, растительная массы, воздухораспределительная установка, движение, скорость.

Tyurin I.Y.<sup>1</sup>, Levchenko G.V.<sup>2</sup>, Dugin Y.A.<sup>3</sup><sup>1</sup>PhD in Engineering, <sup>2</sup>PhD in Engineering, FSBEI HPE "Saratov SAU",  
<sup>3</sup>PhD in Engineering, FSBEI HPE Volgograd State Agricultural University  
**MOTION DRYING AGENT IN THE WORKSPACE DRYERS****Abstract**

The paper deals with the movement of the drying agent in the air distribution system. Removal of moisture from the material is evaporated to dryness depends on the velocity of the vortex flow and the pressure created by it in the dryer. It is therefore necessary to determine the primary - the stationary mode, whereby there is a continuous removal of moisture.

**Keywords:** final drying, the plant mass, air setting, movement, speed.

Особенностью сельскохозяйственных продуктов является то, что в течение времени в них происходят сложные биологические процессы, от характера и интенсивности которых зависят их качество и сохранность [1-7]. Поэтому следует заблаговременно качественно провести подготовку, настройку, техническое обслуживание, а также его оснащение дополнительным оборудованием и приспособлениями для работы в обычных и сложных условиях [1-7].

Знание условий движения воздушного потока – агента сушки, обеспечиваемого вентилятором, позволяет оценить время, которое потребуется для сушки зерна, семян масличных культур, а также сена, картофеля и других видов продукции растениеводства. А это, в свою очередь, позволяет определить, какие меры необходимо предпринять для предотвращения неприемлемых потерь качества, прежде чем задача будет выполнена.

Механика газов является наукой о законах равновесия и движения газов.

Передача теплоты от продуктов горения к нагревательным предметам зависит от многих факторов и в том числе от характера движения продуктов горения; поэтому рациональная организация движения газов – одно из условий успешной работы печи. В связи с этим, по законам газовой механики определяют сопротивления, оказываемые движущимся газам в сушилах, печах, каналах, трубопроводах и т.д., в зависимости от которых выбирают вентиляторы, дымососы, дымовые трубы.

Движение газов изучают с помощью законов движения жидкости. Известно, что объём жидкости в отличие от объёма газа практически не зависит от давления и температуры. Если температура и давление движущегося газа постоянны или изменяются незначительно, то движение газа подчиняется законам движения жидкости.

Движение газов в рабочем пространстве сушилок, отапливаемых газообразным и жидким топливом, а также воздухом, нагреваемым в электрических калориферах, определяется характером струй, выходящих из горелок, форсунок или воздухораспределительных коробов. Для правильной организации движения газов или сушильного агента в сушилах необходимо знать основные свойства струй.

При истечении из какого-либо канала и прохождении через неподвижную среду вихревые массы турбулентной струи, которые двигаются в поперечном направлении к оси струи, выходят за пределы струи и, сталкиваясь с неподвижными частицами, вовлекают их в общий поток струи. Частицы неподвижной среды, попадая в струю, увеличивают её массу и уменьшают её скорость. При этом увеличение массы и уменьшение скорости происходят так, что произведение движущейся массы на скорость остается постоянным.

То есть, движение, которое осуществляется за счет динамического воздействия струй, называется струйным. Такое движение сушильного агента организуют, основываясь на свойствах свободных и ограниченных струй с учетом требований к тепловой работе сушилок.

Кроме этого, движение газов в рабочем пространстве сушилок может быть канальным. В этом случае, движение осуществляется в результате потенциальной энергии потока. Например, движение газов в дымовой трубе за счет уменьшения геометрического давления или в горизонтальном канале за счет уменьшения статического давления.

При сушке растительной массы на сено активным вентилированием воздушный поток должен преодолеть аэродинамическое сопротивление, создаваемое воздухораспределительной системой и слоем сена. Это сопротивление преодолевается за счет статического давления, развиваемого вентилятором. Следовательно, при разработке систем для сушки растительной массы на сено активным вентилированием необходимо стремиться к снижению динамического давления и повышению статического. Снижения динамического давления можно достичь за счет уменьшения скорости движения потока воздуха в воздухораспределительной системе, установив на его пути распределители. Тогда, давление воздуха в канале будет снижаться в результате перемешивания и аэродинамических ударов, вызываемых изменением направления движения потока. То есть, при ударе о стенку (распределитель) поток разветвляется и согласно закону газовой динамики, описываемой системой 1, за стенкой образуются вихри [8,9].



$$d\mathbf{v}/dt + (\mathbf{v}, \nabla) + 1/\rho \cdot \text{grad } P - \nu \Delta \mathbf{v} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, t) \quad (1)$$

$$d\rho/dt + \text{div}(\rho, \mathbf{v}) = 0$$

где  $(\mathbf{v}, \nabla) = v_1 \cdot d\mathbf{v}/dx_1 + v_2 \cdot d\mathbf{v}/dx_2 + v_3 \cdot d\mathbf{v}/dx_3$  - конвективный член

поля скоростей;

$P$  - давление потока воздуха, Па;

$\rho$  - плотность воздуха

За счет разности скоростей в воздухораспределительной системе

(следовательно, и за счет разностей давлений) эти вихри перемещаются от стенки к средней части потока. На месте переместившихся вихрей образуются новые вихри, происходит непрерывный процесс. Данный режим течения называется турбулентным.

В турбулентном потоке можно рассматривать осредненное по времени пульсационное движение как установившееся (так как пульсации обычно во много раз меньше основной поступательной скорости), если скорость в каждой точке пульсирует, непрерывно отклоняясь, то в одну, то в другую сторону от некоторого постоянного среднего значения в этой точке.

Беспорядочное перемешивание частиц в турбулентном потоке приводит к непрерывному перемешиванию масс воздуха.

Задачи исследования турбулентного квазистационарного течения жидкости достаточно удовлетворительно решаются с помощью полуэмпирической теории, в частности, теории, разработанной Прандтлем.

Параметры турбулентного течения (скорость, давление) можно разложить на осредненные по времени величины и на пульсации, и искусственно из нестационарного режима выделить главный - стационарный режим.

Истинная скорость " $\mathbf{v}$ " в данной точке пространства и в данный момент времени может быть представлена в виде геометрической суммы осредненной  $\mathbf{v}_{\text{оср}}$  и пульсационной  $\mathbf{v}'$  скоростей [8,9] :

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_{\text{оср}} + \mathbf{v}' \quad (2)$$

Составляющие истинной скорости " $\mathbf{v}$ " определяются следующими равенствами [8,9]:

$$\begin{aligned} v_x &= \overline{v}_x + v'_x; \\ v_y &= \overline{v}_y + v'_y; \\ v_z &= \overline{v}_z + v'_z; \end{aligned} \quad (3)$$

где  $v'_x, v'_y, v'_z$  - пульсационные добавки или просто пульсации  
компонентов вектора скорости.

Таким образом, при разработке установок для досушивания продуктов растениеводства необходимо учитывать движение сушильного агента в рабочем пространстве сушилки.

#### Литература

1. Тюрин, И.Ю. Принципы и направления модернизации инженерно-технологического обеспечения возделывания сельскохозяйственных культур [текст] / И.Ю. Тюрин // Научное обозрение. 2011. № 2. С. 47-51.
2. Левченко, Г.В. Устройство для упорядоченной укладки рулонов грубых кормов [текст] / Г.В. Левченко, В.Н. Соколов, А.В. Ракутина / Научное обозрение, № 3. – Саратов, ООО «АПЕКС-94», 2014., с. 38...41.
3. Левченко, Г.В. Погрузчик-смеситель / Г.В. Левченко, П.И. Павлов, И.С. Алексеев // Патент на полезную модель №87153; МПК В65G67/24, опубл. 27.09.2009, бюл. №27.
4. Дугин, Ю.А. Совершенствование технологии и разработка роторно-винтового молотильного аппарата для обмола нута [текст] / Ю.А. Дугин/ диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия. Волгоград, 2008.
5. Соколов, Н.М. Почвовлагодобывающий способ основной обработки почвы на склонах [текст] / Н.М. Соколов / Тракторы и сельскохозяйственные машины – 2012, №5, с.17-18.
6. Тюрин, И.Ю. Совершенствование технологического процесса досушивания сена на стационаре [текст] / Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук/ Саратов, 2000, 24 с.
7. Тюрин, И.Ю. Перспективы развития экспериментальных исследований процесса сушки. [текст] / И.Ю. Тюрин // Научное обозрение, № 5. – Саратов, ООО «АПЕКС-94», 2010, с.76–78.
8. Тюрин, И.Ю. Совершенствование технологического процесса досушивания сена на стационаре [текст] / Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук/ Саратов, 2000, 194 с.
9. Тюрин, И.Ю. Совершенствование процесса досушивания сена [текст]/ Монография / Saarbrücken, 2012

#### References

1. Tyurin, I.Y. The principles and directions of modernization of engineering and technological support cropping [text] / I.Y.Tyurin // Scientific Review. 2011. № 2. pp 47-51.
2. Levchenko, G.V. Device for orderly stacking bales of roughage [text] / G.V. Levchenko, V.N. Sokolov, A.V.Rakutina / Scientific Review, № 3. - Saratov LLC "APEX 94", 2014, p. 38 ... 41.
3. Levchenko, G.V. Truck Mixer / G.V. Levchenko, P.I. Pavlov, I.S. Alexeenko // Patent for useful model №87153; IPC B65G67 / 24, publ.27.09.2009, Bull. №27.

4. Dugin, Y.A. Perfection of technology and the development of rotary screw threshing machine threshing chickpea [text] / Y.A. Dugin / thesis for the degree of candidate of technical sciences / Volgograd State Agricultural Academy. Volgograd 2008.
5. Sokolov, N.M. Pochvovlagosberegayuschy way of primary tillage on slopes [text] / N.M. Sokolov / Tractors and agricultural machinery - 2012, №5, s.17-18.
6. Tyurin, I.Y. Improving the process finish drying of hay at the hospital [text] / Abstract of dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Saratov, 2000, 24 p.
7. Tyurin, I.Y. Prospects for the development of experimental research of the drying process. [text] / I.Y. Tyurin // Scientific Review, № 5. - Saratov LLC "APEX 94", 2010, p.76 ... 78.
8. Tyurin, I.Y. Improving the process finish drying of hay at the hospital [text] / Dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Saratov, 2000, 194 p.
9. Tyurin, I.Y. Improving the process of dryness hay [text] / Monograph / Saarbrucken, 2012