

## **СЕКЦИЯ 13**

**«ХИМИКО-  
БИОЛОГИЧЕСКИЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ: ОТ  
ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ»**

## **Содержание**

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ФЛАВОНОИДОВ В ПЛОДАХ CITRUS PARADISI ....	6
Абдошева Д.Р., Науменко О.А. кандидат медицинских наук, доцент .....	6
ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ БИОЭЛЕМЕНТОЛОГИИ И НУТРИЦИОЛОГИИ В ОРЕНБУРГСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ: 20 ЛЕТ ПУТИ ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ .....	9
Баранова О.В., кандидат биологических наук, доцент.....	9
Кияева Е.В., кандидат медицинских наук .....	9
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАДОЛИНИЯ И ИТТРИЯ ПРИ СОВМЕСТНОМ ПРИСУТСТВИИ.....	12
Баязитов А.А., Юдин А.А.....	12
ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА (ОБЗОР) .....	16
Бельтикова В.А. ....	16
ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ.....	20
Исянгулова И. Р., Галактионова Л. В., кандидат биологических наук, доцент .....	20
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К НОРМИРОВАНИЮ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ .....	23
Ганина К.Х., Галактионова Л.В., кандидат биологических наук, доцент .....	23
ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДИНАМИЧЕСКУЮ ОБМЕННУЮ.....	27
ЕМКОСТЬ ИОНИТОВ .....	27
Ганина М.Ю., Ткачева Т.А., кандидат химических наук,.....	27
Левенец Т.В., кандидат химических наук, доцент.....	27
ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МЕДИЦИНЕ: СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ .....	32
М.В. Гиндер, кандидат медицинских наук .....	32
МИКРОБНЫЙ ПЕЙЗАЖ ПРИ РАНЕВЫХ ИНФЕКЦИЯХ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ТЕРАПИИ В СВЕТЕ ПОПЕРЕЧНОГО ПРАКТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ДАННЫХ .....	35
Говорова В.Д.; Дроздова Е.А., кандидат биологических наук, доцент; Жальских К.А.; Здорова А.А .....	35
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРОФИЛАКТИКИ БЕССОННИЦЫ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ .....	39
Гуць А.В. .....	39
Врач-невролог ЧУЗ КБ «РЖД МЕДИЦИНА» г. Оренбург .....	39
ПРОГРАММА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ С ПОМОЩЬЮ МИКРООРГАНИЗМОВ.....	42
Давыдова О.К. <sup>1</sup> , кандидат биологических наук, доцент, Никиян Т.А. <sup>1,2</sup> , студент .	42
РАЗРАБОТКА ДИАЛОГОВОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ВЫБОРЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ.....	45
Давыдова О.К.1, кандидат биологических наук, доцент, Никиян Т.А. <sup>1,2</sup> , студент .	45
ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ИНАКТИВАЦИЯ <i>PSEUDOMONAS AERUGINOSA</i> В БИОПЛЁНКАХ.....	49

Летута С.Н., доктор физико-математических наук, профессор, Давыдова О.К., кандидат биологических наук, доцент, Ишемгулов А.Т., кандидат физико-математических наук .....	49
<b>ЭТИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ ДИЛЕММЫ РЕДАКТИРОВАНИЯ ГЕНОМА ЭМБРИОНОВ (CRISPR) В РОССИИ.....</b>	<b>52</b>
Добрыднева С. С., магистрант 2 курса юридического факультета .....	52
<b>МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ГРУНТОВЫХ ВОД ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ ПАВОДКА .....</b>	<b>57</b>
Дроздова Е.А., кандидат биологических наук, доцент, Алешина Е.С., кандидат биологических наук, доцент .....	57
<b>ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ (ОБЗОР).....</b>	<b>62</b>
Дугина А.Д. ....	62
<b>БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ И МЕХАНИЗМЫ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ПРОКАРИОТ В ОТНОШЕНИИ ЖЕЛЕЗА (ОБЗОР).....</b>	<b>66</b>
Жальских К. А., Здорова А. А., Сизенцов А. Н. кандидат биологических наук, доцент, Говорова В. Д.....	66
<b>БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ И МЕХАНИЗМЫ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ПРОКАРИОТ ПО ОТНОШЕНИЮ К СИ (ОБЗОР) .....</b>	<b>71</b>
Здорова А.А., Жальских К.А., Говорова В.Д., Сизенцов А.Н. кандидат биологических наук, доцент.....	71
<b>ПОЧВА КАК ИСТОЧНИК ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ (ОБЗОР) .....</b>	<b>76</b>
Илюхина О.Ю. ....	76
<b>ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ И БИОРАЗНООБРАЗИЕ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ .....</b>	<b>80</b>
Корзун А. О., Науменко О. А., кандидат медицинских наук, доцент .....	80
<b>ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ОРЕНБУРГСКОГО РАЙОНА .....</b>	<b>85</b>
Крутских М.Е., Укенов Б.С., кандидат биологических наук .....	85
<b>ВЛИЯНИЕ СВЧ-ПОЛЯ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДНО-ГЛИНИСТЫХ СУСПЕНЗИЙ.....</b>	<b>90</b>
Каныгина О.Н., доктор физико-математических наук, профессор, Кушнарева О.П. ....	90
<b>ФЛОТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ УГЛЕЙ ПРОДУКТАМИ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ .....</b>	<b>94</b>
Левенец Т.В., кандидат химических наук, доцент.....	94
<b>ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОПЕСТИЦИДОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ .....</b>	<b>97</b>
Литовченко Е. В., Хардикова С. В., кандидат биологических наук.....	97
<b>ПРОДУКЦИЯ И ФИЗИОЛОГО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИММУНОРЕГУЛЯТОРНЫХ ПЕПТИДОВ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА (ОБЗОР).....</b>	<b>100</b>
Лопатина О.Ю. <sup>1</sup> , Барышева Е.С. <sup>1</sup> доктор медицинских наук доцент, Иванова Е.В. <sup>2</sup> доктор медицинских наук доцент .....	100

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ.....	ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ
	104
Лукьянова А. В., Верхошенцева Ю. П., кандидат биологических наук .....	104
БИОЛОГИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: УСТОЙЧИВЫЕ ПРАКТИКИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО АГРОПРОИЗВОДСТВА.....	109
Мырадов Г .....	109
ВНЕДРЕНИЕ И ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ БИОРЕМЕДИATORОВ КСЕНОБИОТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (ОБЗОР) .....	114
Морозова С. А., Пластамак А. П., Сизенцов А. Н., кандидат биологических наук, доцент .....	114
МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ АЛКАЛОИДОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ.....	119
Назарикова А.И., Бибарцева Е.В., кандидат медицинских наук .....	119
Профилизация в школьном химическом образовании: современные подходы и перспективы .....	122
Николаев А.А.....	122
МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ РЕЦЕПТУР РАНОЗАЖИВЛЯЮЩИХ МАЗЕЙ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ (ОБЗОР) .....	127
Пластамак А.П., Морозова С.А., Сизенцов А.Н., кандидат биологических наук, доцент. ....	127
БИОХИМИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ПРОТИВОМИКРОБНЫМ СРЕДСТВАМ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ХИМИИ .....	131
Барышева Е. С., доктор медицинских наук, доцент, Плотникова Ю. А .....	131
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «КРИМИНАЛИСТИЧЕСКАЯ БИОХИМИЯ» .....	136
Романенко Н.А., кандидат биологических наук .....	136
ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИИ НЕКОТОРЫХ S- И R- ЭЛЕМЕНТОВ НА ХЕЛАТНЫХ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛАХ PUROLITE .....	140
Саблина В.А., Пономарева П.А., .....	140
ПРИМЕНЕНИЕ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ PUROLITE ПРИ СОРБЦИИ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ .....	145
Саблина В.А., Пономарева П.А. ....	145
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА БЕЛЕБЕЙ .....	150
Сайфуллина Д.И., Галактионова Л.В., кандидат биологических наук, доцент ....	150
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АММИАКА И КИСЛОРОДА НА КОРРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В МЕТАЛЛАХ .....	153
Сариева Д.О., Ткачева Т.А., кандидат химических наук .....	153
РЕТРОСИНТЕЗ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ .....	157
Сибгатова Р.Р., Мухаметшина К.Ш., Кунавина Е.А., кандидат химических наук, доцент, Строганова Е.А. кандидат химических наук .....	157

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СТУДЕНТОВ, НАСТАВНИЧЕСТВО ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	161
Сизенцов А.Н. кандидат биологических наук, доцент.....	161
ОСОБЕННОСТИ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И БИОЛОГИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА РАСТЕНИЙ <i>PORTULACA OLERACEA L.</i> И <i>THLASPI ARVENSE L.</i> .	165
Смирнова С. С., Науменко О. А., кандидат медицинских наук, доцент .....	165
Анализ Распределения вещества между двумя несмешивающимися жидкостями .....	168
Симонова А.В., Степанов А.Д., Сальникова Е.В. доктор биологических наук, доцент .....	168
<b>О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В РЕАКЦИЯХ ХЕЛАТИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ПОЛУЧЕНИЯ ГЛИЦИНата ЖЕЛЕЗА (II).....</b>	<b>171</b>
Степанов А.Д., Пешков С.А. кандидат химических наук, доцент, .....	171
Сальникова Е.В. доктор биологических наук, доцент .....	171
<b>ХИМИЯ ПРОТИВ РАКА: КАК РАБОТАЕТ ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ .....</b>	<b>176</b>
Хромова Ю. А., Ткачёва Т. А., кандидат химических наук.....	176
<b>ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СЛЮНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА (ОБЗОР).....</b>	<b>182</b>
Троценко Ю.А., Бибарцева Е.В., кандидат медицинских наук .....	182
<b>ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ.....</b>	<b>185</b>
Тулеева З.С., Галактионова Л.В., кандидат биологических наук, доцент .....	185
<b>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ХИТИНА И ХИТОЗАНА ИЗ ПАНЦИРЕЙ РАКООБРАЗНЫХ И ПОДМОРА МЕДОНОСНОЙ ПЧЕЛЫ <i>APIS MELLIFERA</i> .....</b>	<b>190</b>
Уразова А.С., Строганова Е.А., кандидат химических наук .....	190
<b>МИКРОБНАЯ РЕМЕДИАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ .....</b>	<b>194</b>
Федосеева В. Р., Хардикова С. В., кандидат биологических наук .....	194
Влияние нефтяных загрязнений на оптические свойства почв .....	198
Юдин А.А., Каныгина О.Н., доктор физико-математических наук, профессор, Сальникова Е.В., доктор биологических наук, доцент, Пелих В.В. ....	198

# ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ФЛАВОНОИДОВ В ПЛОДАХ CITRUS PARADISI

**Абдюшева Д.Р., Науменко О.А. кандидат медицинских наук, доцент  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет», город Оренбург**

**Аннотация:** В работе проведена оценка качественного состава флавоноидов плодов *Citrus paradisi* на основе цветных реакций: пробы Шинода (цианидиновая проба), реакция с хлоридом алюминия, реакция с хлоридом железа, реакция с раствором аммиака. Все реакции, кроме пробы Шинода, дали положительный результат, что позволило определить наличие группы флавоноидов в плодах *Citrus paradisi*: гликозидов кверцетина, флаванонов, халконов, ауронов и флавонов, которые и обеспечивают высокую биологическую активность данной группы фруктов.

**Ключевые слова:** *Citrus paradisi*, флавоноиды, качественные реакции

Флавоноиды являются биологически активными веществами растений, обладающими рядом биохимических свойств. Данная группа относится ко вторичным растительным метаболитам и представлена: флавонами, флаванонами, изофлавонами, флавонолами, халконами, антоцианами и т. д [1].

Свойства растений определяется не только количественным, но и качественным содержанием флавоноидов. Так, грейпфрут (*Citrus paradisi*) – субтропическое цитрусовое дерево, плоды, которого является случайным гибридом помело (*Citrus maxima*) и сладкого апельсина (*Citrus sinensis*), содержит большое количество как первичных, так и вторичных метаболитов, например, аскорбиновую, лимонную кислоты, каротиноиды и различные флавоноиды [2].

Целью работы является оценка качественного состава флавоноидов плодов *Citrus paradisi* на основе цветных реакций.

Цветные реакции основаны на взаимодействии определенных металлов с биологически активными группами флавоноидов с образованием окрашенных комплексов. Для оценки качественного состава флавоноидов в кожуре *Citrus paradisi* были проведены следующие реакции: пробы Шинода (цианидиновая проба), реакция с хлоридом алюминия, реакция с хлоридом железа, реакция с раствором аммиака.

Проба Шинода основана на восстановлении флавонолов и флавонов цинковой пылью в кислой среде, что приводит к образованию окрашенных в красно-фиолетовый цвет продуктов реакции – антоцианидинов (флаванолов) [3]. В ходе нашего исследования окраска раствора не изменилась, что говорит об отсутствии в экстракте грейпфрута флавонолов, способных дать положительный результат.

Химизм реакции с хлоридом алюминия основан на комплексообразовании между ионом алюминия и специфическими структурными фрагментами флавоноидов. Ключевым условием является наличие двух гидроксильных групп в

ортоположении - одна у С3, другая у С5 атомов бензольного кольца, такая структурная особенность характерна для кверцетина и его гликозидов, которые широко распространены в плодах цитрусовых. В нашем исследовании реакция дала положительный результат - переход окраски раствора в светло-лимонный цвет, что свидетельствует о присутствии гликозидов кверцетина.

Химизм реакции с хлоридом железа основан на способности флавоноидов образовывать комплексные соединения с ионами  $\text{Fe}^{3+}$ . Окраска при этом может быть от зеленой (флавонолы) до коричневой (флаваноны, халконы, аураны). В ходе эксперимента с плодами *Citrus paradisi* был получен положительный результат и цвет раствора изменился на коричневый (рисунок 1) [4].

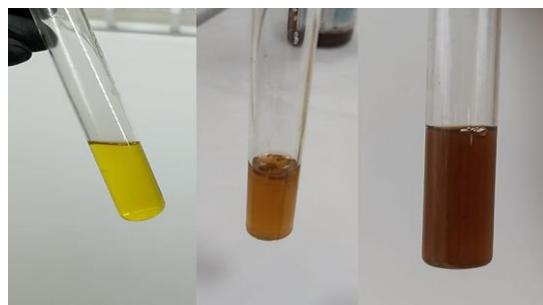


Рисунок 1 – Результаты качественной реакции  $\text{FeCl}_3$  с плодами *Citrus paradisi*

Химизм реакции с раствором амиака заключается в образовании желтого комплекса флавонов, флаванонов с амиаком, при нагревании переходящие в оранжевый цвет. Реакция с плодами *Citrus paradisi* также дала положительный результат (рисунок 2).



Рисунок 2 – Результат качественной реакции на флавоны и флаваноны плодов *Citrus paradisi* с раствором амиака

Проведённые реакции позволили определить наличие целой группы флавоноидов в плодах *Citrus paradisi*: гликозидов кверцетина, флаванонов, халконов, ауранов и флавонов, которые и обеспечивают высокую биологическую активность данной группы фруктов. Для уточнения биологического эффекта данной группы веществ необходимы дальнейшие исследования по определению

не только качественного состава, но и оценке количественного состава *Citrus paradisi*.

#### Список литературы

1. Абдушева Д.Р., Науменко О.А. Оценка антиоксидантных свойств различных видов цитрусов / Абдушева Д.Р. – Фундаментальные исследования в области химии, биологии и экологии [Электронный ресурс] : сборник материалов II Студенческой научно-практической конференции с международным участием; Оренбургский гос. ун-т. – Электрон. текстовые дан. (1 файл : 3,67 Мб). – Оренбург : ОГУ, 2024.
2. Дорошенко Т. Н. Субтропическое садоводство : учебник / Т. Н. Дорошенко, Б. С. Гегечкори, А. В. Рындин [и др.]. — Краснодар : КубГАУ, 2019. — ISBN 978-5-907247-29-1. — С. 73.
3. Семенова, Е. Ф. Частная фармакогнозия. Ситуационные задачи : учебное пособие : в 2 частях / Е. Ф. Семенова. — Пенза : ПГУ, 2019 — Часть 2 — 2019.— С. 181. — ISBN 978-5-907102-63-7.
4. Основы фитохимического анализа и стандартизация лекарственного растительного сырья : учебно-методическое пособие / сост. И. М. Коренская [и др.]. — Воронеж : ВГУ, 2021. — 94 с.

# **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ БИОЭЛЕМЕНТОЛОГИИ И НУТРИЦИОЛОГИИ В ОРЕНБУРГСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ: 20 ЛЕТ ПУТИ ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ**

**Баранова О.В., кандидат биологических наук, доцент**

**Кияева Е.В., кандидат медицинских наук**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** статья посвящена истории развития биоэлементологии, нутрициологии, создании кафедры нутрициологии и биоэлементологии, института биоэлементологии, представлены достижения и результаты работ данных структурных подразделений за 20 лет.

**Ключевые слова:** *нутрициология, биоэлементология, научные исследования, образовательная деятельность.*

Нутрициология берёт истоки ещё с древних времён, когда ведущие научные и клинические деятели пытались обосновать влияние питания на здоровье.

В настоящее время исследования значительно продвинулись вперед благодаря расширению технологических возможностей, позволяющих глубже изучить питание человека. Это, а также использование данных других научных дисциплин позволило ответить на такие сложные вопросы о питании, как причины более высокой заболеваемости некоторых групп населения определенными хроническими болезнями, как различные генетические варианты реагируют на определенные типы диет.

Сегодня нутрициология повсюду, она прочно вошла в нашу повседневную жизнь. Постоянно проводятся новые исследования того, как выбор рациона влияет на состояние нашего здоровья и в краткосрочной, и в долгосрочной перспективе. Продукты, богатые питательными веществами, стали более доступными, чем когда-либо прежде, благодаря развитию технологий сельскохозяйственного производства. Кроме того, современные технологии производства продуктов питания, ориентированные на сохранение питательных веществ, а не вкусовых качеств, становятся все более популярными благодаря удобству использования, но при этом обеспечивают поступление необходимых человеку питательных веществ.

В целом, нутрициология будет оставаться растущей областью, предоставляющей новые знания о том, как питание влияет на поведение человека на индивидуальном уровне, а также о последствиях изменений политики или инициатив в масштабах общества.

В начале XX века среди ученых зарождался интерес к изучению макро-, микро- и ультраэлементов в живом организме. Истоки развития биоэлементологии в России лежат в работах В.И. Вернадского, который в 30-х гг. XX века организовал биогеохимическую лабораторию. В этот период начинают активно формироваться научные школы по изучению роли биоэлементов в

физиологии и патологии, стали проводиться систематические исследования в области питания (нутрициологии). Происходит интеграция биоэлементологии и нутрициологии в медицинскую практику. Учеными разрабатываются первые методики оценки элементного статуса организма. Идет становление биоэлементологии и нутрициологии как самостоятельных научных дисциплин в России. Стали создаваться первые специализированные кафедры в вузах. История развития биоэлементологии и нутрициологии в Оренбуржье уходит своими корнями в 2003 год, когда ректором Оренбургского государственного университета, профессором Бондаренко В.А. был подписан приказ о создании первой в России кафедры нутрициологии и биоэлементологии и Института биоэлементологии. Возглавил структурные подразделения вуза профессор, д-р мед. наук Скальный А.В. - основатель и бессменный руководитель Российской научной школы медицинской элементологии, ученый с мировым именем.

Одной из главных целей создания кафедры явилось формирование у студентов многопрофильного вуза знаний о влиянии питания на физическое, психическое здоровье человека, обучение навыкам сохранения и укрепления здоровья (в том числе в условиях неблагополучной экологической обстановки), используя фактор питания, умение составлять и поддерживать правильный рацион индивидуального питания с учетом социального положения.

Российская школа биоэлементологии достигла выдающихся результатов, признанных международным научным сообществом. Разработаны уникальные методы диагностики и коррекции элементного статуса в организме, проведены фундаментальные и прикладные исследования в медицине, пищевой промышленности, экологии, сельском хозяйстве.

Внедрение достижений в области биоэлементологии в практическую медицину, сельское хозяйство позволило значительно улучшить диагностику и лечение многих заболеваний у человека и животных, а также разработать эффективные методы профилактики. Созданы инновационные биоэлементные комплексы, БАД, обогащенные и функциональные продукты и др.

Биоэлементология и нутрициология продолжают активно развиваться, открывая новые горизонты в понимании роли питания и микроэлементов в здоровье человека и животных. Будущее этих наук связано с персонализированной медициной и новейшими биотехнологиями.

Проведено комплексное исследование жителей различных районов Оренбургской области, исследованиями охвачены различные возрастные и социальные группы населения. По результатам многолетних, многочисленных научных работ установлены характерные для региона дефициты химических элементов (в частности, йода, селена, цинка), определены группы риска по развитию микроэлементозов. Группой ученых под руководством профессора Скального А.В. создан атлас элементного статуса России, куда вошли данные исследований по Оренбургской области на содержание 40 химических элементов в различных биосубстратах.

Коллективом Института выполняются работы по хоздоговорным темам и грантам (Президента РФ для молодых российских ученых докторов и кандидатов наук; РФФИ; РГНФ; «Университеты России»; ФЦП «Научные и научно-

педагогические кадры инновационной России»; Аналитическая ведомственная целевая программа «Развитие научного потенциала высшей школы»; гранты Министерства науки и высшего образования РФ, правительства Оренбургской области, РНФ, задания Рособразования, государственные задания).

Институт ведет активную работу по конструированию, синтезу и применению микро- и ультрамикроэлементов в сельском хозяйстве, о чем говорит участие сотрудников Института в Мегагранте ОГУ «Конструирование, синтез и применение микро- и ультрадисперсных материалов в сельском хозяйстве» в рамках ведомственного проекта: «Реализация крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития, определяемых Российской академией наук», финансируемый Министерством науки и высшего образования Российской Федерации» на период 2024-2026 г. г.

За два десятилетия на базе Института сотрудниками университета выполнены более 90 диссертационных работ на соискание учёных степеней кандидата и доктора наук по биологическим, медицинским, техническим, физико-математическим и сельскохозяйственным наукам; опубликовано свыше 1,4 тысячи научных работ, в том числе 54 монографии, 42 учебных пособия; новизна исследований защищена 92 патентами РФ на изобретение; совокупная цитируемость научных работ сотрудников Института в единой базе РИНЦ превысила 10 тысяч ссылок.

Таким образом, проделанная за несколько десятилетий кафедрой нутрициологии и биоэлементологии, Институтом биоэлементологии работа позволила сформировать в России прочную научную и образовательную базу в области биоэлементологии и нутрициологии, что имеет огромное значение для улучшения здоровья и качества жизни настоящего и будущего поколений нашей страны.

# ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАДОЛИНИЯ И ИТТРИЯ ПРИ СОВМЕСТНОМ ПРИСУТСТВИИ

Баязитов А.А., Юдин А.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Оренбургский государственный университет», г. Оренбург

**Аннотация:** В работе анализируются и рассматриваются свойства гадолиния и иттрия, кондуктометрический метод определения, потенциометрический метод определения. В работе дается характеристика физических и химический свойств этих соединений. Большое место в работе уделено практической части, в которой подробно рассказано о кондуктометрическом и потенциометрическом определении гадолиния и иттрия [1].

**Ключевые слова:** кондуктометрия, потенциометрия, иттрий, гадолиний

Электрохимические методы анализа – это методы качественного и количественного анализа веществ, находящихся в жидким (растворы и расплавы), в газообразном или твёрдом состояниях, основанные на электрохимических явлениях в исследуемой среде или на границах соприкасающихся фаз и связанных с изменением концентрации, структуры или химического состава [4].

В соответствии с характером измеряемых величин электрохимические методы объединяют в группы, каждая из которых содержит ряд методов, основанных на одном и том же законе или определённой зависимости [5].

Гадолиний – химический элемент, относящийся к редкоземельным металлам. Он был открыт в 1880 году французским химиком Ж.К. Галье. Гадолиний имеет атомный номер 64 и обозначается символом Gd. Иттрий является ковалентным металлом, который обладает рядом физических свойств, отличных от свойств других элементов таблицы [3].

Гадолиний и иттрий имеют свойства редкоземельных элементов, они имеют аллотропные модификации. Иттрий и гадолиний имеет плотноупакованную двухслойную гексагональную кристаллическую решетку. Высокотемпературные модификации имеют объемно центрированную кубическую решетку. Иттрий и гадолиний это два редкоземельных металла, которые обладают определенными химическими свойствами. Иттрий образует соединения с различными катионами и анионами, а также обладает способностью образовывать ковалентные связи. В соединениях иттрий может присутствовать в степени окисления  $Y^{3+}$  и  $Y^{2+}$ . Иттрий является довольно инертным металлом и обычно не реагирует с водой или кислотами при комнатной температуре. Химические свойства гадолиния максимально схожи с химическими свойствами иттрия [2].

Определения гадолиния и иттрия в данной работе основано на реакции  $Gd(NO_3)_3$  и  $Y(NO_3)_3$  с трилоном-Б, представлена на рисунке 1:

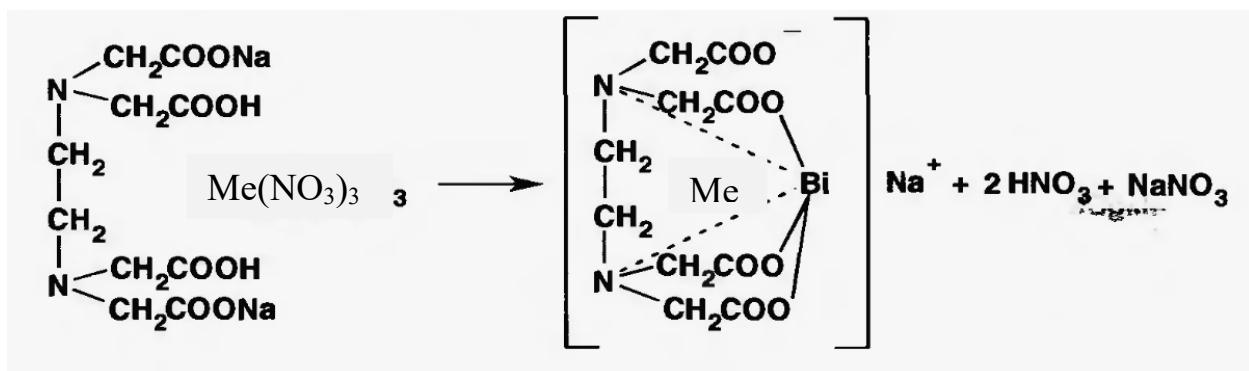


Рисунок 1 – Реакция трилона-Б с нитратом металла

Для определения гадолиния и иттрия при совместном присутствии, было проведено потенциометрическое и кондуктометрическое титрование растворов нитрата гадолиния и иттрия раздельно. Кроме того потенциометрическое титрование было проведено при нейтральной и при рН среде равной 7,3. Для титрования в рН среде равной 7,3 вместо воды для разбавления растворов использовали трис-HCl буферный раствор рН ~ 7,3.

Для определения совместного присутствия было взято 10 мл нитрата гадолиния и 10 мл нитрата иттрия. Из показания прибора была составлена кривая кондуктометрического титрования показанная на рисунке 2.

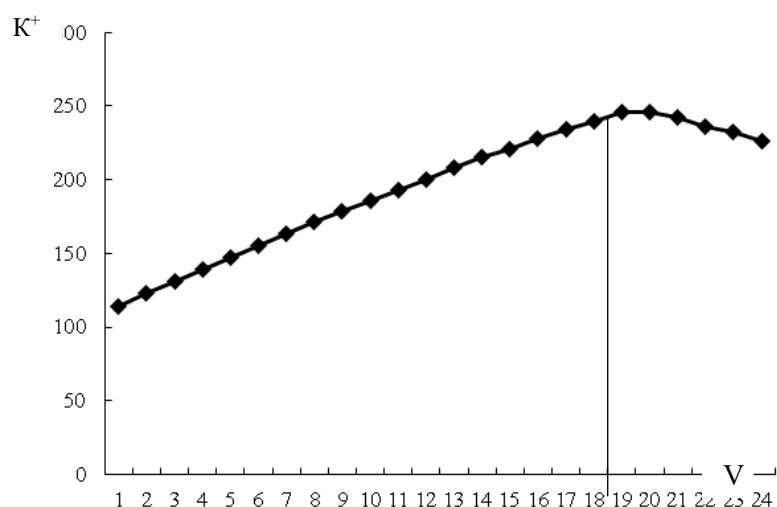


Рисунок 2 – Кривая кондуктометрического титрования  $\text{Y}(\text{NO}_3)_3$  и  $\text{Gd}(\text{NO}_3)_3$

Затем было проведено потенциометрическое титрование совместного раствора гадолиния и иттрия. На основе показаний прибора была построена кривая потенциометрического титрования на рисунке 3

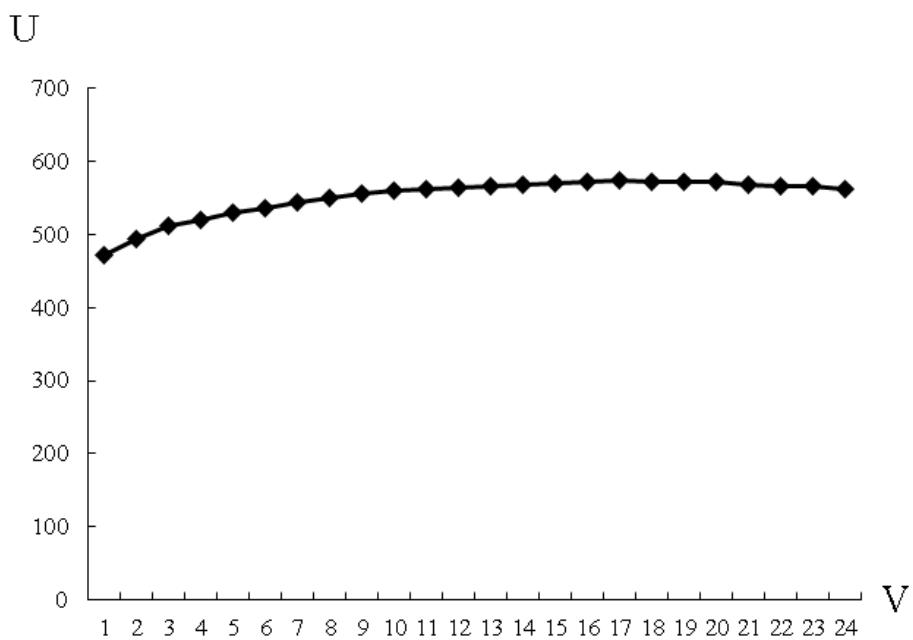


Рисунок 3 – Кривая потенциометрического титрования  $\text{Y}(\text{NO}_3)_3$  и  $\text{Gd}(\text{NO}_3)_3$

Определить потенциометрическим титрованием концентрации растворов нитрата гадолиния и нитрата иттрия не удалось.

Исходя из результатов можно сказать что потенциометрическое титрование в нейтральной среде менее точное чем кондуктометрическое. Кроме того в нейтральной среде можно определить совместное присутствие нитрата гадолиния и нитрата иттрия, на кривой титрования их точки эквивалентности совпадают.

Так как определение совместного присутствия гадолиния и иттрия возможно при кодуктометрическом титровании, было проведено кодуктометрическое титрование в рН среде равной 7,3. Для данного титрования было взято 10 мл нитрата гадолиния и 10 мл нитрата иттрия.

Показания прибора совместного кондуктометрического титрования растворов нитрата гадолиния и нитрата иттрия приведены на рисунке 4.

Кривая титрования смеси растворов нитрата гадолиния и нитрата иттрия достаточно точно показывает добавленный объем. Экспериментально вычисленный объем равен 18,5 мл.

В заключении можно отметить что с помощью кондуктометрического титрования при рН 7,3 можно достаточно точно определить содержание нитрата иттрия, нитрата гадолиния и их совместное присутствие. При титровании смеси растворов нитрата иттрия и нитрата гадолиния точка эквивалентности совпадает.

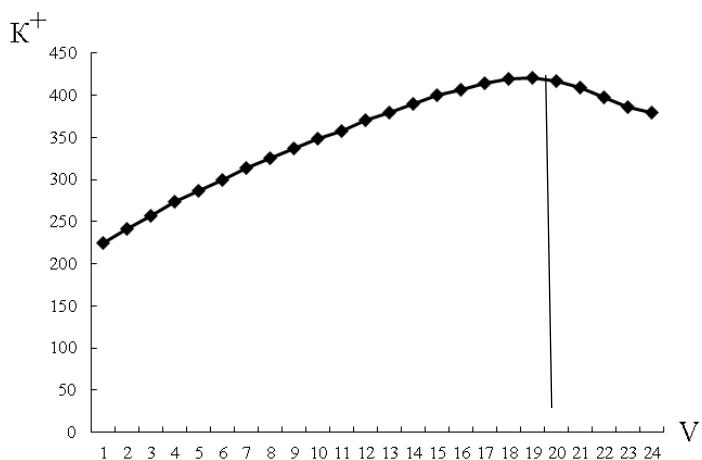


Рисунок 4 – Кривая кондуктометрического титрования  $\text{Y}(\text{NO}_3)_3$  и  $\text{Gd}(\text{NO}_3)_3$  при  $\text{pH} 7,3$

Таким образом, в ходе выполнения работы было определено содержание нитрата иттрия и нитрата гадолиния с помощью кондуктометрии и потенциометрии в собственной среде этих растворов и в среде  $\text{pH} \approx 7,3$ .

Также определено их совместное присутствие, экспериментально было выявлено что точка эквивалентности солеобразования ионов гадолиния и иттрия в совместном растворе совпадает.

#### Список литературы

1. Анисимова, Ж. П. Электрохимические методы анализа [Электронный ресурс] : методические указания / Ж. П. Анисимова, Л. М. Рагузина, Е. В. Сальникова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Оренбург. гос. ун-т», Каф. химии. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 0.49 Мб). – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2009. - 38 с.
2. Васильев, В. П. Аналитическая химия [Текст] : учеб. для вузов / В. П. Васильев.– 6-е изд., стер. – Москва : Дрофа, 2007. – (Высшее образование). Кн. 2 : Физико-химические методы анализа. – 2007. – 372 с. – ISBN 978-5-358-03522-5. – Библиогр.: с. 365. - Прил.: с. 366-370. – Предм. указ.: с. 371-375, – ISBN 978-5-358-03520-1.
3. Серебренников, В. В. Химия редкоземельных металлов / В. В. Серебренников – 1970 Томск : – 284 с.
4. Комиссаренков, А.А. Кондуктометрия и высокочастотное титрование: учебно-методическое пособие/ А.А. Комиссаренков, Г.Ф Пругло, СПб., ГОУ ВПО СПбГТУРП, 2009. – 42 с
5. Рейшахрит, Л. С. Электрохимические методы анализа [Текст] / Л. С. Рейшахрит. – Ленинград : Изд-во Ленингр. ун-та, 1970. – 199 с. : ил

# **ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА (ОБЗОР)**

**Бельтикова В.А.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет», город Оренбург**

**Аннотация:** Экосистемы – это сложные, взаимосвязанные сети живых организмов и их среды обитания. Они, подобно огромным, саморегулирующимся машинам, обеспечивают нас бесчисленными благами, от чистой воды и воздуха до продовольствия и лекарственных растений. Однако, несмотря на общепризнанную важность этих систем, их истинная ценность для человека и экономики часто недооценивается, что приводит к катастрофическим последствиям. Понимание и признание экосистемных услуг, которые предоставляет почва, имеют первостепенное значение для разработки действенных стратегий по охране природных ресурсов и достижению устойчивого развития.

**Ключевые слова:** экосистемные услуги, почвенный покров, оценка экосистемных услуг

Экосистемные услуги в строгом смысле этого слова в справочнике определяются как блага, которые люди получают от экосистем, и классифицируются по четырём категориям: обеспечивающие услуги (продукты, получаемые из экосистем, такие как пища, волокна или древесина), регулирующие услуги (например, борьба с наводнениями или вредителями, а также регулирование климата), культурные услуги (нематериальные блага, такие как эстетическое удовольствие и отдых) и вспомогательные услуги (то есть услуги, необходимые для надлежащего предоставления трёх других типов услуг, например, круговорот питательных веществ).

Экосистемные блага почвенного покрова можно классифицировать на возобновляемые и невозобновляемые, в зависимости от скорости их восстановления и устойчивости к воздействию человека. Возобновляемые блага почвы обладают способностью восстанавливаться в относительно короткие временные сроки (от нескольких лет до десятилетий) при соблюдении принципов устойчивого землепользования [5].

К данной категории благ относятся:

1 Плодородие почвы – это способность поддерживать рост растений за счет наличия питательных веществ и органического вещества, что достигается правильным севооборотом и внесением удобрений.

2 Регуляция водного баланса – функция почвы, связанная с фильтрацией и накоплением влаги, что помогает предотвращать наводнения и засухи.

3 Биологическая активность – поддержка разнообразия почвенной микрофлоры и фауны, включая бактерии, грибы и дождевых червей.

4 Депо семян и банк диаспор – способность почвы сохранять и оказывать поддержку в восстановлении растительных сообществ.

5 Секвестрация углерода – процесс поглощения углекислого газа и накопления органического углерода в условиях устойчивого сельского хозяйства [7].

Невозобновляемые блага почвы, напротив, имеют либо крайне медленное восстановление, либо и вовсе его не имеют, что сопоставимо с геологическими процессами, требующими сотни и тысячи лет.

Примеры таких благ включают:

1 Минеральная основа почвы – разрушение первичных минералов и формирование глинистых частиц, процесс, занимающий тысячи лет.

2 Почвообразование – формирование зрелого почвенного профиля, например, черноземы, которые накапливаются примерно на 1 см за 100-300 лет.

3 Уникальные почвенные экосистемы – торфяники, которые формируются на протяжении тысячелетий, но могут разрушаться всего за несколько десятилетий при осушении.

4 Буферные свойства против загрязнения – способность почвы связывать тяжелые металлы и токсины, которая может быть утрачена безвозвратно при сильном загрязнении [8].

Экосистемные услуги можно подразделить на четыре основные группы:

1 Регулирующие услуги [6].

– Регуляция климата: Почвы, вторые по величине резервуары углерода после океанов (включая торф и гумус), играют важную роль в смягчении изменения климата.

– Фильтрация и очистка воды: Почва эффективно задерживает загрязняющие вещества, предотвращая их попадание в грунтовые воды.

– Защита от наводнений и эрозии: Растительность и структура почвы снижают скорость поверхностного стока, тем самым предотвращая разрушение ландшафтов.

– Поддержание биоразнообразия: Почва является домом для множества микроорганизмов, грибов и беспозвоночных, которые активно участвуют в круговороте веществ.

2 Поддерживающие услуги.

– Формирование и плодородие почвы: Процессы почвообразования, такие как выветривание и гумификация, обеспечивают основу для сельского хозяйства.

– Круговорот питательных веществ: Разложение органики и минерализация кормят растения необходимыми элементами, такими как азот, фосфор и калий.

– Обеспечение среды обитания: Почва поддерживает жизнь множества организмов, играющих ключевую роль в пищевых цепочках.

3 Продовольственные услуги.

– Производство сельскохозяйственных культур: Плодородные почвы являются основой для производства разнообразной пищи, включая зерновые, овощи и фрукты.

– Пастбища и корма: Сельскохозяйственные почвы обеспечивают корм для животноводства как через естественные, так и через искусственные луга.

4 Культурные услуги [10].

– Рекреация и туризм: Почвенно – растительный покров играет важную роль в организации парков, лесов и сельского туризма.

– Культурное и духовное значение: Почвы тесно связаны с традиционным землевладением, историей и фольклором [1].

Экосистемные ценности представляют собой критерии, которые люди устанавливают для оценки интересов экосистемы. Готовность платить за защиту экосистемы является примером такой ценности [9].

Для экономической оценки экосистемных услуг и их применения в реальной экономике можно выделить как минимум четыре этапа:

1 Идентификация экосистемной услуги.

2 Определение её экономической ценности.

3 Выявление получателя выгод от этой услуги.

4 Формирование механизма платежей (или компенсаций) за экосистемные услуги [4].

Экономическая оценка экосистемных услуг включает в себя семь ключевых этапов:

1 Анализ социально – экономических проблем территорий, обусловленных ухудшением экологической обстановки.

2 Идентификация экосистемной услуги.

3 Квантификация – количественная оценка.

4 Определение экономической ценности.

5 Выявление поставщика и владельца экосистемной услуги.

6 Определение beneficiaries – получателей выгод от экосистемной услуги.

7 Формирование механизма компенсации, предоставленной экосистемной услуги [11].

Перспективные направления по сохранению и восстановлению экосистемы:

1 Внедрение устойчивых агропрактик.

2 Восстановление деградированных почв [3].

3 Политические и экономические меры.

5 Общественное участие и образование.

6 Восстановление почв в городских и промышленных ландшафтах.

7 Климатически – ориентированное почвовосстановление.

8 Биоразнообразие почв как залог устойчивости.

9 Цифровые технологии и big data в управлении почвами.

10 Альтернативные подходы к землепользованию [2].

### Список литературы

1. Alison. J. Power. Ecosystem services and agriculture: trade-offs and synergies [Электронный ресурс]. / J. Power Alison. // Department of Ecology and Evolutionary Biology, Cornell University, Ithaca, New York; 365(1554):2959 – 71. Режим доступа – <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20713396/>. – 09. 04. 2025.

2. Barnhouse, L. V. Jr. Assessment of damage caused to natural resources and their management: remaining challenges and opportunities [Электронный ресурс]. / L. V. Barnhouse, R. G. Stahl Jr. – Environ Manage. 2017 May; 59(5) – 709 – 717 с. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28260121/>. – 09. 04. 2025.

3. Salles, J. M. Assessment of biodiversity and ecosystem services: why attribute economic value to nature? [Электронный ресурс]. / J. M. Salles. // C R Biol. 2011 May; 334(5–6): 469–82 с. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21640956/>. – 13. 05. 2011.

4. Suvarno, A. Who benefits from ecosystem services? The example of Central Kalimantan, Indonesia [Электронный ресурс]. / A. Suvarno, L. Hein, E. Sumarga. // Environ Manage. February 2016; 57(2): 331–44 с. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26467675/>. – 09. 04. 2025

5. Добровольский, Г. В. Почвы в биосфере и жизни человека. / Г. В. Добровольский, Г. С. Куст, И. Ю. Чернов. // Москва: Московский государственный университет леса, 2012. – 584 с. – ISBN 978-5-8135-0575-1.

6. Добровольский, Г. В. Экологические функции почвы. / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. // Москва: Издательство Москва университета, 1986. – 137 с.

7. Дудко, Г. В. Поддержка и устойчивое развитие экосистемных услуг. / Г. В. Дудко // Стратегия устойчивого развития Беларусь: экологический аспект. – Минск, РУАИнформ, 2014. – 74–89 с.

8. Клементьева, С. С. Исторические предпосылки возникновения концепции экосистемных услуг. / С. С. Клементьева // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО: Материалы Пятьдесят третьей (LIII) научной и учебно – методической конференции, Санкт–Петербург, 29 января 2024 года. – Санкт–Петербург: Национальный исследовательский университет ИТМО, 2024. – 204–207 с.

9. Лясковская, Е. А. «Формирование «зеленой» экономики и устойчивость развития страны и регионов» [Электронный ресурс]. / Е. А. Лясковская, К. М. Григорьева. // Вестник Южно–Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2018. №1. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-zelenoy-ekonomiki-i-ustoychivost-razvitiya-strany-i-regionov>. – 09. 04. 2025.

10. Оценка экосистем на пороге тысячелетия. Экосистемы и благо–состояние человека: биоразнообразие. Вашингтон, округ Колумбия, Институт мировых ресурсов, 2005. – 98 с.

11. Ящухно, В. М. От изучения свойств и функций земель и почв к оценке их экосистемных услуг: обзор [Электронный ресурс]. / В. М. Ящухно, Е. В. Цветнов // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. – 2019. – № 2. – 3–14 с. Режим доступа: <file:///C:/Users/Admin/Downloads/1129-Text%20статьи-8866-1-10-20191225.pdf>. – 09. 04. 2025.

# **ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ**

**Исянгулова И. Р., Галактионова Л. В., кандидат биологических наук,  
доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** в данной статье представлена роль ультрадисперсных частиц в биохимических и физиологических процессах растений, а также физико-химические свойства УДЧ. Представлены примеры исследований влияния ультрадисперсных частиц металлов в качестве стимулирующего компонента на биохимические, витальные и морфометрические показатели для различных сельскохозяйственных культур. Также, в статье говорится о возможном токсическом воздействии на растения при несоблюдении условий и дозировки внесения.

**Ключевые слова:** *ультрадисперсные частицы металлов, сельскохозяйственные культуры, урожайность, морфометрические показатели, биохимические показатели, применение, исследование.*

В последние десятилетия наблюдается значительный рост интереса к инновационным технологиям в агрономии и земледелии, что обусловлено необходимостью повышения продуктивности сельского хозяйства в условиях глобальных изменений климата и истощения природных ресурсов. В этом контексте особое внимание уделяется новым подходам к улучшению качества и количества сельскохозяйственной продукции. Одним из таких подходов является использование ультрадисперсных частиц (УДЧ) металлов, которые представляют собой частицы размером менее 100 нанометров. Эти частицы обладают уникальными физико-химическими свойствами, а именно, большая площадь поверхности и малый размер, что увеличивает скорость абсорбции микроэлементов [1].

Применение УДЧ оказывает значительное влияние на физиологические процессы, морфометрические, а также витальные показатели растений. Ультрадисперсные частицы металлов могут активизировать фотосинтетические процессы, улучшать водный баланс, а также повышать устойчивость растений к стрессовым факторам, стимулировать усвоение витаминов и микроэлементов растениями. Продукция, полученная с использованием УДЧ, часто имеет более высокую питательную ценность, улучшенные органолептические свойства и более длительный срок хранения [1].

Изучая конкретные примеры, можно отметить, что УДЧ Cu, Fe и Zn имеют определённые механизмы действия. Например, медь способствует лучшему усвоению азота, что делает растения более крепкими и продуктивными. Цинк поддерживает процессы клеточного деления и метаболизма, что непосредственно

сказывается на урожайности. Железо играет важную роль в процессе фотосинтеза, что также ведет к увеличению конечных показателей урожайности [2].

Важный аспект заключается в том, что использование УДЧ не только увеличивает количество и качество продукции, но также может снижать затраты на удобрения и пестициды. Влияние ультрадисперсных частиц может варьироваться в зависимости от типа культуры и почвенных условий. Это подчеркивает необходимость дальнейших экспериментов и учета специфики каждой культуры при введении УДЧ в агрономическую практику [1].

Несмотря на потенциальные преимущества УДЧ, существует ряд ограничений и недостатков, которые необходимо учитывать. При не правильном применении, УДЧ могут негативно повлиять на здоровье растений, человека и окружающую среду. Необходимость комплексных исследований и строгого контроля при использовании УДЧ становится важным аспектом, так как даже незначительное изменение концентрации может оказать значительное влияние на биохимию почвы и растения [3].

Были проведены различные исследования с целью выявления эффективности применения ультрадисперсных частиц металлов в качестве стимулирующего компонента на биохимические, витальные, а также морфометрические показатели различных сельскохозяйственных культур.

В работе Аминовой Е.В. проводилось исследование влияния ультрадисперсных частиц оксида кремния (IV) на устойчивость к стрессовым факторам растений *Solanum tuberosum*. В ходе исследовательской работы, было выявлено, что данные наночастицы, оказали положительное влияние на активность антиоксидантного фермента - пероксидазу [4].

В работе Юлдашевой И. З. проводилось исследование, которое показало эффективность применения ультрадисперсных частиц цинка на биохимические и витальные показатели редьки посевной. Данные частицы металла способствовали повышению содержания хлорофилла, играющий важную роль в процессе фотосинтеза. Так же в процессе исследования был сделан вывод о том, что УДЧ цинка способствовали повышению устойчивости растения к стрессовым факторам и благоприятно влияли на урожайность [5].

В работе Подласовой Е. Ю. проводилась предпосевная обработка зерновых и бобовых культур растений ультрадисперсными частицами, а именно оксидом молибдена(VI), оксидом железа (III) и оксидом кремния (IV). Данные УДЧ положительно повлияли на всхожесть, энергию прорастания и устойчивость к стрессовым факторам [6].

Таким образом, благодаря своим свойствам ультрадисперсные частицы металлов занимают важное место в агрономии, включая использование в производстве удобрений, защитных средств и кормовых добавок. Интерес к ультрадисперсным частицам металлов продолжает расти как в научной, так и в практической сфере, что свидетельствует о значительном потенциале для их дальнейшего исследования и внедрения в сельское хозяйство.

## Список литературы

1. Михайленко, С. М. Особенности свойств ультрадисперсных материалов / С. М. Михайленко [Электронный ресурс] // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2021. – №1.  
– Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-svoystv-ultradispersnyh-materialov/viewer>
2. Зорин, Е. В. Особенности влияния предпосадочной обработки клубней картофеля ультрадисперсными порошками и солями железа и меди на их урожайные свойства / Е. В. Зорин [Электронный ресурс] // 2004. – М. – Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/osobennosti-vliyaniya-predposadochnoi-robotki-klubnei-kartofelya-ultradispersnymi-poroshka?ysclid=mfcnaigdgp98779812>
3. Короткова А. М. Оценка влияния ультрадисперсных частиц на биометрические параметры проростков пшеницы / А. М. Короткова, С. В. Лебедев, О. Н. Кван // Оренбург. – ОГУ. Т. 102. – № 2. – 2009. С. 7-20 . – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38566808>
4. Аминова, Е. В. Стressоустойчивость растений *Solanum tuberosum* под влиянием УДЧ диоксида кремния / Е. В. Аминова, А. А. Мушинский, А. Ж. Саудабаева // Животноводство и кормопроизводство. – 2020. – Т. 103. – № 3. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/stressoustoychivost-rasteniy-solanum-tuberosum-pod-vliyaniem-udch-dioksida-kremniya/viewer>
5. Юлдашева И. З. Влияние ультрадисперсных частиц цинка на фотосинтез, морфометрические показатели и жизнеспособность клеток корней *Raphanus sativus L.* в условиях засоления почв / И. З. Юлдашева // ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН. – № 5. – 2024. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-ultradispersnyh-chastits-tsinka-na-fotosintez-morfometricheskie-pokazateli-i-zhiznesposobnost-kletok-korney-raphanus/viewer>
6. Подласова, Е. Ю. Эффективность предпосевной обработки семян однолетних культур при производстве зелёных кормов / Е. Ю. Подласова // Животноводство и кормопроизводство. Т. 104. № 1. С. 149. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-predposevnay-robotki-semyan-odnoletnih-kultur-pri-proizvodstve-zelyonyh-kormov/viewer>

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К НОРМИРОВАНИЮ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ**

**Ганина К.Х., Галактионова Л.В., кандидат биологических наук, доцент  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
« Оренбургский государственный университет», Оренбург**

**Аннотация:** В статье рассматривается проблема нормирования содержания тяжелых металлов в почве как ключевой аспект охраны окружающей среды и здоровья человека. Обсуждаются предельно допустимые концентрации (ПДК) и геохимические методы, позволяющие оценить уровень загрязнения и разработать эффективные меры по его снижению. Подчеркивается важность создания целостной системы нормирования и контроля. Приводятся примеры успешного применения методик нормирования, демонстрирующие их эффективность в снижении содержания тяжелых металлов в почвах и повышении продуктивности сельского хозяйства.

**Ключевые слова:** ПДК, нормирование, тяжелые металлы.

Нормирование содержания тяжелых металлов в почве представляет собой важный аспект охраны окружающей среды и здоровья человека. С увеличением антропогенной нагрузки на экосистемы, в частности, вследствие индустриализации, городской застройки и агрономической деятельности, проблема загрязнения почвы тяжелыми металлами стала особенно актуальной. Тяжелые металлы, такие как свинец, кадмий, ртуть и медь, накапливаются в почве и проникают в биохимические процессы растений, что может вызывать не только ухудшение растений, но и негативные последствия для здоровья человека, когда эти растения употребляются в пищу [1].

Понимание предельно допустимых концентраций тяжелых металлов, учитывающих особенности геохимии и экологии конкретных территорий, критически важно для формирования здравоохранительных норм и стабилизации экосистемных услуг. Важно отметить, что степень токсичности металлов зависит не только от их концентрации, но также от способа, которым они взаимодействуют с другими элементами и соединениями в почве. Учитывая высокую степень переработки и миграции этих элементов, важно концептуально осмыслить значения нормирования и его границы, чтобы обеспечить долгосрочную устойчивость экосистем [2].

Отсутствие надежных методик для объективной оценки уровней загрязнения, а также недостаточное внимание к локальным геохимическим условиям привели к тому, что многие почвенные ресурсы остаются неучтенными. Это обстоятельство подчеркивает необходимость систематического подхода к разработке и применению методов нормирования содержания тяжелых металлов в почвах [3].

В связи с продолжающимися изменениями климата и увеличением воздействия человеческой деятельности на окружающую среду, создание и

внедрение целостной системы нормирования и контроля за содержанием тяжелых металлов в почве может стать важным этапом в обеспечении экологической безопасности. Такая система позволит не только снизить риски для здоровья человека, но и способствовать устойчивому развитию сельского хозяйства, а также повысить качество жизни в регионах, подверженных загрязнению[4].

Одной из наиболее распространенных методик является использование предельных концентраций (ПДК), которые были определены на основе биологических и токсикологических воздействий тяжёлых металлов на организмы, находящиеся во взаимодействии с ними. ПДК являются зафиксированными значениями, рекомендованными для здоровья человека и окружающей среды. Например, для кадмия и свинца существуют строгие общепринятые значения, которые варьируют в зависимости от типа почвы и ее назначения [5].

Существует также методика, основанная на геохимическом обзоре, который позволяет определить фоновый уровень содержания тяжёлых металлов в определенной местности. Геохимическая карта региона может помочь сопоставить результаты анализа почвы с нормами, полученными в ходе предшествующих исследований, что обеспечивает более точное нормирование [6].

Современные спектротехнологии, такие как спектрометрия и хроматография пользуются все большей популярностью в области анализа тяжелых металлов. Эти методы позволяют выявить элементы на низких уровнях и точно определить их концентрацию. Спектрометры, работающие в рентгеновском диапазоне, и ядерно - адсорбционные спектрометры помогают исследователям не только выявить степень загрязнения, но и оценить его происхождение, что имеет важное значение, но и оценить его происхождение, что имеет важное значение для последующих мероприятий по оздоровлению экосистем [7].

Изучение и применение методик нормирования содержания тяжелых металлов нашли отражения в различных практических случаях, показывающих как превосходства, так и недостатки этих подходов. Рассмотрим несколько примеров эффективного внедрения методик, а также проанализируем их эффективность и рекомендации по оптимизации.

Одним из классических примеров является использование предельно допустимых концентраций (ПДК) в сельском хозяйстве. В ряде случаев, в области земледелия, применение ПДК позволило значительно понизить уровень содержание свинца и кадмия в различных сельскохозяйственных культурах. Например, в Центральной России на черноземах почвах было установлено, что применение ПДК помогло вычислить границы безопасного использования тех или иных культур, связанных с завышенными накоплением тяжёлых металлов. Это, в свою очередь, позволило улучшить не только качество грунта , но и повысить продуктивность сельского хозяйства [8].

Стойт отметить использование геохимических карт для оценки содержания тяжелых металлов. В одном из проектов на востоке Европы была сделана сделана обширная геохимическая карта, которая позволила реструктуризировать внесение удобрений и минимизировать негативные последствия применения химических препаратов в сельском хозяйстве. Современные технологии дополнительной

реальности и ГИС - технологии обеспечили большее целостный подход, что способствовало гибкому планированию мероприятий по охране окружающей среды. Однако такой подход требует значительных инвестиций в техническом обеспечении и обучении специалистов [9].

При использование методов спектроскопии для определения содержания тяжелых металлов в почве, как показали примеры из практики, получилось существенно сократить время и повысить точность анализов. Такие способы применяются, в частности, в мониторинге загрязненных территорий. В одном из случаев на загрязненной территории в промышленном районе была применена мультиэлементная спектрометрия для комплексного обзора почвы, что позволило выявить ряд загрязняющих элементов. Однако целесообразность применения оборудования ограничивается высокими расходами на его приобретение и обслуживание [10].

В результате проведённого исследования по нормированию содержания тяжёлых металлов в почве, было выявлено, что методическая работа в этом направлении должна учитывать особенности самого элемента, ряд местных почвенно-климатических условий, функциональное назначение территорий, инструментальную базу и квалификацию исследователя.

### Список литературы

1. Теплая Г. А., Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среде // Астраханский вестник экологического образования. – 2013. – №1 (23). – С.182 - 184.
2. Васин Д. В., Современные подходы к нормированию содержания тяжелых металлов в почве // Архивариус. –2021. –№3 (57). – С.8 - 9.
3. Дабахов М. В., Проблемы нормирования содержания химических элементов и соединений в почвах в рамках правоприменительной практик // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2024. №2. – С.73 - 75.
4. Эпова, Е. С. Сравнительный анализ процессов выщелачивания кварц-топаз-вольфрамитовых рудоносных пород и олово-полиметаллических сульфидных руд Шерловогорского месторождения / Е. С. Эпова, О. В. Еремин // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами : Материалы третьей Всероссийской научной конференции с международным участием, Чита, 20–25 августа 2018 года / Ответственные редакторы Л.В. Замана, С.Л. Шварцев. – Чита: Бурятский научный центр Сибирского отделения РАН, 2018. – С. 391 - 393.
5. Кулакова, Л. И. Методические подходы к выявлению и идентификации инновационных рисков / Л. И. Кулакова // Экономические науки. – 2023. – № 219. – С. 9 - 13.
6. Строков С. Н. Методические подходы к построению интегральных индикаторов для оценки развития сельской локальной экономики (на примере Канады) // [Электронный ресурс ]. – Режим доступа: <https://админ.авсэ.рф/Files/ArticleFiles/8c26dd84-3aa6-47e0-a07e-121fb551a28d.pdf>. – 08.09.2025

7. Тихонова А. А., Атомно-абсорбционная спектрометрия в локальном мониторинге тяжелых металлов (на примере твердых осадков) // Природные системы и ресурсы. – 2017. – №1. – С. 34 - 36.
8. Ушакова Е. С., Экологическое состояние почв промышленных территорий (на примере г. Березники, Пермский край) сравнение отечественных и зарубежных методов оценки // Известия ТПУ. – 2020. – №10. – С. 58 - 60.
9. Назаренко Н. Н., Пасечнюк Е. Ю. Различные методические подходы классификации эколого-ценотических групп (на примере флоры сосудистых растений Ханты-Мансийского автономного округа - Югра) // *Acta Biologica Sibirica*. – 2019. – №2. – С. 120 - 121.
10. Пуховский А. В., Рентгенофлуоресцентное определение тяжелых металлов в экологическом мониторинге почв // Природообустройство. – 2013. – №2. – С. 11 - 13.

# **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДИНАМИЧЕСКУЮ ОБМЕННУЮ ЕМКОСТЬ ИОНИТОВ**

**Ганина М.Ю., Ткачева Т.А., кандидат химических наук,  
Левенец Т.В., кандидат химических наук, доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет», г. Оренбург**

**Аннотация:** В статье рассмотрены ключевые факторы, определяющие динамическую обменную емкость (ДОЕ) ионитов, оценивается их влияние на эффективность ионообменных процессов в водоподготовке, в частности на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ).

**Ключевые слова:** динамическая обменная емкость, иониты, температура, влажность, условия хранения.

Динамическая обменная емкость (ДОЕ) – это количество ионов, которое может поглотить единица объема или массы ионита в рабочих условиях до момента «проскока» (появления обмениваемых ионов в фильтрате). ДОЕ учитывает реальные технологические параметры процесса (скорость фильтрации, высоту слоя ионита, концентрацию раствора, температуру, степень регенерации). Неправильные условия хранения ионитов способны существенно снизить их динамическую обменную емкость даже до начала эксплуатации [1].

Температурный режим эксплуатации существенно влияет на кинетику ионного обмена и стабильность функциональных групп. При температурах ниже 5 °C замедляются диффузионные процессы, что увеличивает толщину граничного слоя и снижает рабочую емкость. Превышение температурного предела (обычно от 60 °C до 80 °C для органических ионитов) приводит к термической деструкции функциональных групп и разрыву сшивок в полимерной матрице. Особенно чувствительны к перегреву аниониты, у которых четвертичные аммониевые группы при температурах выше 40 °C начинают подвергаться термическому разложению [2].

Влажность окружающей среды при хранении и эксплуатации влияет на сохранность ионитов и их готовность к работе. Слишком сухие условия (относительная влажность ниже 30 %) вызывают пересыхание поверхностного слоя гранул и образование микротрещин. Повышенная влажность (выше 80 %) способствует развитию микроорганизмов на поверхности ионитов, особенно при наличии органических примесей. Биопленки не только блокируют активные центры, но и выделяют органические кислоты, разрушающие функциональные группы. Оптимальная влажность для хранения большинства ионитов составляет от 50 % до 70 %, при этом упаковка должна обеспечивать защиту от прямого контакта с водой.

В статье будут рассмотрены три типа анионитов – АВ-17-8, Пьюролайт А 400 и АН-31. АВ-17-8 и Пьюролайт А 400 являются сильноосновными, АН-31 – слабоосновный ионит. Иониты Пьюролайт А 400 и АН-31 хранились в

неправильных условиях. Пьюролайт А 400 был заранее подсущен, АН-31 был помещен в охлаждающий термостат и выдерживался при температуре 0 °С. АВ-17-8 эксплуатировался в процессе водоподготовки, в течение долгого времени с соблюдением всех производственных условий.

Рассмотрим последовательность операций для определения ДОЕ [3].

1. Регенерация. Регенерирующий раствор у рассматриваемых ионитов одинаковый – 4% NaOH. Скорость фильтрации составляет 13,3 см<sup>3</sup>/мин. После того, как щелочь прошла весь слой смолы, и концентрация раствора на выходе имеет такое же значение, как у исходного раствора – начинаем замерять объем регенерирующего вещества.

2. Отмывка. Отмывку проводят дистиллированной водой до слабощелочной реакции по фенолфталеину (остаточная щелочность – 0,2 мг-экв/дм<sup>3</sup>). Скорость отмычки составляет 13,3 см<sup>3</sup>/мин.

3. Насыщение. Растворы насыщения у сильноосновных и слабоосновных ионитов различаются. У сильноосновных – хлорид натрия, концентрацией 0,01 н, у слабоосновных – соляная кислота, концентрацией 0,0035 н. Скорость фильтрации составляет 33 см<sup>3</sup>/мин.

У сильноосновных ионитов по мере насыщения отбирают пробу фильтрата и титруют раствором серной кислоты концентрации 0,1 н в присутствии фенолфталеина. При снижении щелочности на 0,7 мг-экв/дм<sup>3</sup> насыщение прекращают. У слабоосновных отбирают пробу и добавляют смешанный индикатор – при появлении сиреневого цвета (остаточная концентрация не более 0,1 мг-экв/дм<sup>3</sup>) насыщение прекращают и замеряют ушедший объем.

Качество анионита АВ-17-8 по результатам проведенных испытаний соответствует установленным требованиям, несмотря на некоторое отклонение показателя динамической обменной емкости (ДОЕ) от нормативного значения. Экспериментально установленная величина ДОЕ составила 747 мг-экв/дм<sup>3</sup> при нормативе 780 мг-экв/дм<sup>3</sup>, что соответствует 95,8% от требуемого значения. Согласно технической документации (ГОСТ 20301-74 «Аниониты. Технические условия»), допустимое снижение динамической обменной емкости составляет до 50% от паспортного значения, что делает полученные результаты вполне приемлемыми для эксплуатации.

Для наглядности рассмотрим гранулы ионита АВ-17-8. Гранулы сферической формы светло-коричневого цвета, можно заметить трещины и осколки, но их незначительное количество (рисунок 1).

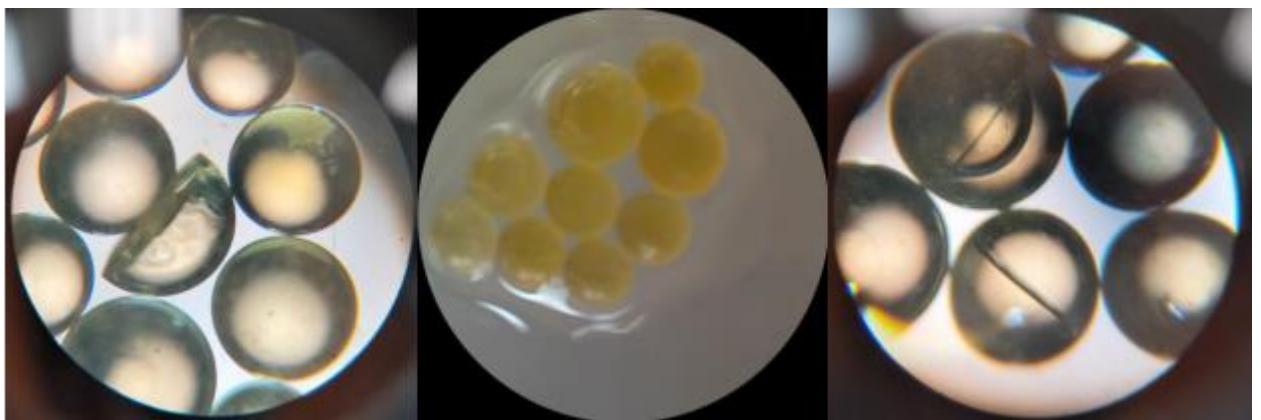


Рисунок 1 – Гранулы ионита АВ-17-8

Проведенные испытания анионита Пьюролайт А 400 показали значение динамической обменной емкости  $528 \text{ мг-экв}/\text{дм}^3$  при паспортном номинальном значении  $790 \text{ мг-экв}/\text{дм}^3$ , что составляет 66,8 % от заявленной производителем емкости. Согласно техническим регламентам (технический паспорт Purolite A 400, стандарт ASTM D2187), допустимое снижение рабочей емкости не должно превышать 50 % от паспортного значения при соблюдении условий эксплуатации. Полученное значение ДОЕ формально соответствует допустимым нормам (допуск до  $395 \text{ мг-экв}/\text{дм}^3$ ), однако можно заметить значительное отклонение. К тому же при потере влаги на поверхности гранул концентрируются заряженные функциональные группы, создающие сильные электростатические поля, которые «притягивают» мельчайшие частицы грязи и коллоидные примеси. Одновременно в иссушенной смоле образуются микропоры, в которые попадают загрязнения за счет капиллярных сил. Это приводит к серьезным эксплуатационным проблемам – увеличивается сопротивление слоя, требуя больше энергии для прокачки воды; ускоряется износ гранул, появляется мелкая пылевая фракция; загрязнения мешают нормальному ионному обмену, ухудшая качество очистки.

Чтобы избежать этих проблем, важно хранить смолу при оптимальной влажности от 45 % до 55 %.

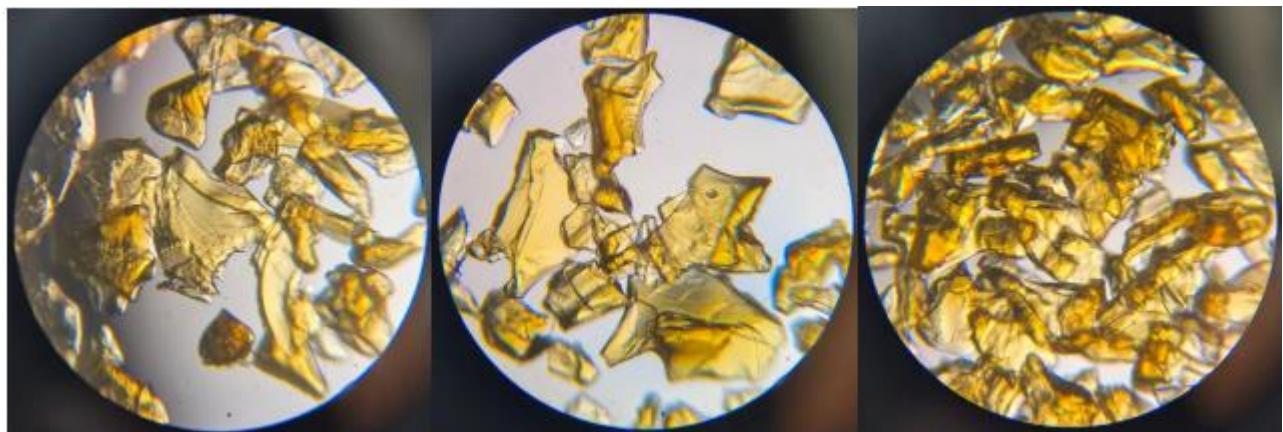
Для наглядности рассмотрим гранулы ионита Пьюролайт А 400. Гранулы сферической формы светло-желтого цвета, гранулы целые, но присутствуют сторонние примеси — наблюдается значительное повышение сорбционной активности пересушенных ионообменных смол в отношении механических загрязнений и коллоидных частиц (рисунок 2).



Рисунок 2 – Гранулы ионита Пьюролайт А 400

Проведенные испытания анионита АН-31 показали значение динамической обменной емкости 364 мг-экв/дм<sup>3</sup> при паспортном номинальном значении 1280 мг-экв/дм<sup>3</sup>, что составляет всего 28,4 % от заявленной производителем емкости. Согласно техническим регламентам, допустимое снижение рабочей емкости не должно превышать 50 % от паспортного значения, что делает полученные результаты неудовлетворительными. Основной причиной столь существенного отклонения стало неправильное хранение материала при температуре 0 °С. Кристаллизация остаточной влаги в порах смолы вызвала механическое повреждение гранул (трещины и сколы), что подтверждается увеличением мелкодисперсной фракции при гранулометрическом анализе.

Для наглядности рассмотрим гранулы ионита АН-31. Гранулы неправильной формы светло-коричневого и желтого цвета, все гранулы с трещинами и осколками (рисунок 3).



Проведенные исследования трех типов ионообменных смол (АВ-17-8, Пьюролайт А 400, АН-31) позволили выявить ключевые факторы, оказывающие значительное влияние на их динамическую обменную емкость. Анализ отклонений ДОЕ от паспортных значений показал, что основными причинами снижения рабочей емкости является нарушение условий хранения.

Хранение при 0°C (АН-31) привело к кристаллизации влаги, механическому разрушению гранул и потере 71,6 % емкости.

Пересушка (Пьюролайт А 400) увеличивает сорбцию загрязнений, снижая ДОЕ на 33,2 %.

#### Список литературы

1. Когановский, А. М. Ионообменная сорбция и очистка вод / А. М. Когановский. – Киев: Наукова думка, 1980. – 256 с.
2. Петров, С. А. Влияние температуры на динамическую емкость анионитов / С. А. Петров, В. К. Иванова // Журнал прикладной химии. – 2015. – Т. 88, № 5. – С. 723–728.

3. ГОСТ 10896-78 Смолы ионообменные. Методы определения обменной емкости. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 18 с.

4. СТО ВТИ 10-001-2007 Водоподготовка для тепловых электростанций. Нормы качества воды. – М.: ВТИ, 2008. – 45 с.

# **ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МЕДИЦИНЕ: СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

**М.В. Гиндер, кандидат медицинских наук  
СПб ГБУЗ «Городская поликлиника №43», г. Санкт-Петербург**

**Аннотация.** В статье рассматриваются актуальные направления химико-биологических исследований в медицине, включая разработку новых лекарственных препаратов, изучение молекулярных механизмов заболеваний, применение нанотехнологий и биоматериалов. Особое внимание уделено междисциплинарному подходу, объединяющему химию, биологию и медицину для решения ключевых задач диагностики и терапии. Приведены примеры успешных исследований, а также перспективы развития данной области.

**Ключевые слова:** химико-биологические исследования, медицина, фармакология, наномедицина, биоматериалы, молекулярная диагностика, лекарственные препараты.

Современная медицина находится на этапе активного развития, что во многом обусловлено прогрессом в химико-биологических исследованиях. Интеграция химии, биохимии, молекулярной биологии и медицины позволяет разрабатывать инновационные методы диагностики и лечения заболеваний.

Химико-биологические исследования охватывают широкий спектр направлений: синтез и модификация биологически активных соединений, изучение молекулярных основ патологий, разработку новых лекарственных форм, применение нанотехнологий в терапии, создание биосовместимых материалов.

Данная статья посвящена анализу современных достижений и перспектив химико-биологических исследований в медицине.

**1. Разработка новых лекарственных препаратов. Химический синтез и модификация биологически активных соединений.** Современная фармакология базируется на целенаправленном синтезе и оптимизации молекул с заданными свойствами. Используются методы: компьютерного моделирования (*in silico*), высокоэффективного скрининга (HTS), комбинаторной химии. Примеры успешных разработок: ингибиторы киназ для лечения онкологических заболеваний (иматиниб, осимертиниб), антиретровирусные препараты (ингибиторы интегразы ВИЧ), антибиотики нового поколения (тейксобактин).

**Биотехнологические подходы в создании лекарств.** Генно-инженерные технологии позволяют получать: рекомбинантные белки (инсулин, моноклональные антитела), вакцины (мРНК-вакцины против COVID-19), терапию на основе CRISPR/Cas9. Понимание развития биопленок может помочь в разработке новых стратегий борьбы с биопленками, особенно в контроле и лечении биопленок, связанных с хроническими заболеваниями [1].

**2. Молекулярные механизмы заболеваний и персонализированная медицина. Омиксные технологии.** Геномные, протеомные и метаболомные исследования позволяют выявлять молекулярные маркеры заболеваний.

Например: идентификация мутаций в генах BRCA1/2 при раке молочной железы, анализ метаболических нарушений при сахарном диабете.

*Персонализированный подход к лечению.* Фармакогеномика изучает влияние генетических особенностей на эффективность лекарств. Примеры: подбор дозы варфарина на основе полиморфизмов CYP2C9, использование таргетной терапии при меланоме (вемурафениб для пациентов с мутацией BRAF V600E).

**3. Нанотехнологии в медицине. Наноносители для доставки лекарств.** Липосомы, полимерные наночастицы и дендримеры повышают биодоступность и снижают токсичность препаратов. Примеры: липосомальные формы доксорубицина (Doxil), наночастицы для доставки siRNA.

**Наносенсоры и диагностика.** Квантовые точки и магнитные наночастицы применяются для: ранней диагностики рака, мониторинга уровня глюкозы, детекции патогенов. Нетоксичность, противовирусная эффективность и биофункциональная способность наночастиц серебра представляют собой колоссальные возможности их использования в медицине [2]. Наночастицы золота и серебра и их соответствующие ионы взаимодействуют с внеклеточной и клеточной ДНК и РНК в биопленках посредством множества типов взаимодействий и достигают antimикробной активности [3].

**4. Биоматериалы и тканевая инженерия. Биосовместимые материалы** - разрабатываются полимеры и керамики для: имплантов (титановые покрытия с гидроксиапатитом), каркасов для регенерации тканей. 3D-биопечать - создание искусственных органов и тканей с использованием: гидрогелей, стволовых клеток, биочернил. Интеграция передовых методов синтетической биологии, аналитической химии и генной инженерии позволяет углубленно изучать молекулярные механизмы функционирования клеток, а также разрабатывать инновационные подходы к диагностике, терапии и экологической безопасности [4].

*Перспективы развития химико-биологических исследований:* развитие *искусственного интеллекта* для drug discovery, создание *синтетической биологии* для производства новых терапевтических агентов, разработка *биогибридных систем* (имплтанты с функцией мониторинга). В области научных исследований аналитическая деятельность предполагает, помимо прочего, формирование и актуализацию перечня приоритетных направлений исследований в сфере охраны здоровья, в том числе разработок персонифицированных подходов в медицине [5].

Химико-биологические исследования играют ключевую роль в развитии современной медицины. Интеграция фундаментальной науки и клинической практики открывает новые возможности для диагностики и лечения заболеваний. Дальнейшее развитие этой области требует междисциплинарного подхода и внедрения инновационных технологий.

#### Список использованных источников

1. Гиндер, М. В. Микробные биопленки / М. В. Гиндер // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 26–27

января 2022 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2022. – С. 2789-2793. – EDN CSWOJ.

2. Гиндер, М. В. Характеристика биопленок. Противовирусное действие наночастиц серебра (литературный обзор) / М. В. Гиндер, К. В. Кудашева // Современные наука и образование: достижения и перспективы развития : Сборник трудов по материалам III Национальной научно-практической конференции, Керчь, 15–16 мая 2023 года / Редколлегия: Е.П. Масюткин [и др.]. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2023. – С. 150-155. – EDN PHIBPA.

3. Гиндер, М. В. Взаимодействие наночастиц серебра и золота с нуклеиновыми кислотами биопленок / М. В. Гиндер, К. В. Кудашева // Общество, образование, наука в современных парадигмах развития : материалы IV Национальной научно-практической конференции, Керчь, 09–10 ноября 2023 года. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2023. – С. 208-212. – EDN EKUQSZ.

4. Курбонова, Х. Новые горизонты в биологии благодаря химическим технологиям и биоинженерии / Х. Курбонова // Вестник педагогического университета. Серия естественных наук. – 2025. – № 1(25). – С. 137-144. – EDN QAMYSG.

5. Готье, С. В. Приоритетные направления научных исследований в области трансплантологии, искусственных органов и регенеративной медицины / С. В. Готье // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2019. – Т. 21, № 2. – С. 5-6. – EDN CDVFAL.

# **МИКРОБНЫЙ ПЕЙЗАЖ ПРИ РАНЕВЫХ ИНФЕКЦИЯХ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ТЕРАПИИ В СВЕТЕ ПОПЕРЕЧНОГО ПРАКТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ДАННЫХ**

**Говорова В.Д.; Дроздова Е.А., кандидат биологических наук, доцент;  
Жальских К.А.; Здорова А.А.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** В статье представлены результаты краткосрочного исследования-анализа клинических данных по лабораторной диагностике раневых инфекций в профильной медицинской организации города Оренбурга. С учетом результатов исследования составлен перечень наиболее перспективных технологий лечения инфекций раневых поверхностей.

**Ключевые слова:** микробиология, раневые инфекции, хирургия, физиотерапия

Проблема инфицирования ран бактериальной флорой, как основного осложнения хирургической патологии, становится сейчас актуальной в связи с усилением свойств патогенности, антибиотикорезистентности и устойчивости микроорганизмов к дезинфектантам. Актуальность проблемы обусловлена также ростом случаев травматизма, в том числе и ранений, полученных бойцами в зоне специальной военной операции (СВО).

Особую опасность представляет инфицирование бактериальной флорой у пациентов с обширными ожогами и послеоперационными ранами. Для определения возможных особенностей раневых инфекций в Оренбургской области было проведено краткосрочное исследование-анализ клинических данных по лабораторной диагностике раневых инфекций в летний период (выбор периода исследования обусловлен освобождением почвенных покровов от сугенических масс, что может оказывать сезонное влияние на структуру перечня выявленных возбудителей).

В микробиологической лаборатории на базе ГБУЗ «ГКБ № 2» бактериологическим методом было исследовано 45 проб отделяемого гнойных ран пациентов ГАУЗ «ГКБ № 4», доставленных из ожогового отделения, а также из отделений экстренной и плановой травматологии. Число положительных проб составило 31, а число отрицательных было равно 14. Из раневого отделяемого пациентов ГАУЗ «ГКБ № 4» были выделены 6 видов микроорганизмов: *S.aureus*, *S.epidermidis*, *P.mirabilis*, *P.mirabilis*, *S.saprophyticus* и *P.vulgaris* (таблица1).

Таблица 1 – Видовой состав микроорганизмов отделяемого гнойных ран пациентов ГАУЗ «ГКБ №4» г. Оренбурга

Микроорганизм	Количество проб	Процентное выражение
<i>S. aureus</i>	15	48,4 %
<i>S. epidermidis</i>	7	22,6 %
<i>P. mirabilis</i>	4	13 %
<i>P. aeruginosa</i>	2	6,45 %
<i>S. saprophyticus</i>	2	6,45 %
<i>P. vulgaris</i>	1	3,2 %

Анализируя видовой состав микробного пейзажа исследованных образцов, можно отметить, что золотистый стафилококк обнаружен в наибольшем количестве проб. В микробном пейзаже гнойных ран у пациентов ГАУЗ «ГКБ № 4» преобладает стафилококковая флора. Возбудители раневых инфекций, источником которых является почва, выявлены не были.

Основным возбудителем раневой инфекции по данным исследования стал золотистый стафилококк. Носителями золотистого стафилококка являются 40 % населения [1]. Он вызывает развитие флегмон и абсцессов, а также инфицирует хирургические и ожоговые раны, препятствуя их заживлению, устойчив к высушиванию, экстремальным температурам, химическим агентам и к действию многих антибиотиков, особенно к пенициллину (80 % – устойчивые штаммы). Экзотоксины золотистого стафилококка – гемолизины, цитотоксин – вызывает агрегацию тромбоцитов, лейкоцидин – подавляет нейтрофилы и макрофаги и эксфолиатин – приводит к повреждению и отслойке кожи.

Продукты метаболизма золотистого стафилококка, токсически действующие на организм – коагулаза (вызывает образование сгустка плазмы), липазы (разрушают липиды клеточных структур, благодаря чему стафилококки способны к инвазии здоровой кожи), гиалуронидаза (повышает проницаемость тканей) и стафилокиназа (растворяет сгустки фибрина и приводит к кровотечениям).

Второе место по распространенности занимают псевдомонады, главным образом синегнойная палочка – *P. aeruginosa*. Они преобладают в структуре возбудителей экзогенной послеоперационной и послеожоговой раневой инфекции, возникшей в условиях стационара (нозокомиальная инфекция) [2].

Синегнойная палочка синтезирует гидролитические и протеолитические ферменты, а также благодаря чувству кворума (способность координировать поведение между бактериями для адаптации к окружающей среде) может продуцировать слизь, защищающую её от действия большинства антибиотиков и дезинфектантов.

Значительно реже встречается раневая инфекция, вызванная энтеробактериями. Она является в большинстве случаев эндогенной [3]. Её причина – дисбиоз в желудочно-кишечном тракте, при котором количество бактерий превышает нормальные значения, и они попадают в кровь и ткани. Среди энтеробактерий причиной раневой инфекции чаще становятся *P. mirabilis* и *P. vulgaris*. Факторами вирулентности протеев являются липополисахарид клеточной стенки и протеолитическая активность (протеазы), которая проявляется

образованием сероводорода. Также протеи вырабатывают такие экзотоксины, как гемолизины и гемагглютинины.

Выделенные в процессе лабораторной диагностики микроорганизмы не отличались по ферментативным свойствам от микроорганизмов, выделенных при аналогичных исследованиях, проводимых в других регионах [4]. Однако была обнаружена высокая степень антибиотикорезистентности *P. aeruginosa* и *P. mirabilis*. Эта особенность значима для выбора средств лечения нагноительного процесса в ране – внимание следует перенаправить с фармакологических на альтернативные инструменты терапии.

В связи с широким распространением явления устойчивости микроорганизмов на первый план в области химических и фармакологических средств профилактики и лечения раневых инфекций выходят работы по поиску новых молекул с антибактериальным действием [5]. Перспективными в этом отношении могут являться ионные формы металлов, компоненты растительного иммунитета и ферменты микроорганизмов, включая грибы.

Среди биологических методов терапии перспективными являются бактериальные препараты, содержащие культуры, антагонистически действующие на болезнестворные микроорганизмы [6]. Перспективны также коррекция дисбиотических нарушений и повышение иммунного статуса пациентов, регуляция местного иммунитета раневой области.

Физические методы терапии раневых инфекций сейчас рассматриваются многими специалистами, как основа для инновационных разработок. В клиническую практику активно внедряются методики лечения с применением лазерного излучения, электрического тока и медицинских газов [7-8]. Данное направление требует проведения масштабных комплексных работ, включающих инженерный поиск и клинические испытания. Однако результат может окупить весь спектр затраченных ресурсов – вывод на рынок новых медицинских изделий, созданных в ходе междисциплинарных исследований, позволит поднять общероссийский уровень медицинской помощи при раневых инфекциях, снизить число осложнений и повысить качество жизни пациентов, в том числе и военнослужащих.

#### Список литературы

1. Маслов Ю. Н., Галымова Л. А., Пономарев А. Ю. Коагулазоотрицательные стафилококки как возбудители инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи.
2. Доценко Ю. М., Доценко В. А., Завидовская К. В. Современные особенности микробиологии раневой инфекции //Горизонты биофармацевтики. – 2023. – С. 227-229.
3. Черняк Л. А. видовой состав микрофлоры раневого содергимого при флегмонах челюстно-лицевой области и шеи //Оториноларингологические чтения. – 2021. – С. 70-72.
4. Ставчиков Е. Л. и др. Этиология и антибиотикорезистентность микрофлоры у пациентов с гнойными ранами //Журнал Гродненского

государственного медицинского университета. – 2025. – Т. 23. – №. 3. – С. 254-260.

5. Сидоренко А. В. и др. Раневые покрытия на основе хитозана с иммобилизованными бактериофагами для лечения инфицированных ран //Science and innovation. – 2023. – Т. 2. – №. Special Issue 8. – С. 171-172.

6. Королёв Д. В., Плехова Н. Г., Шуматов В. Б. Местное лечение инфицированных ран в зависимости от фазы раневого процесса //Медико-фармацевтический журнал «Пульс». – 2023. – Т. 25. – №. 7. – С. 69-75.

7. Кузнецов М. С. и др. Влияние комбинированного метода воздушно-плазменных потоков и NO-терапии на показатели системы крови при лечении инфекционных раневых осложнений в кардиохирургии //Раны и раневые инфекции. Журнал имени профессора БМ Костючёнка. – 2021. – Т. 8. – №. 1. – С. 30-40.

8. Тагабилев Д. Г. и др. Физические методы воздействия на раневой процесс-шаг вперед //Курортная медицина. – 2024. – №. 4. – С. 62-70.

# **НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРОФИЛАКТИКИ БЕССОННИЦЫ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ**

**Гуць А.В.**

**Врач-невролог ЧУЗ КБ «РЖД МЕДИЦИНА» Г. ОРЕНБУРГ.**

**Аннотация:** В статье рассмотрены некоторые предпосылки возникновения бессонницы в современном обществе и предложены рекомендации профилактического характера.

**Ключевые слова:** *инсомния, профилактика, гигиена сна, здоровый образ жизни*

В условиях быстротечности современного времени человек должен много успеть и справиться с большим количеством разнообразных задач. По этой причине часто отодвигаются естественные биологические потребности на второй план.

Ввиду интенсивности человеческого бытия врачи-неврологи нередко сталкиваются с жалобами пациентов на невозможность уснуть в ночное время суток, а как следствие, на невозможность полноценно отдохнуть. Казалось бы, это личностная проблема... Нет...

Полноценный отдых положительно влияет на работоспособность человека, эффективность принимаемых профессиональных решений. Поэтому профилактика бессонницы является важным направлением в охране здоровья населения.

Инсомния – это патологическое состояние (по-другому говорят – бессонница), в результате которого человек испытывает затруднения с засыпанием и уменьшается количество и качество сна, и качество ночного отдыха, приводящее к дальнейшему истощению организма и возникновению различных проблем с физическим и ментальным здоровьем.

На сегодняшний день актуальность данной проблемы имеет колossalный масштаб, в эпоху быстрого развития общества, надвигающегося информационно-технологического прогресса, все чаще люди сталкиваются с подобной проблемой, неуклонно проводящей к дисбалансу организма в целом.

В медицине к причинам бессонницы относят многое, но лидирующие позиции занимает стресс. Он приводит, как следствие, к тревожным и депрессивным расстройствам личности, выступает как собирательное понятие различного рода неврологических нарушений и, может возникать по различным причинам.

В ситуациях, не являющихся привычными и благоприятными для человека, нарушаются химические процессы организма. К примеру, организм людей, находящихся в разбалансированном состоянии, начинает вырабатывать гормоны, такие как адреналин и норадреналин, отвечающие за реакцию «бей или беги». Данная реакция является естественным биологическим ответом на происходящую опасную ситуацию. В результате реакции организма может произойти мышечный спазм, повышение артериального давления и многое другое. Особо чувствительные натуры могут падать в обморок (что является частью

биологической функции самосохранения живого существа по принципу «лежачего не бьют»).

Большую роль в формировании стрессового состояния играет кортизол, он же «гормон стресса». При резком подъеме кортизола, в особо волнительных случаях, так же происходит сбой деятельности нервной системы. Как следствие происходит повышение уровня сахара в крови, усиливается частота сердечных сокращений, пищеварение замедляется, повышается артериальное давление. Пребывание долгое время организма в таком состоянии приводит к «разбалансировке» работы внутренних органов, нарушению циркадных ритмов. В итоге может нарушиться регуляция сна и бодрствования.

К причинам бессонницы может привести так же и несоблюдение режима сна или нарушение циркадных ритмов. Произойти это может по разным причинам, к примеру, при работе в ночную смену, при позднем засыпании, при смене часовых поясов.

Всегда было важно соблюдать режим сна и бодрствования. Несоблюдение или нарушение биологических ритмов неуклонно приводят к тому, что организм не успевает «понять», когда пора спать и уже можно расслабить нервную систему.

Рассматривая бессонницу в современное время, нельзя игнорировать множество других причин, возможного появления бессонницы, например, постковидный синдром, который подтвержден многочисленными исследованиями.

Предпосылкой бессонницы могут стать: активная умственная деятельность перед сном, малоактивный образ жизни; некомфортные условия для сна и многое другое. Именно по этой причине врачи рекомендуют не работать интеллектуально в позднее вечернее время, не смотреть фильмы, могущие активизировать деятельность нервной системы.

Нивелирование инсомнии правильнее всего рассматривать со стороны комплексного подхода, основывающегося на медикаментозной терапии и на не медикаментозных способах профилактического характера. Обращаю внимание, что медикаментозные способы рекомендуется использовать **строго** по назначению врача.

Для охраны здоровья населения достаточно знать меры профилактического характера и использовать их во благо своему организму.

При профилактике бессонницы врачи рекомендуют, прежде всего, соблюдать гигиену сна. Она предполагает выполнение некоторых действий, а именно: человеку важно избегать дневного сна; следует отказаться от курения и употребления алкоголя; исключить перед сном употребление кофеина содержащих напитков.

Рекомендуется ежедневная умеренная физическая активность, к примеру, прогулка на свежем воздухе. Кислородное обогащение, которое она обеспечит позитивно скажется на качестве сна. Прогулка рекомендуется не менее, чем за 2 часа до сна. Она может быть неспешной, не будоражащей нервную систему.

Позитивно использование различных способов релаксации: йога, медитация и т.д.

Особая рекомендация связана с использованием водных процедур перед сном, где температура воды должна быть комфортной, до ощущения мышечного расслабления.

Возможно использование ароматических масел, настоя мяты, валерианы (при отсутствии противопоказаний).

Ароматерапию, медитацию и йогу можно отнести к альтернативным методам профилактики бессонницы. К ним же в медицинских кругах иногда относится и акупунктура. Но, по нашему мнению, ее следует рассматривать больше не как профилактическую меру, а как лечебную, поскольку имеется вмешательство лицензированного специалиста, обладающего специальными знаниями в этой области. Акупунктура, как альтернативный метод лечения бессонницы весьма эффективен. Он может служить и профилактикой невротических расстройств, вытекающих из развивающейся инсомнии.

Рассматривая профилактические мероприятия, нивелирующие бессонницу, следует затронуть когнитивно-поведенческую терапию, которая является эффективным методом, направленным на изменение негативных мыслей и поведения, связанных со сном. Этот психолого-терапевтический подход включает идентификацию и изменение негативных убеждений о сне. Подразумевает обучение техникам релаксации, установление здоровых привычек сна, что требует системной работы с индивидуальным мышлением и тренировкой когнитивно-поведенческих привычек.

Профилактика бессонницы служит важной составляющей грамотной организации гигиены сна.

При несоблюдении элементарных правил, нарушается деятельность нервной системы, после чего требуется лечение.

Лечение и инсомнии требует индивидуального подхода и может включать комбинацию различных методов. Если бессонница становится хронической или существенно влияет на качество жизни, важно обратиться за помощью к специалисту. Психотерапевты, сомнологи и врачи общей практики могут помочь определить причины бессонницы и предложить соответствующее лечение. Помните, что здоровый сон – это основа общего здоровья и благополучия.

#### Список литературы

1. Полуэктов М.Г. Современные представления о природе и методах лечения инсомнии // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2012. – Т. 98. – №10. – С. 1188–1199.
2. Левин Я.И. Инсомния: современные диагностические и лечебные подходы. М.: Медпрактика-М, 2005. – 116 с
3. Морозова Л.Г., Рассказова Е.И., Посохов С.И., Ковров Г.В. Режим сна в реабилитации у больных с инсомнией // Медикосоциальная экспертиза и реабилитация. – 2012. – № 1. – С. 8–13

# **ПРОГРАММА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ С ПОМОЩЬЮ МИКРООРГАНИЗМОВ**

**Давыдова О.К.<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, доцент, Никиян Т.А.<sup>1,2</sup>,  
студент**

**<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»,**

**<sup>2</sup>Автономная некоммерческая образовательная организация высшего  
образования «Научно-технологический университет «Сириус»**

**Аннотация.** Использование программного продукта, предоставляющего возможность выбора оптимальной технологии для переработки отходов с помощью микроорганизмов-деструкторов, представляет собой перспективный подход к решению экологических проблем. Дальнейшие исследования в этой области могут привести к разработке новых эффективных методов биоремедиации и улучшению состояния окружающей среды.

**Ключевые слова:** *переработка отходов, база данных, микроорганизмы-деструкторы.*

В условиях глобальных экологических проблем, связанных с накоплением отходов и истощением природных ресурсов, разработка эффективных технологий переработки и утилизации становится жизненно важной задачей и открывает новые горизонты в области устойчивого развития и экологии.

В соответствии с действующим законодательством России, предприятия, образующие отходы, должны разрабатывать планы по обращению с отходами [1]. Во многих случаях отходы передаются перерабатывающим компаниям для уменьшения их опасных свойств; разделения на отдельные компоненты, некоторые или все из которых могут быть пригодны для дальнейшего использования или переработки, сокращения количества отходов, направленных на хранение/захоронение; а также для преобразование отходов в полезный продукт [2].

По аналогии с существованием множества видов отходов, существует и множество способов переработки отходов. Например, имеется, по крайней мере, 50 экономически целесообразных технологий по переработке опасных отходов [3]. Самым простым способом уничтожения отходов является их сжигание. Но в подавляющем числе случаев отходы либо имеют жидкую консистенцию, либо в процессе горения выделяется огромное количество токсических веществ, обезвреживание которых требует больших затрат, которые не могут компенсировать в ряде случаев выбранный способ уничтожения [4]. Поэтому особое значение имеют способы микробиологической переработки отходов как самые экономичные и экологичные.

В частности, примерами микробиологических технологий могут быть: 1) деградация отдельных видов отходов с помощью специализированных культур микроорганизмов или их сообществ; 2) введение специально подобранных

культур в обычные системы переработки отходов; 3) ликвидация и обезвреживание разливов нефти; 4) извлечение металлов; 5) биологическая очистка газов от пахучих и вредных соединений (меркаптанов, сероводорода, цианида, хлорзамещенных углеводородов и т.д.); 6) получение биомассы из отходов; 7) превращение отходов в метан.

Также на объектах по переработке отходов также может использоваться комбинация нескольких технологий, что делает выбор используемых микроорганизмов для оптимального способа переработки еще более сложным.

На данный момент выбор микробиологической технологии является достаточно трудоёмким процессом, который осуществляется путем анализа разрозненных литературных источников или посредством проведения длительных лабораторных исследований. Поэтому чрезвычайно интересным представляется возможность использования программных продуктов и искусственного интеллекта для упрощения процесса выбора и внедрения наиболее подходящих технологий.

В связи с чем целью данного проекта является создание программного продукта, направленного на подбор оптимальных технологий преобразования отходов в ценные ресурсы с помощью микроорганизмов.

Для создания базы данных микробиологических технологий, к которым может обращаться программа, проведен обзор данных из открытых источников (научные статьи, патенты и др.), в которых выделены 45 технологий с использованием разнообразных микроорганизмов-деструкторов на предмет поиска технологий переработки различных видов промышленных отходов с целью получения дополнительных полезных продуктов за счет использования микробиологической трансформации.

Программа написана на языке программирования C sharp (C#) и позволяет как пополнять базу данных известными технологиями микробиологической трансформации веществ, так и подбирать наиболее выгодные с точки зрения меньшей экологической нагрузки и максимальной экономической выгоды для конкретного вида промышленного отхода пары сырье-получаемый продукт, что по сути реализует рециклинг отходов, доразлагая и извлекая пользу из любого вида отходов.

Программа предлагает использование различных микроорганизмов-деструкторов и содержит описание условий использования технологии и ссылки на литературный источник для более подробного ознакомления (рисунок 1).

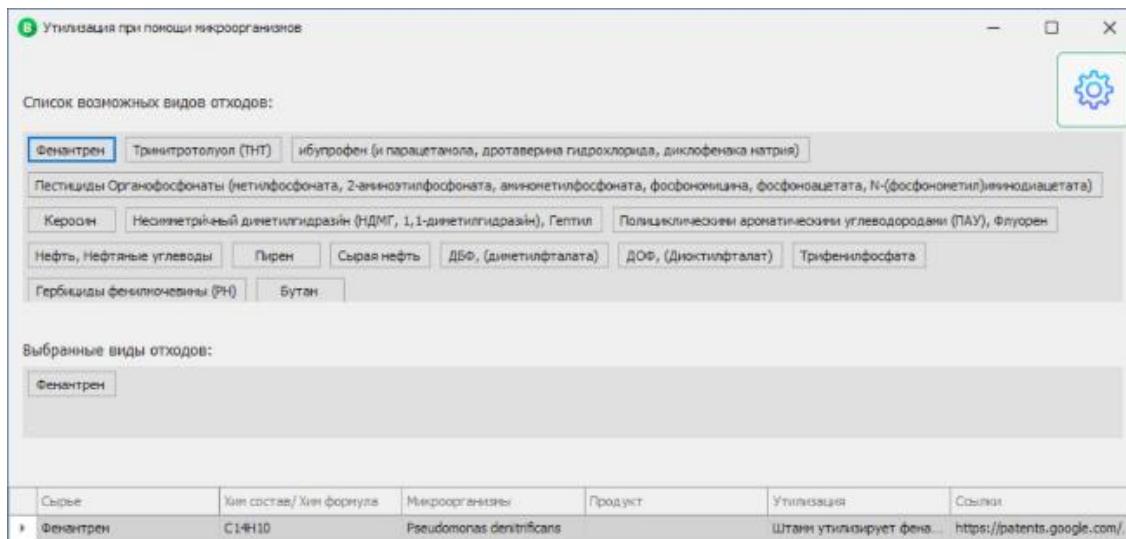


Рисунок 1 – Рабочее окно программы

Предлагаемый подход в виде использования программного продукта для выбора оптимальной технологии переработки отходов также может быть масштабирован до разработки технологической платформы с использованием искусственного интеллекта.

Таким образом, разработка программного продукта, который поможет быстро подбирать оптимальный состав микроорганизмов для биодеградации отходов, имеет высокую научную и практическую значимость.

#### Список литературы

1. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24 июня 1998 года № 89-ФЗ.
2. Правила обращения с отходами, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 10 сентября 2012 года № 901.
3. Пособие в области охраны окружающей среды и природопользования «Охрана окружающей среды и природопользование. Наилучшие доступные технические методы для переработки отходов», утвержденное постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 08.06.2009 № 38.
4. Инженерная экология. Переработка органических отходов: учебное пособие / А.Н. Иванкин. А.Д. Неклюдов, С.М. Тарасов, Ю.Н. Жилин. – М.: ГОУ ВО МГУЛ, 2016. – 400 с.

# **РАЗРАБОТКА ДИАЛОГОВОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ВЫБОРЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

**Давыдова О.К.1, кандидат биологических наук, доцент, Никиян Т.А.<sup>1,2</sup>,  
студент**

**<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»,**

**<sup>2</sup>Автономная некоммерческая образовательная организация высшего  
образования «Научно-технологический университет «Сириус»**

**Аннотация.** В работе предлагается модель чат-бота «Ingredium» для персонализированного рекомендательного сервиса в области питания. Подход использует открытую платформу GigaChat для создания интерактивного прототипа, включающего модель машинного обучения для адаптивного взаимодействия, отвечая на запросы о питании и составе продуктов.

**Ключевые слова:** диалоговый чат-бот, поиск пищевых продуктов, возможности искусственного интеллекта.

В последние годы диалоговые системы стали более распространенными, благодаря чему диалоговые агенты стали более функциональными и все более распространенными в нашей повседневной жизни. Исторически сложилось так, что общение с компьютером или машиной посредством текста или голоса существует уже давно. Создание машины, способной говорить, понимать речь и демонстрировать интеллектуальное поведение, было частью коллективной мечты еще задолго до 1700-х годов, но серьезные научные попытки воспроизвести и понять человеческую речь были предприняты только в конце 1950-х годов [1]. Сегодня мы видим, как различные компании по всему миру соревнуются в создании самого эксклюзивного, компетентного и отзывчивого диалогового агента. Примерами голосовых помощников, основанных на искусственном интеллекте, являются Siri (Apple), Google Assistant, Amazon Alexa и Cortana (Microsoft), так и российские, такие как «Алиса» (Яндекс), «Маруся» (VK) и «Салют» (Сбер). Эти ассистенты используются на смартфонах, в умных колонках, телевизорах и других устройствах. Недавние статистические данные показывают, что база пользователей платформы ChatGPT превысила 400 миллионов активных пользователей [2]. Общая черта этих устройств заключается в том, что они позволяют пользователям формулировать свои потребности, используя предпочтаемый язык и обладают способностью отвечать или предпринимать соответствующие действия. Таким образом, благодаря такому сотрудничеству между людьми и машинами, люди с ограниченным набором навыков и знаний получают множество возможностей для выполнения различных задач: от ответов на вопросы и управления умным домом до поиска информации и развлечений.

Обращения к искусственному интеллекту (ИИ) по вопросам питания – это одна из самых частых и растущих категорий запросов, связанная с популярностью темы здоровья в целом. Запросы о питании к ИИ имеют несколько ключевых

особенностей, которые отличают их от других тем, что имеют высокую степень персонализации, требуют эмоциональной поддержки и помочь в принятии ежедневных решений. Это делает разработку диалоговых систем для данной области одновременно очень перспективной и чрезвычайно ответственной в случае поддержки здорового питания и поиска быстрых решений в случае пищевых ограничений.

Целью данной работы является разработка и развертывание бота «Ingredium», помогающего пользователям разбираться в составах продуктов. Бот работает как личный помощник по питанию, анализируя список ингредиентов в продукте и ища вредные добавки, консерванты и то, на что у человека может быть аллергия.

Также бот производит оценку вредности продукта. Была придумана простая шкала от 1 до 10, чтобы можно было быстро понять, насколько продукт потенциально небезопасный.

Бот способен запоминать информацию о человеке: на что у него аллергия, какой диеты он придерживается, чтобы давать полезные советы и предупреждать об опасных продуктах вся информация хранится в базе данных PostgreSQL (рисунок 1).

Сейчас проект работает как простая программа для компьютера, которую можно запустить из командной строки. В дальнейшем этого бота можно будет легко подключить к мессенджеру или сделать частью сайта (рисунок 2).

Для создания интерактивного прототипа чат-бота «Ingredium» была использована открытая платформа GigaChat, которая позволяет интегрировать модель машинного обучения и обеспечить адаптивное взаимодействие с пользователем [3].

Чтобы обеспечить структурированное и эффективное хранение данных, система памяти бота реализована в виде модульной подсистемы, включающей следующие типы памяти: краткосрочная (хранит последние сообщения в диалоге, чтобы бот понимал контекст разговора), долгосрочная (хранит то, что важно помнить долго, например, что у пользователя аллергия на орехи) и память о событиях (хранит отдельные действия, например, «пользователь искал колу» или «бот предупредил об аллергене»).

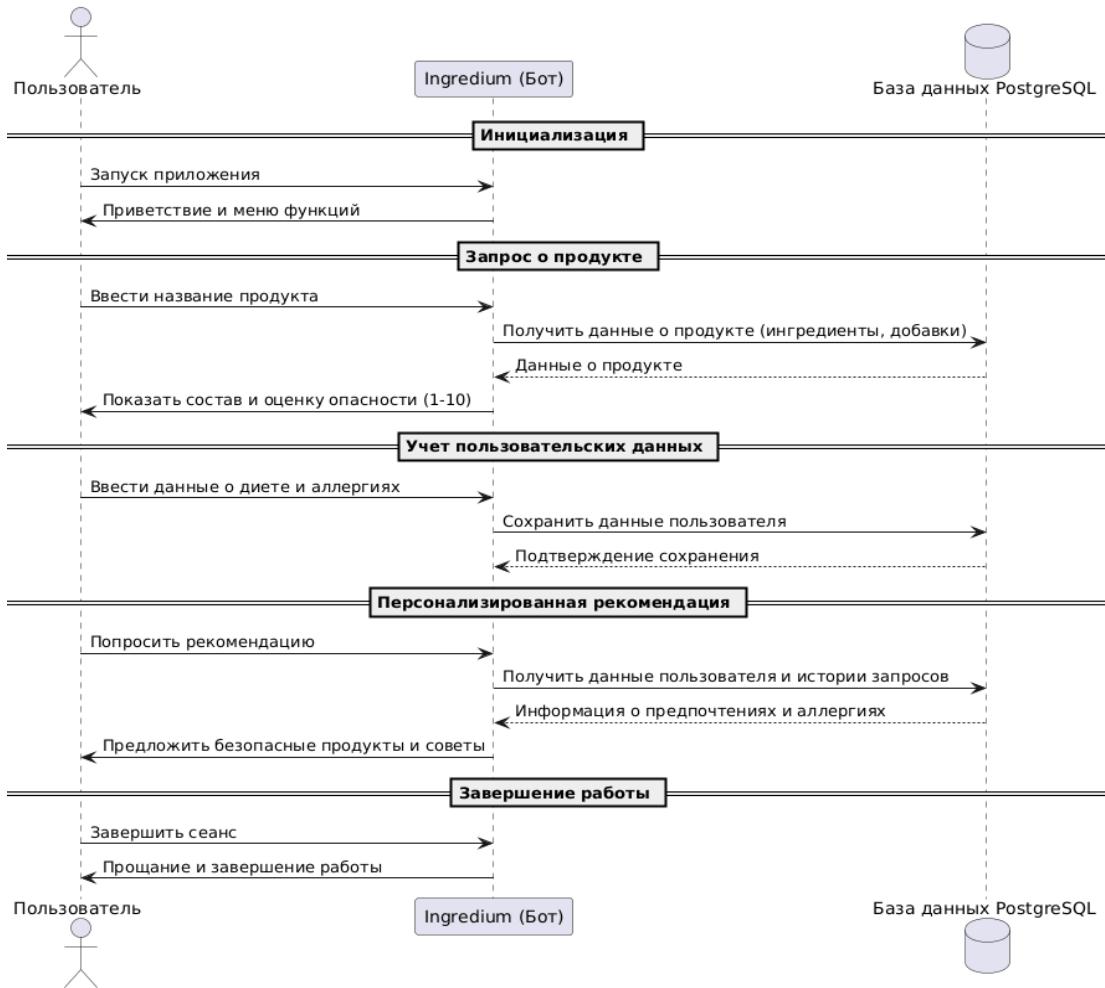


Рисунок 1 - Схема взаимодействия пользователя с ботом «Ingredium» и его подсистемами

```

[user123]> /profile аллергии:молоко диета:vegan
[БОТ]> ✅ Профиль создан и сохранен! Учтены аллергии: молоко

[user123]> анализ Йогурт натуральный
2025-06-27 09:13:16,069 - agent_memory - INFO - Learning from interaction
'y', 'harmful_score': 2, 'user_reaction': 'analyzed' }

[БОТ]> 🔎 **Анализ продукта: Йогурт натуральный (Danone)**

📊 **Оценка вредности:** 2/10
🌿 **Веганский:** Нет
🌾 **Без глютена:** Да

📝 **Состав:**
✓ молоко
✓ закваска йогуртовая
✓ сахар

⚠️ **Аллергены:** молоко

⚠️ **Персональные рекомендации:** 
🚫 **ВНИМАНИЕ!** Продукт содержит ваши аллергены: молоко
🚫 Продукт не подходит для веганской диеты

```

Рисунок 2 – Демонстрация работы программы

В рамках данной работы была обоснована актуальность и решена задача разработки интеллектуального диалогового агента «*Ingredium*», ориентированного на анализ пищевых продуктов и помочь пользователям в ведении здорового образа жизни, с учетом индивидуальных особенностей пользователя, таких как аллергии, пищевые непереносимости и предпочтения.

Техническая реализация проекта в виде консольного приложения доказала свою работоспособность и заложила прочный фундамент для дальнейшего развития. Модульная архитектура позволяет без труда интегрировать бота в популярные платформы, такие как мессенджеры или веб-сайты, что значительно расширит его аудиторию и практическую пользу.

Таким образом, разработанная система «*Ingredium*» представляет собой значимый шаг в области персонализированного питания и ответственного использования ИИ. Дальнейшие исследования будут направлены на улучшение адаптивности моделей взаимодействия, расширение базы знаний о пищевых ингредиентах и усиление механизмов защиты персональных данных, что позволит повысить точность и безопасность рекомендаций для пользователей с особыми потребностями, включая хронические заболевания.

#### Список литературы

1. Pieraccini R. «The Voice in the Machine: Building Computers That Understand Speech». MIT Press, 2012.
2. Статистические данные платформы ChatGPT // URL: <https://www.businessofapps.com/data/chatgpt-statistics>.
3. Разработка и применение мультиагентных систем в корпоративной среде // URL: <https://giga.chat/help/articles/multi-agent-system>.

# **ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ИНАКТИВАЦИЯ *PSEUDOMONAS AERUGINOSA* В БИОПЛЁНКАХ**

**Летута С.Н., доктор физико-математических наук, профессор,  
Давыдова О.К., кандидат биологических наук, доцент, Ишемгулов А.Т., кандидат  
физико-математических наук  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация.** Предлагается увеличить эффективность фотодинамической инактивации бактерий *Pseudomonas aeruginosa* в биоплёнках путём их предварительной обработки акустическими ударными волнами. Ударные волны генерируются в растворе с сенсибилизаторами при воздействии наносекундных лазерных импульсов высокой плотности мощности. Показано, что предварительная обработка биопленок ударными волнами в шесть раз увеличивает эффективность фотодинамического поражения бактерий.

**Ключевые слова:** *биоплёнки, ударные волны, фотодинамическая инактивация*

Развитие устойчивости бактерий к антибиотикам стимулирует поиск альтернативных методов, таких как антибактериальная фотодинамическая терапия (аФДТ). Преимуществами аФДТ можно отметить избирательность воздействия и малую вероятность развития резистентности. Однако эффективность аФДТ снижается в отношении бактерий внутри биоплёнок, чей матрикс ограничивает проникновение antimикробных агентов и повышает выживаемость микроорганизмов. В настоящей работе предлагается способ увеличить эффективность аФДТ с помощью акустических ударных волн, возникающих в растворах с термосенсибилизаторами при воздействии коротких лазерных импульсов.

В работе [1] описывается способ генерации ударных волн в растворе с эритрозином: при высокой плотности мощности ( $5-10 \text{ МВт}/\text{см}^2$  и выше) лазерного импульса длительностью 10 нс и сфокусированного внутри кюветы с раствором молекулы эритрозина поглощают свет и переходят в высокие электронные возбуждённые состояния. При релаксации этих состояний за короткое время, сравнимое с длительностью импульса, происходит интенсивное тепловыделение, расширение среды и формирование ударной волны. Эритрозин также обладает и фотодинамической активностью.

В настоящей работе исследована эффективность фотодинамической инактивации биоплёнок *Pseudomonas aeruginosa* при использовании эритрозина. Выбор *P. aeruginosa* обусловлен тем, что эти бактерии активно образуют биоплёнки и являются причиной внутрибольничных инфекций. Биоплёнки выращивались на поверхности твёрдой питательной среды (цетримидного агара) в чашках Петри, после чего нарезались на одинаковые блоки вместе с агаром. Для подвергания действию ударных волн блоки с биоплёнками помещались на 3

минуты в кювету с водным раствором эритрозина 0,1 ммоль/л вблизи одной из торцевых стенок. Вблизи противоположной стенки на расстоянии 20 мм от биоплёнки фокусировалось излучение второй гармоники импульсного Nd:YAG-лазера плотности мощности 10 МВт/см<sup>2</sup>. Учитывая оптическую плотность раствора, излучение лазера не проникало вглубь кюветы далее 10 мм, поэтому фотодинамической воздействие лазерных импульсов исключалось, тогда как ударные волны свободно достигали блока с биоплёнкой. Для подверганию фотодинамическому действию блоки с биоплёнками погружались на 3 минуты в водный раствор эритрозина той же концентрации, затем размещались в лунках планшета, заполненных водой таким образом, чтобы биоплёнки чуть контактировали с воздухом. Фронтально к лунке планшета фокусировалось излучение лампы КГМ-150 плотности мощности 0,8 Вт/см<sup>2</sup>. После подверганию воздействию физических факторов блоки с биоплёнками измельчались, суспензировались в 1 мл физиологического раствора, полученная суспензия разводилась в несколько раз и высевалась на питательную среду с целью оценить жизнеспособность бактерий путём подсчёта КОЕ.

Результаты проведённого эксперимента по воздействию на биоплёнки ударных волн, аФДТ и их сочетания показаны на рисунке 1.

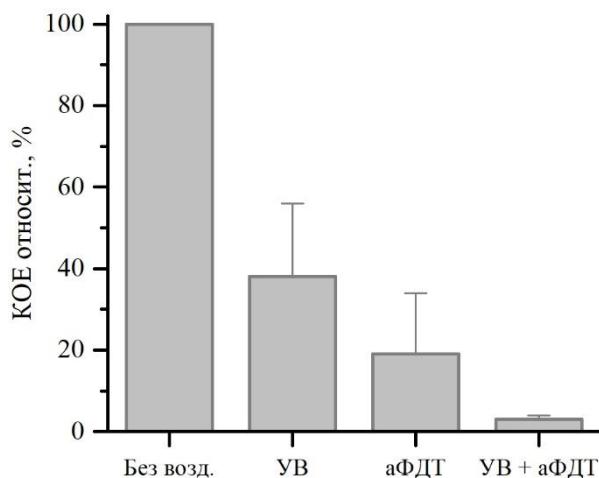


Рисунок 1 – Гистограммы КОЕ бактерий из биоплёнок *P. aeruginosa*: контрольные образцы (Без возд.), образцы, подвергнутых воздействию 1000 импульсов (УВ), образцы, подвергнутые облучению лампой КГМ-150 до плотности энергии 50 Дж/см<sup>2</sup> (аФДТ), образцы, подвергнутые сочетанному воздействию упомянутых факторов (УВ + аФДТ)

Ударные волны в растворе эритрозина, возникающие при импульсном воздействии лазера, снижают количество жизнеспособных бактерий в биоплёнке примерно на 60 %. Расчётное давление, создаваемое такой волной, приближается к толерантности клеточной стенки на разрыв [2], но одновременно с этим прямая эффективность ударных волн против бактерий остаётся низкой. Вероятно, эластичный матрикс биоплёнки предохраняет большинство клеток от повреждения. Ударные волны не способны механически разрушить биоплёнку, и их действие ограничивается приповерхностными слоями.

Фотодинамическое воздействие эритрозина на грамотрицательные бактерии относительно малоэффективно [3]. В проведённом исследовании при накопленной энергии 50 Дж/см<sup>2</sup> наблюдается пятикратное снижение КОЕ в сравнении с контролем, то есть аФДТ оказалась примерно вдвое эффективнее, чем ударные волны. Однако при комбинированном воздействии физических факторов (обработка ударными волнами с последующей аФДТ) количество бактерий снижается почти в 20 раз. Кумулятивный эффект, возможно, объясняется нарушением структурной целостности биоплёнки и увеличением проницаемости клеточных мембран. В результате улучшается проникновение фотосенсибилизатора и кислорода в глубинные слои, что способствует уничтожению микроорганизмов.

Таким образом, действие акустических ударных волн существенно усиливает последующее фотодинамическое воздействие. Полученные результаты могут быть полезны для борьбы с биоплёночными инфекциями.

#### Список литературы

1. Letuta, S.N. et al. Inactivation of planktonic microorganisms by acoustic shock waves / S.N. Letuta et al. // Russ. J. Phys. Chem. A. – 2021. – V. 95. – P. 848-854. <https://doi.org/10.1134/S0036024421040142>
2. Letuta S.N. et al. Inactivation of Bacteria in Biofilms by Shock Waves / S.N. Letuta et al. // J. Biomed. Phot. & Engin. – 2024. – V. 10 (4). <https://doi.org/10.18287/JBPE24.10.040311>
3. Wood, S. et al. Erythrosine is a potential photosensitizer for the photodynamic therapy of oral plaque biofilms / S. Wood et al. // J. Antimicrob. Chemother. – 2006. – V. 57(4). – P. 680-684. <https://doi.org/10.1093/jac/dkl021>

# **ЭТИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ ДИЛЕММЫ РЕДАКТИРОВАНИЯ ГЕНОМА ЭМБРИОНОВ (CRISPR) В РОССИИ**

**Добрыднева С. С., магистрант 2 курса юридического факультета  
Волгоградский институт управления -филиала РАНХиГС  
г. Волгоград, Россия**

**Аннотация:** CRISPR-Cas9 революционизирует генную терапию, позволяя исправлять наследственные заболевания на эмбриональной стадии. Однако в России её применение осложнено правовой неопределённостью статуса эмбриона и этическими дилеммами. В статье анализируются технологические достижения, потенциальные риски и предлагается модель правового регулирования, балансирующая между научным прогрессом и биоэтическими нормами.

**Ключевые слова:** *CRISPR-Cas9, редактирование генома, генная терапия, наследственные заболевания, эмбриональное развитие, правовое регулирование, биоэтика, статус эмбриона, евгеника, генная инженерия, медицинские протоколы, социальные последствия.*

Современные биотехнологии, такие как CRISPR-Cas9, открывают беспрецедентные возможности для редактирования генома человека, включая коррекцию наследственных заболеваний на стадии эмбрионального развития. Однако их применение в России сталкивается с комплексом правовых и этических вызовов, центральным из которых остается вопрос о статусе эмбриона и его влиянии на допустимость генетических вмешательств.

CRISPR-Cas9 – это молекулярный инструмент, позволяющий точно изменять ДНК живых организмов. Система основана на бактериальном механизме защиты от вирусов: белок Cas9 разрезает ДНК в заданном месте, направляемый молекулой РНК. Это позволяет удалять, заменять или корректировать гены [1].

В качестве образцов для применения данной технологии можно привести исправление разного рода генетических мутаций, например, при серповидноклеточной анемии или мутации в гене EYS, вызывающей пигментный ретинит, который, в свою очередь, приводит к слепоте. Так же данная система открывает другое направление, в рамках которого, возможно создание моделей заболеваний для их исследований.

У данной технологии множество как потенциальных рисков, так и преимуществ. Последние представляют собой лечение наследственных заболеваний до рождения эмбриона; снижение риска передачи генетических нарушений. Но риски все же высоки, а именно – нецелевые мутации (off-target effects), приводящие к непредсказуемым последствиям.

Несмотря на погрешности Cas9, снижающие безопасность технологии, ученые МИТ создали усовершенствованный вариант - eSpCas9. Его ключевое преимущество - повышенная избирательность, уменьшающая нецелевое воздействие на ДНК и сокращающая ошибки в 10 раз по сравнению с

оригинальной Cas9. Это прорыв в генной инженерии, приближающий клиническое применение CRISPR и терапию наследственных заболеваний.

Под руководством генетика Шухрата Миталипова международная команда использовала CRISPR/Cas9 для редактирования ДНК эмбрионов с гипертрофической кардиомиопатией — тяжелым заболеванием сердца, вызываемым мутациями в гене MYBPC3. В эксперименте 72,4% эмбрионов (42 из 58) оказались свободны от дефекта, что значительно превысило эффективность предыдущих попыток. Этот успех приближает науку к полной коррекции наследственных патологий.

В одну ногу с наукой шагает и этика — проблема «игры с природой» сильно тревожит критиков данной технологии. Они указывают на риск нарушения естественной эволюции и создания «дизайнерских детей». Этические принципы биоэтики (автономия, непричинение вреда) требуют осторожности [2]. И здесь многие ученые, работающие в данном поле, утверждают, что просто не будут изучать данное направление.

«Социальные последствия данного технологического достижения могут стать доступны уже в ближайшие 40-50 лет» - утверждает биоэтик Рональд Грин из Дармудского колледжа. Предполагается, что желание создать «лучшую версию себя» через своего ребенка пересилит этические ограничения и в дальнейшем способствует не только появлению непредсказуемых медицинских последствий, но и усилению социального неравенства - доступ к технологии может стать привилегией богатых, а вместе с этим повысит риск укрепления евгеники – селекции людей по желаемым признакам.

В российском законодательстве статус эмбриона остается аморфным. Согласно действующим нормам, эмбрион не признается субъектом права, но и не приравнивается к обычному биоматериалу [3]. Эта двойственность порождает ряд правовых пробелов.

Основной этический конфликт в данной области – это отсутствие четкого определения, которое затрудняет оценку допустимости манипуляций с эмбрионом, включая редактирование генома. Так же данная неопределенность формирует ограничения для науки, а именно, неопределенность статуса сдерживает исследования в области репродуктивных технологий, так как ученые и медики вынуждены действовать в условиях правового вакуума.

Редактирование генома эмбриона затрагивает фундаментальные вопросы. Первый из них о начале человеческой жизни: если эмбрион рассматривается как потенциальный человек, манипуляции с его ДНК могут трактоваться как вмешательство в права будущей личности. Второй вопрос затрагивает наследственность и последствия: изменения в зародышевой линии передаются следующим поколениям, что требует особой осторожности и правовых гарантий.

В России отсутствие специальных норм, регулирующих CRISPR-вмешательства в эмбрионы, создает риски как для научного прогресса, так и для защиты человеческого достоинства. Например, эксперименты *de facto* могут проводиться под видом «исследований биоматериала», что противоречит международным биоэтическим стандартам [4] [5].

На данный момент Федеральный закон «О биомедицинских клеточных продуктах» [6] регулирует использование биомедицинских клеточных продуктов, но не упоминает прямо редактирование генома эмбрионов. Что создает собой серую зону в отношении возможности или ограничения применения данной технологии.

Основными пробелом является отсутствие прямого запрета или разрешения на редактирование зародышевой линии (герминативных клеток). А также неопределенность в регулировании экспериментов на эмбрионах *in vitro* (до 14 дней развития).

Для решения всех дилемм, окутывающих данную технологию необходимо создание отдельной правовой базы, которая:

Во-первых, определит эмбрион как уникальный человеческий биоматериал, обладающий особым статусом из-за потенциала развития в человека. Это позволит ограничить его от тканей и органов, подчеркнув этическую значимость.

Во-вторых, установит критерии допустимости редактирования генома:

- 1) Разрешение только для медицинских целей (коррекция тяжелых наследственных заболеваний).
- 2) Запрет на модификации, направленные на «улучшение» человека (евгеника).
- 3) Обязательное независимое этическое одобрение исследований.

В-третьих, будет регламентировать права доноров генетического материала, включая информированное согласие и право на отзыв эмбрионов из экспериментов.

Такой подход согласуется с мировым опытом. Например, в Германии эмбрион защищен Конституцией как носитель человеческого достоинства, а в Великобритании его использование в исследованиях строго лицензируется. Россия могла бы адаптировать эти модели, дополнив их принципом «的独特性» эмбриона как объекта, требующего баланса между научными интересами и моральными ограничениями.

Я считаю, что данные меры необходимы, потому что данная технология имеет и уже осуществляет свой гениальный потенциал. В 2018 году ученые из Гарварда, проводя эксперименты на крысах, смогли заставить циркулирующие раковые клетки вырабатывать белок S-TRAIL, который изнутри уничтожал опухоль. То есть рак начинал убивать сам себя.

В 2019 году ученые из Калифорнийского университета обнаружили ген, регулирующий чувство насыщения. Активация этого гена с помощью CRISPRa у мышей предотвратила ожирение даже при высококалорийной диете. В том же 2019 году Фен Жанг, один из создателей CRISPR, запустил стартап Beam Therapeutics, разработав систему RESCUE. Она позволяет редактировать не только ДНК, но и РНК, заменяя отдельные «буквы» генетического кода. Это открывает путь к временной коррекции генов – например, при болезни Альцгеймера.

В 2022 году началась разработка терапии, направленной на лечение тяжелого наследственного заболевания крови. Удачный эксперимент на 31

добровольце позволил уже в 2023 году применять данную терапию на пациентах с 12 лет в Великобритании. А в прошлом году эта технология была одобрена FDA.

Теперь представьте, что от всех этих заболеваний можно избавиться еще на стадии эмбрионального развития, дав ребенку справедливую возможность получить счастливое детство и здоровое будущее.

Критически важно, чтобы развитие CRISPR-технологий в России не опережало формирование адекватного правового поля. Определение статуса эмбриона как уникального элемента станет шагом к предотвращению этических злоупотреблений и легализации перспективных исследований. Это потребует междисциплинарного диалога между юристами, биологами, философами и обществом, но именно такой путь позволит России занять ответственную позицию в глобальной гонке геномных инноваций.

Основная рекомендация заключается во внесении в Госдуму проекта закона «О статусе эмбриона и регулировании геномных редактирующих технологий», закрепляющий особый правовой режим для эмбрионов и создающий этико-правовую основу для их использования в науке и медицине.

### Список литературы

1. Zhu M. Jennifer Doudna and Emmanuelle Charpentier’s Experiment About the CRISPR/cas 9 System’s Role in Adaptive Bacterial Immunity (2012) [Электронный ресурс] // Embryo Project Encyclopedia. 2017. URL: <https://embryo.asu.edu/pages/jennifer-doudna-and-emmanuelle-charpentiers-experiment-about-crisprcas-9-systems-role-adaptive> (дата обращения: 17.03.2025).

2. Всеобщая декларация о биоэтике и правах человека: [принята 19.10.2005 Генеральной конференцией ЮНЕСКО] [Электронный ресурс] // Организация Объединенных Наций. URL: [https://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/declarations/bioethics\\_and\\_hr.shtml](https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/bioethics_and_hr.shtml) (дата обращения: 17.03.2025).

3. Федеральный закон от 21.11.2011 N 323-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 05.01.2024) Текст: электронный // КонсультантПлюс: [сайт]. — URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_121895/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/) (дата обращения: 22.03.2025).

4. Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации [Электронный ресурс] : этические принципы медицинских исследований с участием человека // Арктическая академия наук. URL: [http://arctica-ac.ru/docs/Redactsia/WMA%20Declaration\\_Helsinki\\_RUS.pdf](http://arctica-ac.ru/docs/Redactsia/WMA%20Declaration_Helsinki_RUS.pdf) (дата обращения: 22.03.2025).

5. Конвенция о защите прав и достоинства человека в связи с применением достижений биологии и медицины: Конвенция о правах человека и биомедицине [Электронный ресурс] : [принята в г. Овьедо 04.04.1997, вступила в силу 01.12.1999] // Совет Европы. URL: <https://rm.coe.int/168007d004> (дата обращения: 22.03.2025).

6. Федеральный закон от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» [Электронный ресурс] // СПС

«КонсультантПлюс».

[https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_199967/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_199967/)

(дата обращения: 22.03.2025).

URL:

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ГРУНТОВЫХ ВОД ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ ПАВОДКА**

**Дроздова Е.А., кандидат биологических наук, доцент, Алешина Е.С.,  
кандидат биологических наук, доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация.** Паводки приводят к значительному ухудшению качества воды за счет попадания в водоемы загрязняющих веществ в результате размыва почв, неочищенных сточных вод, органических отходов и фекальных масс. Это создает серьезные риски для здоровья населения, поскольку поверхностные и грунтовые воды Оренбургской области используются в качестве источников питьевого водоснабжения, сельскохозяйственных и рекреационных нужд.

**Ключевые слова:** *паводок, поверхностные и грунтовые воды, санитарно-микробиологическая оценка, микроорганизмы водных экосистем.*

В условиях паводка резко возрастает вероятность распространения патогенных микроорганизмов, включая бактерии группы кишечной палочки, сальмонелл, шигелл и других возбудителей инфекционных заболеваний, что требует постоянного мониторинга и оценки степени микробиологического загрязнения. В этой связи санитарно-микробиологическая оценка поверхностных и грунтовых вод Оренбургской области в условиях паводка становится весьма актуальной задачей.

Объектом наших исследований являлись пробы воды, взятые из различных поверхностных и грунтовых вод Оренбургской области. Анализируемые воды мы условно разделили на водоемы, использующиеся в рекреационных целях (река Урал – город Орск, река Орь – город Орск, река Кумак – город Орск, озеро Микутка – город Оренбург) и на источники питьевой воды (скважина и грунтовые воды в городе Оренбург). Исследования проводились в рамках написания выпускной квалификационной работы студенткой четвертого курса направления подготовки 06.03.01 Биология профиля Микробиология Бардаковой А.С. под руководством доцента кафедры биохимии и микробиологии кандидата биологических наук Дроздовой Е.А. Отбор проб воды производился согласно стандартным методикам. Выделение микроорганизмов водных экосистем из всех исследуемых образцов осуществляли путем посева на селективные питательные среды для выделения мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФнМ). В частности, агар эндо нами был использован для выделения БГКП. Среду Плоскирева использовали для выделения бактерий родов *Salmonella*, *Shigella*. На железо-сульфитном агаре выделяли бактерии рода *Clostridium*. Идентификация выделенных микроорганизмов производилась с помощью морфологических, культуральных характеристик, а также с использованием классических микробиологических тестов [1,2].

Произведенный нами анализ численности мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов в поверхностных и грунтовых водах Оренбургской области продемонстрировал наибольшее количество микроорганизмов в группе водоемов, использующихся в рекреационных целях в образцах летнего периода, из них максимальная численность микроорганизмов наблюдалась в пробе воды озера Микутка, что объясняется сравнительно небольшой глубиной водоема – около четырех метров, и его замкнутостью, что способствовало равномерному распределению органических веществ и интенсивному размножению микроорганизмов.

Наименьшее количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов было выявлено в реке Орь. За период исследования общая численность микроорганизмов показала среднее значение среди образцов рек в весенне-летний период и составила в среднем  $25 \times 10^3$  КОЕ/мл. В зимний период ее показатели превысили численность в остальных образцах рек и составила  $17 \times 10^3$  КОЕ/мл (рисунок 1).



Рисунок 1 – Численность мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов в поверхностных и грунтовых водах Оренбургской области

В группе источников питьевой воды (образцах из скважины и грунтовых водах) численность микроорганизмов не превышала  $10 \times 10^3$  КОЕ/мл. Также в данных образцах наблюдалось незначительное колебание численности микроорганизмов в зависимости от сезона, в то время как микрофлора открытых водоемов претерпевала значительные изменения в течение года. Стоит отметить, схожесть полученных результатов летнего периода 2024 года и весеннего периода 2025 года, что объясняется поздним забором проб воды в летний период 2024 года и способностью водоемов к самоочищению после паводка.

Анализ численности БГКП в группе водоемов, использующихся в рекреационных целях показал наибольшее количество БГКП в пробах воды реки Кумак  $33,6$  КОЕ/100мл в летний период. Второй по численности БГКП стала вода из реки Урал, где в весенне-летний период численность БГКП составила около  $32$  КОЕ/100мл (рисунок 2).

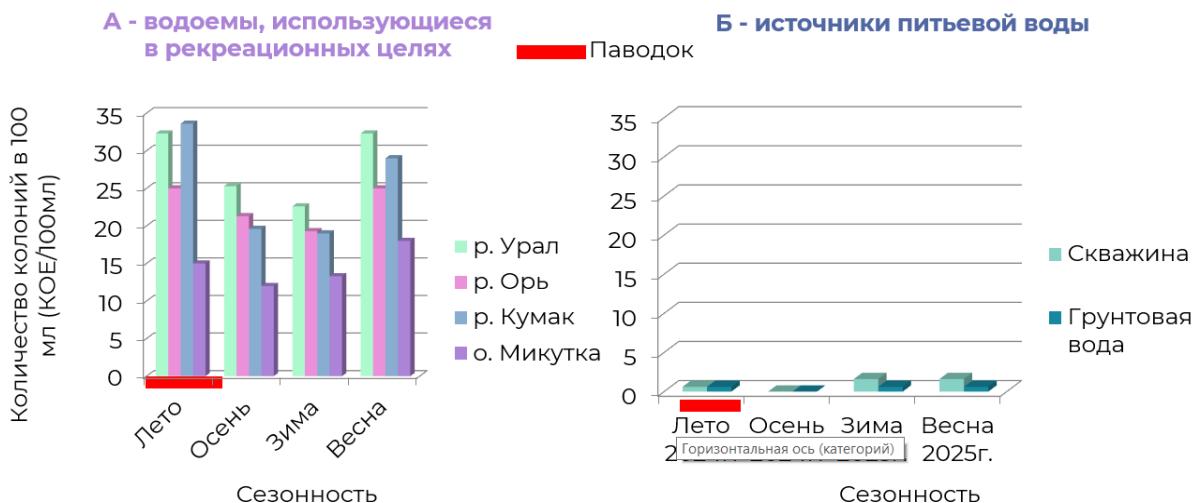


Рисунок 2 – Динамика численности БГКП (условно-патогенные) в поверхностных и грунтовых водах Оренбургской области.

В осенне-зимний период численность БГКП в реках Кумак и Урал снизилась в среднем на 25 %, не достигнув, однако, минимальных значений численности микроорганизмов в этой группе. Это говорит о высокой антропогенной нагрузке на реки Кумак и Урал. Динамика численности БГКП из проб воды реки Орь находилась в диапазоне от 24 КОЕ/100мл в весенне-летний до 20 КОЕ/100мл в осенне-зимний, что является средним показателем численности БГКП среди образцов речной воды.

В группе источников питьевой воды наименьшее количество БГКП было обнаружено в пробах питьевой воды из Скважины и грунтовых вод – около 1,6 КОЕ/100мл в весенний период 2025 года и не обнаруживались в осенний сезон 2024 года, что мы также связываем со способностью водоемов к самоочищению после паводка.

В результате культивирования проб воды на среде Плоскирева в анализируемых образцах наблюдался рост бактерий родов *Salmonella* и *Shigella*. Наибольшее количество бактерий родов *Salmonella* и *Shigella* наблюдалось в образцах реки Кумак 13 КОЕ/100мл и реки Урал 10,3×КОЕ/100мл в весенне-летний период (группа водоемов, использующихся в рекреационных целях) (рисунок 3).

В осенний период лидером по содержанию бактерий родов *Salmonella* и *Shigella* стал образец из оз. Микутка – 7,8 КОЕ/100мл, в то время как в осенне-зимний период численность данных микроорганизмов в реке Урал составила 3,8 КОЕ/100мл а в реке Кумак около 2 КОЕ/100мл.

В образцах воды реки Орь количество патогенных бактерий родов *Salmonella* и *Shigella* было минимальным среди исследуемых образцов рекреационных вод (реки и озеро). В группе источников питьевой воды минимальные значения численности бактерий родов *Salmonella* и *Shigella* в весенне-летний период демонстрируют образцы воды из скважины и грунтовых вод, в осенне-зимний период данные микроорганизмы в указанных образцах отсутствуют.



Рисунок 3 – Численности патогенных бактерий родов *Salmonella*, *Shigella* в поверхностных и грунтовых водах Оренбургской области.

Оценивая влияние паводка на количественный и качественный состав исследуемых водоемов, а также для оценки истинного микробиологического состояния воды, нами был произведен анализ образцов воды в летний период 2025 года. Полученные нами результаты летнего периода 2024 года показали превышение численности мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов во всех аналогичных образцах аналогичного периода 2025 года в среднем на 14,5 %. Кроме того, весенне-летний период 2024 года продемонстрировал присутствие БГКП во всех исследуемых образцах, превышающее, в среднем, на 10 % показатели того же периода 2025 года. В тоже время, в группе образцов питьевой воды (скважина и грунтовые воды) БГКП не обнаружено.

Сравнение численности бактерий родов *Salmonella* и *Shigella* в летние периоды 2024 и 2025 годов, показало, что в большинстве анализируемых водоемов в летний период 2024 года число микроорганизмов данной группы на 5 % выше, летнего периода 2025 года. Исключением стали результаты исследования проб воды, отобранных из озера Микутка.

Изучая влияние паводка на санитарно-эпидемиологическую обстановку в водных экосистемах, стоит отметить, что за весь период исследований нами были обнаружены бактерии рода *Clostridium* в пробах воды, отобранных из реки Орь в летний период паводка 2024 года, что свидетельствует о наличии давнего фекального загрязнения.

Таким образом, во всех образцах воды были обнаружены БГКП и микроорганизмы родов *Salmonella*, *Shigella*. Численность микроорганизмов в зависимости от сезона изменялась от наибольшей в летний период (максимум в образце озера Микутка, минимум в образце грунтовой воды), до наименьшей в зимний период (максимум в образце реки Кумак, минимум – в образце грунтовой воды). Паводок оказал существенное влияние как на общую численность микроорганизмов, так и на численность условно-патогенной микрофлоры. Об

этом свидетельствуют результаты, полученные при сравнении летнего периода 2024 года с масштабным паводком и летнего периода 2025 года. Бактерии рода *Clostridium* были обнаружены только в одном образце воды реки Орь в послепаводковый летний период 2024 года, следовательно, значительный разлив рек в 2024 году повлек за собой обогащение водных экосистем органическими веществами, вымывание представителей почвенной микрофлоры, способствуя распространению условно-патогенных микроорганизмов.

#### Список литературы

1. Бардакова, А. С. Особенности этапов лабораторной диагностики на примере пробоотбора воды для микробиологических исследований [Электронный ресурс] / А. С. Бардакова, Е. А. Дроздова, Е. С. Алешина // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : сб. материалов Всерос. науч.-метод. конф., Оренбург, 1-3 февр. 2024 г. / Оренбург. гос. ун-т ; ред. А. В. Зайцев. - Оренбург: ОГУ,2024. - С. 4769-4771.. - 3 с.
2. Бардакова, А. С. Оценка санитарно-микробиологических показателей качества воды как показатель антропогенной нагрузки на речные системы [Электронный ресурс] / А. С. Бардакова, Е. А. Дроздова, Е. С. Алешина // Проблемы экологии Южного Урала: сб. материалов XI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 25-летию каф. биохимии и микробиологии, Оренбург, 4-5 окт. 2023 г. / ред.: Е. В. Сальникова, Б. С. Укенов, М. А. Булгакова. - Оренбург: ОГУ,2023. - С. 158-161. - 4 с.

# **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ (ОБЗОР)**

**Дугина А.Д.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«Оренбургский государственный университет», город Оренбург**

**Аннотация:** В статье представлен анализ исследований экологических последствий загрязнения урбанизированных зон г. Оренбурга тяжелыми металлами (ТМ) на примере промышленных зон г. Оренбурга. Методом корреляционно-регрессионного анализа установлены статистически значимые положительные связи между содержанием Cd, Pb, Zn, Cr, Ni в поверхностном слое почвы (0-10 см) и их аккумуляцией в надземной биомассе растений синантропной флоры. Выявлен максимальный коэффициент биологического поглощения для кадмия ( $k=0.284$ ), свидетельствующий о его высокой подвижности и биодоступности.

**Ключевые слова:** урбанизированные зоны, биологическое поглощение, фитоаккумуляция, биодоступность, экологический риск

Почва в условиях населенных пунктов выполняет критически важные средообразующие, буферные и санитарные функции, выступая интегральным индикатором экологического состояния урбанизированных территорий. Интенсивная антропогенная нагрузка, характерная для промышленных центров, приводит к формированию специфических почвенных образований – урбанизированных зон, для которых характерно нарушение естественного сложения профиля, наличие артефактов и повышенное содержание широкого спектра загрязняющих веществ [3].

Среди приоритетных поллютантов особое место занимают тяжелые металлы, такие как свинец (Pb), кадмий (Cd), цинк (Zn), медь (Cu), никель (Ni) и хром (Cr). Их устойчивость, способность к аккумуляции и миграции по трофическим цепям создает долговременные риски для здоровья городских экосистем и населения. Источниками поступления ТМ являются выбросы промышленных предприятий, износ автотранспорта, а также несовершенство систем утилизации отходов [4].

Васильева Т. Н. и Брудастов Ю. А. провели полевые исследования, на территории г. Оренбурга в 2003-2005 гг. [1]. Было заложено 5 реперных участков в санитарно-защитных зонах промышленных предприятий:

- 1      ОАО «Гидропресс»
- 2      ОАО «Завод Спецэлеватормельмаш»
- 3      ОАО «Завод «Инвертор»
- 4      Бывшее ОПОГАТ-1 (р-н рынка «Форштадт»)
- 5      ООО «Рембыттехника»

С каждого участка было отобрано по 25 почвенных образцов с глубин 0-10 см и 10-30 см. Параллельно проводился сбор надземных частей доминирующих видов растений: тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium*), полыни

горькой (*Artemisia absinthium*), одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*), пырея ползучего (*Elytrigia repens*) и др. – всего 244 образца.

В отобранных пробах методами атомно-абсорбционной спектрометрии определялись валовые формы восьми металлов: Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn. Для оценки взаимосвязи между содержанием металлов в почве и растениях применялся корреляционно-регрессионный анализ. Статистическая значимость коэффициентов корреляции (R) определялась при уровне  $p < 0.05$ .

Проведенный анализ выявил существенное загрязнение почв исследуемых территорий по свинцу и кадмию. Средние концентрации ряда металлов в поверхностном слое (0-10 см) значительно превышали региональный фоновый уровень (Таблица 1).

Таблица 1. Средние концентрации металлов в почве (0-10 см) и параметры взаимосвязи с их содержанием в растениях (по данным [1])

Металл	Содержание в почве, мг/кг	R (коэф. корр.)	k (коэф. регрессии)
Cd	0.95	0.87*	0.284
Pb	42.3	0.92*	0.094
Zn	156.8	0.89*	0.102
Cr	58.1	0.78*	0.045
Ni	35.6	0.85*	0.061
Cu	27.4	0.41	0.018

Примечание: \* - статистически значимая корреляция ( $P < 0.05$ )

Как видно из таблицы, для пяти из восьми исследуемых металлов (Cd, Pb, Zn, Cr, Ni) обнаружены статистически значимые положительные корреляции между их содержанием в почве и в надземной фитомассе. Наиболее сильная зависимость наблюдалась для свинца ( $R=0.92$ ) и кадмия ( $R=0.87$ ). Это свидетельствует об активном поглощении данных элементов растениями и высокой потенциальной опасности их включения в трофические цепи.

Коэффициент линейной регрессии (k), показывающий, на сколько мг/кг увеличивается содержание металла в растении при увеличении его в почве на 1 мг/кг, был максимальным для кадмия ( $k=0.284$ ). Это подтверждает исключительную подвижность и биодоступность Cd в городских почвах, что согласуется с данными других исследователей. Высокая токсичность кадмия, его канцерогенное и тератогенное действие делают этот элемент одним из наиболее опасных поллютантов [5].

Для меди (Cu) не была выявлена статистически значимая корреляция ( $R=0.41$ ,  $P > 0.05$ ), что может объясняться сильным влиянием на ее поведение

таких почвенных свойств, как содержание органического вещества и рН, которые выступают буферными факторами, связывая медь в малоподвижные комплексы [2].

Исходя из данных работы Васильевой Т. Н. и Брудастова Ю. А. полученные результаты напрямую связаны с экологическими последствиями для здоровья населения. Тяжелые металлы, аккумулирующиеся в растениях (в том числе рудеральных, которые могут косвенно участвовать в пищевых цепях), способны вызывать широкий спектр заболеваний: от поражения нервной системы (Pb) до онкологических патологий (Cd, Cr). Таким образом, почва выступает не только как накопитель поллютантов, но и как ключевое звено в их передаче в окружающую среду.

Полученные в исследовании выводы о высокой подвижности тяжелых металлов в почвах г. Оренбурга и их активном поглощении растениями находят свое убедительное подтверждение в результатах независимого исследования, проведенного в сходных урбанизированных условиях г. Читы [1].

Работа Самойленко Г. Ю. и соавторов в 2018 году демонстрирует, что выявленные нами закономерности носят не локальный, а общий для урбанизированных территорий характер. Анализ почв и растения (*Potentilla tanacetifolia*) в г. Чите также выявил значительное загрязнение приоритетными металлами, особенно кадмием, содержание которого в точках отбора проб существенно превышало ПДК [6]. Это напрямую перекликается с данными, где кадмий был идентифицирован как один из наиболее опасных загрязнителей.

Ключевым подтверждением наших результатов является вывод авторов о том, что растения являются активными аккумуляторами ионов тяжелых металлов, особенно в надземных органах. Наибольшая интенсивность поглощения была отмечена для кадмия и меди, причем это поглощение происходило даже на фоне относительно невысокого содержания их подвижных форм в почве [6]. Данный факт полностью согласуется с выводом Васильевой Т. Н. и Брудастова Ю. А. о максимальном коэффициенте биологического поглощения ( $k=0.284$ ) именно для кадмия и подтверждает его исключительную биодоступность и мобильность в системе «почва–растение».

Кроме того, исследование Самойленко Г. Ю. в 2018 году в г. Чите подчеркивает важность влияния кислотности почвы (рН) на подвижность металлов, что коррелирует с объяснением отсутствия значимой корреляции для меди, поведение которой сильно зависит от буферных свойств почвы (содержания органического вещества, рН).

Полученные результаты находят убедительное подтверждение в данных независимых исследований, проведенных в сходных урбанизированных условиях других регионов, в частности, в работе Самойленко Г. Ю. и соавторов в 2018 году по оценке загрязнения почв и растений г. Читы. Межрегиональное сходство выявленных закономерностей демонстрирует общность процессов транслокации тяжелых металлов в системе «почва - растение» для промышленных городов. Особое совпадение результатов отмечается в отношении исключительной подвижности и биодоступности кадмия, который в обоих исследованиях показал максимальную эффективность биологического поглощения.

Выявленная согласованность результатов научных работ, выполненных на разных объектах исследования и в различных географических регионах, не только подтверждает достоверность полученных данных, но и свидетельствует об универсальности выявленных экологических закономерностей. Полученные данные взаимно дополняют друг друга, формируя целостную картину процессов загрязнения урбанизированных земель тяжелыми металлами и их последующей миграции в городских экосистемах.

#### Список литературы

1. Васильева, Т. Н. Загрязнение металлами почв Оренбурга : общие параметры взаимосвязи с фитоаккумуляцией металлов представителями синантропной флоры / Т. Н. Васильева, Ю. А. Брудастов // Вестник ОГУ. – 2007. – № 12. – С. 83 – 86.
2. Водяницкий, Ю. Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами / Ю. Н. Водяницкий, Д. В. Ладонин, А. Т. Савичев. – Москва : Типография Россельхозакадемии, 2012. – 304 с.
3. Горшкова, П. П. Загрязнение почв тяжелыми металлами / П. П. Горшкова, О. А. Лавренникова // Символ науки. – 2023. – № 2 - 1. – С. 19 – 20.
4. Русанов, А. М. Результаты изучения загрязнения почв Оренбургской области тяжелыми металлами и радиоактивными элементами / А. М. Русанов [и др.] // Вестник ОГУ. – 2002. – № 1. – С. 98 – 101.
5. Rahman, Z. Relative influence of toxic heavy metals (TMs) on the environment as a whole : a review / Z. Rahman, V. P. Singh // Environ Monit Assess. – 2019. – Vol. 191, № 7. – P. 419.
6. Самойленко, Г. Ю. Мониторинг загрязненности тяжелыми металлами почвенного покрова и растений (на примере *Potentilla tanacetifolia* Willd. ex Schlecht.) природных экосистем в условиях урбанизированной территории г. Читы / Г. Ю. Самойленко, Е. А. Бондаревич, Н. Н. Коцюргинская, И. А. Борискин // Самарский научный вестник. – 2018. – Т. 7, № 1. – С. 110 – 115.
7. Чернова, О. В. Допустимые и фоновые концентрации загрязняющих веществ в экологическом нормировании / О. В. Чернова, О. В. Бекецкая // Почвоведение. – 2011. – № 9. – С. 1102 – 1113.

# **БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ И МЕХАНИЗМЫ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ПРОКАРИОТ В ОТНОШЕНИИ ЖЕЛЕЗА (ОБЗОР)**

**Жальских К. А., Здорова А. А., Сизенцов А. Н. кандидат биологических наук, доцент, Говорова В. Д.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** Железо является один из важнейших микроэлементов для различных живых организмов, включая прокариоты. Так для микроорганизмов данный элемент является незаменимым кофактором разнообразных жизненно важных процессов, начиная от клеточного дыхания и заканчивая синтезом ДНК. В статье представлен анализ литературных данных биологической значимости Fe прокариотических организмов, а также механизмов взаимодействия бактериальной клетки с железом.

**Ключевые слова:** железо, сидерофоры, трансферрин, лактоферрин, система Feo, *Bacillus spp.*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*.

Железо – один из важнейших микроэлементов для живых организмов, включая прокариоты. Для бактерий и архей этот элемент является незаменимым кофактором множества жизненно важных процессов, начиная от клеточного дыхания и заканчивая синтезом ДНК. Однако, несмотря на высокую распространенность его в земной коре, биодоступность в большинстве сред крайне ограничена. Это связано с тем, что при нейтральном рН и в аэробных условиях железо существует преимущественно в форме практически нерастворимых гидроксидов Fe(III). Концентрация свободного железа в биологических средах равна примерно  $10^{-24}$  М, что недостаточно для роста большинства микроорганизмов [1].

В ходе эволюции прокариоты выработали сложные и высокоэффективные механизмы для захвата, транспорта и регуляции обмена железом, позволяющие им выживать в условиях его дефицита. Эти механизмы включают в себя синтез специфических железохелатирующих соединений (сидерофоров), системы прямого импорта ионов железа, использование железосодержащих соединений организма хозяина патогенными бактериями. Понимание этих механизмов имеет фундаментальное значение в медицине и биотехнологии, особенно в контексте борьбы с инфекционными заболеваниями и разработки новых антибактериальных терапий [2].

**Биологическая роль железа в клетках прокариот.** Железо играет ключевую роль в метаболизме прокариот благодаря своей способности легко менять степень окисления и участвовать в реакциях переноса электронов. Оно является важнейшим микроэлементом микроорганизмов, действуя как переносчик электронов и кофактор синтеза ДНК и РНК. Железо входит в состав железосерных кластеров (Fe-S кластеры) и гемовых групп ключевых ферментов дыхательной цепи (НАДН-дегидрогеназы, цитохромы, цитохром-с-оксидаза). Без него эффективное клеточное дыхание и производство энергии невозможны.

Многочисленные ферменты, катализирующие окислительно-восстановительные реакции, требуют железа в качестве кофактора. К ним относятся каталазы и пероксидазы, защищающие клетку от токсичных производных кислорода, а также ферменты, участвующие в синтезе ДНК. Дефицит железа парализует рост, деление и жизнедеятельность прокариотической клетки, делая его доступность критическим фактором для выживания микроорганизмов [1].

*Проблема биодоступности железа.* В аэробных условиях железо преимущественно существует в форме малорастворимого Fe(III), что значительно ограничивает его доступность для микроорганизмов. В организме млекопитающих, включая человека, концентрация свободного железа еще больше снижается за счет действия защитных механизмов, известных как пищевой иммунитет. Эти механизмы включают связывание железа белками, такими как трансферрин – в плазме крови, лактоферрин – в секретах слизистых оболочек, ферритин – внутриклеточное депо, тем самым уменьшают его доступность для патогенных микроорганизмов. Это ограничение доступности железа создает мощное эволюционное давление на бактерии, заставляя их развивать все более эффективные системы для его захвата [3, 11].

*Механизмы резистентности прокариот к дефициту железа.* Для преодоления дефицита железа, прокариоты выработали разнообразные и часто избыточные системы его захвата и транспорта. К ним можно отнести продуцирование сидерофоров клеткой, редукция и прямое поглощение ионов железа, системы прямого захвата железа из соединений организма хозяина (таблица 1) [4, 6].

Сидерофоры представляют собой низкомолекулярные (от 500 до 1500 Да) хелаторы железа, которые клетка секretирует во внешнюю среду. Они обладают чрезвычайно высоким сродством к Fe<sup>3+</sup>. Сидерофоры связывают железо из окружающей среды или «отбирают» его у хелаторов хозяина (трансферрина, лактоферрина), образуя комплекс Fe<sup>3+</sup>-сидерофор. Этот комплекс распознается специфичными рецепторами на поверхности бактериальной клетки и импортируется внутрь с помощью ABC-транспортеров. Сидерофоры классифицируются по их химической структуре на катехолаты, гидроксаматы и гидроксикарбоксилаты [4, 8].

Некоторые бактерии, особенно в анаэробных или кислых условиях, где растворимость Fe<sup>2+</sup> выше, могут импортировать его напрямую. Например, благодаря системе Feo специализированные мембранные пермеазы импортируют железо. А также благодаря поверхностным редуктазам, расположенным на внешней мемbrane трехвалентное железо восстанавливается до двухвалентного, которое используется бактериями [7, 10].

Патогенные бактерии разработали специализированные механизмы для утилизации железосодержащих соединений хозяина. Например, рецепторы к гему связывают и импортируют гемоглобин, гемопексин, гем и другие гемсодержащие белки. Некоторые бактерии продуцируют аналоги сидерофоров – гемофоры для получения железа из экзогенного гема. Рецепторы к трансферрину и лактоферрину позволяют бактериям непосредственно использовать железо, связанное с этими белками плазмы и секретов организма хозяина [5].

Таблица 1 – Основные механизмы захвата железа у прокариот (Deng Z. et al 2015)

Механизм	Пример	Преимущества	Недостатки
Сидерофоры	Бациллибактин, петробактин ( <i>Bacillus spp.</i> ), энтеробактин ( <i>E. coli</i> ), пиовердин ( <i>P. aeruginosa</i> )	Высокое сродство к $\text{Fe}^{3+}$ , видовая специфичность	Энергозатратный синтез
Прямой захват гема	Гемофоры, рецепторы к гему	Позволяет использовать богатый источник железа	Требует специфических рецепторов
Использование трансферрина/лактоферрина	Рецепторы Tbp/Lbp	Прямой доступ к пулам железа организма хозяина	Необходимость уклоняться от иммунного ответа
Импорт $\text{Fe}^{2+}$	Система Feo	Простота, эффективность в кислых/анаэробных условиях	Ограниченнная доступность $\text{Fe}^{2+}$ в аэробных условиях

При экстремальном дефиците железа некоторые бактерии способны замещать железо в белках другими металлами, например, марганцем или кобальтом, а также синтезировать изоформы железозависимых ферментов, которые не требуют железа для функционирования [1].

*Регуляция железного гомеостаза у прокариот.* Чтобы избежать как дефицита, так и избытка железа клетка тонко регулирует все процессы его захвата, утилизации и хранения.

Ключевым регулятором железного гомеостаза у бактерий является белок Fur (Ferric uptake regulator). При достаточном количестве железа ( $\text{Fe}^{2+}$ ), оно активно связывается с Fur, активируя его. Комплекс Fur- $\text{Fe}^{2+}$  связывается с промоторами генов систем захвата железа и репрессирует их транскрипцию. Это предотвращает трату энергии на синтез ненужных систем.

При дефиците железа белок Fur не активен, что приводит к дерепрессии генов железного метаболизма и запускает синтез всех систем для активного захвата железа. Кроме того, Fur активирует гены систем хранения железа и детоксикации, обеспечивая буфер на случай внезапного поступления металла в клетку [7].

*Резистентность к железу как фактор вирулентности патогенов.* Для патогенных бактерий способность использовать железо организма хозяина является критическим фактором вирулентности. Избыток железа в макроорганизме ассоциирован с развитием хронического течения инфекционного процесса, поскольку высокие уровни ионов железа способствуют формированию биопленок патогенных бактерий. Высокие концентрации железа необходимы для формирования бактериальных кластеров на ранних этапах развития биопленки [5, 6].

Кишечная микробиота играет важную роль в метаболизме железа организма хозяина. Дисбиоз может привести к нарушению усвоения железа и развитию

железодефицитной анемии. В то же время, препараты железа могут влиять на состав микробиоты, потенциально способствуя росту патогенных штаммов [7].

Понимание механизмов резистентности к дефициту железа открывает возможности для разработки новых антибактериальных стратегий, например, ограничение доступности железа для патогенных микроорганизмов, нарушение бактериальных систем захвата железа, использование металлов-заместителей [8]. Так препараты, связывающие железо (например, десфериоксамин), могут ограничивать его доступность для патогенов. На основе сидерофоров разрабатываются многочисленные лекарственные средства, захватывающие ионы железа, а использование сидерофоров, конъюгированных с антибиотиками повышает эффективность таких препаратов [9].

Использование ионов галлия ( $Ga^{3+}$ ), которые имеют размер, сходный с  $Fe^{3+}$  приводит к нарушению метаболизма и гибели бактериальных клеток из-за невозможности галлия выполнять функции ионов железа.

#### Заключение.

Резистентность прокариот к дефициту железа представляет собой сложную и высокоэффективную систему выживания, включающую активный захват, транспорт и тонкую регуляцию гомеостаза этого важного элемента. Изучение этих механизмов имеет фундаментальное значение для понимания метаболизма прокариот и их взаимодействия с окружающей средой. Кроме того, оно открывает новые перспективы для разработки инновационных терапевтических стратегий, направленных на нарушение железного метаболизма у патогенных бактерий. Дальнейшие исследования в этой области, включая изучение роли микробиоты в метаболизме железа макроорганизма и разработку методов направленного нарушения систем захвата железа у патогенов, позволят разработать более эффективные методы борьбы с инфекционными заболеваниями и преодоления механизмов антибиотикорезистентности.

#### Список использованных источников

1. Pandey, S. S. The Role of Iron in Phytopathogenic Microbe–Plant Interactions: Insights into Virulence and Host Immune Response / S. S. Pandey // Plants. – 2023. – No. 12. – P. 3173-3181.
2. Brown, B. Ins and Outs: Recent Advancements in Membrane Protein-Mediated Prokaryotic Ferrous Iron Transport / B. Brown, A. Lee Mark, T. Smith // Biochemistry. – 2021. – No. 60. – P. 3277-3291.
3. Kosman, D. J. Redox Cycling in Iron Uptake, Efflux, and Trafficking / D. J. Kosman // Journal of Biological Chemistry. – 2010. – No. 285. – P. 26729-26735.
4. Deng, Z. Mechanistic Insights into Metal Ion Activation and Operator Recognition by the Ferric Uptake Regulator / Z. Deng, Q. Wang, Z. Liu, M. Zhang, A. C. D. Machado, T. P. Chiu, C. Feng, Q. Zhang, L. Yu, L. Qi // Nature Communications. – 2015. – No. 6. – P. 7642-7648.
5. Rodriguez, G. M. The Iron Response of Mycobacterium Tuberculosis and Its Implications for Tuberculosis Pathogenesis and Novel Therapeutics / G. M. Rodriguez, N. Sharma, A. Biswas // Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. – 2022. – No. 12. – P. 876667.

6. Liu, Y. Iron in Plant-Pathogen Interactions / Y. Liu, D. Kong, H. L. Wu, H. Q. Ling // *Journal of Experimental Botany*. – 2021. – No. 72. – P. 2114-2124.
7. Pi, H. Ferrous iron efflux systems in bacteria / H. Pi, F. D. Helmann // *Metalloomsics*. – 2017. – No. 9. – P. 840-851.
8. Tonziello, G. Present and future of siderophore-based therapeutic and diagnostic approaches in infectious diseases / G. Tonziello, E. Caraffa, B. Pinchera, G. Granata, N. Petrosillo // *Infectious Disease Report*. – 2019. – No. 11. – P. 30-36.
9. Page, M. G. P. The role of iron and siderophores in infection, and the development of siderophore antibiotics / M. G. P. Page // *Clinical Infectious Diseases*. – 2019. – No. 69. – P. 529-537.
10. Sestok, A. E. Toward a mechanistic understanding of Feo-mediated ferrous iron uptake / A. E. Sestok, R. O. Linkous, A. T. Smith // *Metalloomsics*. – 2018. – No. 10. – P. 887-898.
11. Cain, T. J. Ferric iron reductases and their contribution to unicellular ferrous iron uptake / T. J. Cain, A. T. Smith // *Journal of Inorganic Biochemistry*. – 2021. – No. 218. – P. 111407.

# **БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ И МЕХАНИЗМЫ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ПРОКАРИОТ ПО ОТНОШЕНИЮ К СУ (ОБЗОР)**

**Здорова А.А., Жальских К.А., Говорова В.Д., Сизенцов А.Н. кандидат  
биологических наук, доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** В настоящее время стоит проблема загрязнения почв тяжелыми металлами (ТМ), нарушающими процессы жизнедеятельности живых организмов, в том числе и бактерий, обеспечивающих биологическую активность почв. В данной статье рассмотрены следующие аспекты: влияние меди на прокариот, их ответная реакция на токсическое воздействие металла, а также перспективы использования бактерий, устойчивых к ионам ТМ, для осуществления биоремедиации.

**Ключевые слова:** *Bacillus spp.*, биоремедиация, медь, металл-резистентность.

Медь – необходимый микроэлемент, служащий в качестве кофактора для целого ряда белков, строго контролируемый организмами в связи с высокой активностью. С появлением кислорода на Земле и в процессе эволюции бактериями использовались ионы  $\text{Fe}^{3+}$ , однако из-за более высокой поляризуемости и более предпочтительного строения, стали использоваться ионы меди. Данный элемент является необходимым организмам в окислительно-восстановительных реакциях (например, денитрификация), участвуя в переносе электронов. Однако высокие концентрации данного металла способны угнетать жизнедеятельность, как животных и растений, так и бактерий посредством участия в возникновении кислородных радикалов, катализацией реакции Фентона, а также посредством нарушения сборки белков. В дополнение ионы меди способны атаковать железо-серные центры белков, а также могут приводить к перекисному окислению липидов [Ошибка! Источник ссылки не найден., 4].

Антимикробное действие меди проявляется в нарушении целостности клеточных мембран, индукции перекисного окисления липидов, повреждении белковых структур и деградации нуклеиновых кислот. Ионы меди проникают через клеточную мембрану с помощью энергозависимых транспортных систем. При достижении критической внутриклеточной концентрации происходит нарушение барьерной функции мембраны, что приводит к потере клеточных компонентов - нуклеотидов, аминокислот и ионов калия. Экспериментально подтверждено, что контакт с медью вызывает быструю деполяризацию мембраны и потерю её структурной целостности, сопровождающуюся накоплением свободных радикалов в цитоплазме.

Значительную роль в повреждении клеточных мембран играет генерация активных форм кислорода (АФК). Благодаря способности к обратимому переходу между состояниями  $\text{Cu}^+$  и  $\text{Cu}^{2+}$ , ионы меди катализируют образование высокореактивных гидроксильных радикалов и супероксид-анионов. Это

вызывает окислительный стресс, приводящий к пероксидации липидов, окислительной модификации аминокислот в белках и повреждению нуклеиновых кислот, а также к окислительной инактивации ферментов. Важным аспектом токсического действия меди является нарушение металл-белковых взаимодействий. Ионы меди конкурируют с эссенциальными металлами (такими как  $\text{Fe}^{2+}$ ) за места связывания в активных центрах ферментов, что приводит к нарушению их функции. Этот процесс, известный как гетерометалляция, демонстрируется на примере инактивации изопропилмалатдегидратазы в *E. coli* путём вытеснения железа из железо-серных кластеров [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

У прокариот появились свои особенности в поддержании внутреннего постоянства среды, такие как хелатирование и регуляторы транскрипции, которые препятствуют повышению уровня свободной меди. У бактерий существуют специальные купроферменты [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Белки, связывающие медь (купропротеины) в бактериальных клетках, выполняют преимущественно временные функции, выступая в роли молекулярных шаперонов, накопителей меди или транскрипционных регуляторов. В отличие от них, купроферменты прочно интегрируют медь в свои каталитические центры и постоянно участвуют в ключевых биохимических процессах, включая электронный транспорт (как в аэробных, так и в анаэробных условиях), реакции монооксигенирования и нейтрализацию супероксидных радикалов [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Микроорганизмы применяют четыре основные стратегии для выживания в условиях загрязнения металлами: биосорбцию, биоаккумуляцию, биотрансформацию и биоминерализацию. Эти механизмы не только обеспечивают их адаптацию к токсичной среде, но и активно используются в экологическом восстановлении загрязненных территорий [7].

Внутриклеточное накопление (биоаккумуляция) происходит через активный транспорт ионов через клеточные мембранны. Этот процесс зависит от метаболической активности бактерий: эссенциальные металлы поглощаются специализированными системами, в то время как токсичные металлы могут накапливаться вследствие ошибочного распознавания. При высоких концентрациях загрязнителей микроорганизмы активируют механизмы детоксикации, включая синтез металлотионеинов и других металл-связывающих белков. Накопление также происходит через биоосаждение – ферментативное преобразование металлов в нерастворимые формы (например, фосфаты или сульфиды) [5].

Биосорбция представляет собой физико-химический процесс поглощения тяжелых металлов, который не требует метаболической активности клеток. Механизм основан на способности отрицательно заряженных соединений, расположенных на клеточных мембранных, связывать ионы металлов. Примечательно, что для биосорбции чаще применяют неживую биомассу, поскольку это обеспечивает более высокую эффективность по сравнению с использованием живых микроорганизмов. Эффективность процесса определяется рядом ключевых параметров, включая свойства поверхности клеток, кислотность

среды, температурные условий и характер электростатических взаимодействий между металлами и клеточными структурами [7].

Поверхностное взаимодействие осуществляется за счет функциональных групп клеточной стенки (карбоксильных, фосфатных, гидроксильных и др.), которые связывают катионы металлов через электростатические силы, ионный обмен или комплексообразование. Этот процесс обычно происходит быстро, обратимо и не зависит от метаболизма, что позволяет использовать как живые, так и нежизнеспособные клетки для биосорбции.

Внеклеточное связывание реализуется через выделение полимерных веществ, содержащих отрицательно заряженные функциональные группы. Они представляют собой комплекс соединений, включая нуклеиновые кислоты, гуминовые кислоты, белки и полисахариды, способные связывать катионы металлов с различной специфичностью и аффинностью. Их ключевая роль в биоремедиации обусловлена способностью участвовать в процессе иммобилизации ионов металлов из водных растворов [5,7].

Микроорганизмы обладают значительным потенциалом для снижения концентрации тяжелых металлов в окружающей среде благодаря особенностям своего клеточного строения и механизмам адаптации к токсичным условиям. Их способность изменять уровень металлов реализуется через три основных типа взаимодействий: внутриклеточное, поверхностное и внеклеточное [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Некоторые из бактерий способны вырабатывать толерантность к ионам тяжелых металлов и эффективно нейтрализовать их. Среди наиболее активных в этом отношении организмов, способных фиксировать ионы меди, кадмия и свинца на клеточных стенках, отмечаются виды следующих родов *Bacillus*, *Penicillium*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*.

Как и многие другие ионы тяжёлых металлов, медь считается необходимой для *Bacillus subtilis*, в то время как её концентрация, превышающая норму, может быть токсичной для клеток. Такие виды, как *B. thuringiensis*, *B. cereus*, *B. licheniformis* и *B. sphaericus*, участвуют в удалении Cu, когда их концентрация превышает допустимый предел. Как и в случае с другими видами бактерий, содержание медь в цитозоле регулируется белком CueR. У *B. subtilis* данный белок отвечает за регуляцию оперона *copZA*, который кодирует как шаперон Cu, так и АТФазу Р-типа для выведения Cu. Последняя относится к семейству интегральных белков, которые выводят металлы из клетки [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Они могут быть использованы для биологического восстановления – биоремедиации, за счет способности нейтрализовать вредные соединения через расщепление, обездвиживание, преобразование. Бактерии демонстрируют различные механизмы устойчивости к токсичным металлам, включая: формирование внеклеточных барьеров, активный транспорт ионов из клетки, внеклеточное и внутриклеточное связывание металлов, восстановление ионов до менее токсичных форм [Ошибка! Источник ссылки не найден.,Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Так, ученые пришли к выводу, что *B. licheniformis* при pH 2,0 проявляет отрицательный электростатический заряд клеточной стенки, что способствует

эффективной адсорбции положительно заряженных ионов металлов при значениях pH 4,5 и 6,5. Экспериментально установлено, что штаммы *Bacillus* демонстрируют активный рост при концентрациях меди и цинка до 5 мМ, что подтверждает их высокий потенциал для применения в биотехнологиях очистки окружающей среды [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Наряду с этим следует отметить, что большое значение в металлорезистентности бактерий играет клеточная стенка, которая имеет разное строение у грамположительных и грамотрицательных бактерий. В ходе исследования было установлено, что споры бактерий *B. subtilis*, относящихся к грамположительным, демонстрируют высокую устойчивость к воздействию меди, в отличие от вегетативных клеток, которые проявляют к нему чувствительность. Полученные данные также свидетельствуют, что различия в кинетике бактерицидного действия меди между *B. subtilis* и *E. coli* обусловлены структурными особенностями их клеточных оболочек. Кроме того, было показано, что деградация ДНК у *B. subtilis* является вторичным эффектом воздействия меди на вегетативные клетки *B. subtilis* [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Таким образом, некоторые бактерии бактерий, включая представителей рода *Bacillus*, способны к биоремедиации благодаря устойчивости к широкому диапазону концентраций тяжёлых металлов. Данные механизмы включают транспорт ионов, их активное выведение из клетки и детоксикацию, что в совокупности позволяет микроорганизмам поддерживать и строго регулировать клеточный гомеостаз металлов.

Работа выполнена при поддержке государственного задания FSGU-2023-0007

#### Список литературы

1. Argüello, J. M. Mechanisms of copper homeostasis in bacteria / J. M. Argüello, D. Raimunda, T. Padilla-Benavides // Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. – 2013. – V. 3. – P. 73-78.
2. Кадырова, Г. Х. Скрининг устойчивых к ионам тяжелых металлов почвенных микроорганизмов / Г. Х. Кадырова, А. А. Усманкулова, С. И. Закирьяева // Universum: химия и биология. – 2021. – № 12. – С. 11-18.
3. Determination of bioremediation properties of soil-borne *Bacillus* sp. 5O5Y11 and its effect on the development of Zea mays in the presence of copper / Ü. Z. Üreyen Esertaş, E. Uzunalioğlu, Ş. Güzel, A. Bozdeveci, Ş. Alpay Karaoglu // Archives of Microbiology. – 2020. – V. 202. – № 7. – P. 1817–1829.
4. Dupont, C. L. Copper toxicity and the origin of bacterial resistance – new insights and applications / C. L. Dupont, G. Grass, C. Rensing // Metallomics. – 2011. – V. 3. – P. 110-118.
5. Тяжёлые металлы как фактор изменения метаболизма у микроорганизмов (обзор) / А. И. Фокина, Т. Я. Ашихмина, Л. И. Домрачева [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2015. – № 2. – С. 5.

6. Arendsen, L. P. The Use of Copper as an Antimicrobial Agent in Health Care, Including Obstetrics and Gynecology / L. P. Arendsen, R. Thakar, A. H. Sultan // Clinical Microbiology Reviews. – 2019. – Vol. 32. – № 4. – P. 125-129.
7. Сизенцов А. Н. Бактериальная ремидиация и перспективы ее использования (обзор) / А. Н. Сизенцов, Е. В. Сальникова // Экосистемы. – 2024. – № 38. – С. 150-165.
8. San, K. Antimicrobial copper alloy surfaces are effective against vegetative but not sporulated cells of gram-positive *Bacillus subtilis* / K. San, J. Long, C. A. Michels, N. Gadura // MicrobiologyOpen. – 2015. – V. 4. – № 5. – P. 753–763.
9. A. Cu Homeostasis in Bacteria: The Ins and Outs / A. Andrei, Y. Öztürk, B. Khalfaoui-Hassani [et al.] // Membranes. – 2020. – V. 10. – № 9. – P. 242-246
10. Alotaibi, B. S. Unraveling the Underlying Heavy Metal Detoxification Mechanisms of *Bacillus Species* / B. S. Alotaibi, M. Khan, S. Shamim // Microorganisms. – 2021. – V. 9. – № 8. – P. 1628-1632.

# **ПОЧВА КАК ИСТОЧНИК ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ (ОБЗОР)**

**Илюхина О.Ю.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** почва является одним из ключевых компонентов биосферы, выполняющим важнейшие экологические функции. Помимо своей роли в поддержании биоразнообразия и круговорота веществ, почва служит богатым источником генетических ресурсов и биологически активных соединений, имеющих большое значение для медицины, биотехнологии и сельского хозяйства. Микроорганизмы, грибы, растения и беспозвоночные, обитающие в почве, производят уникальные метаболиты, обладающие антимикробными, противоопухолевыми, иммуномодулирующими и другими ценными свойствами. В условиях роста резистентности патогенов к существующим антибиотикам и необходимости разработки новых лекарственных препаратов изучение почвенных генетических ресурсов приобретает особую значимость.

**Ключевые слова:** *микроорганизмы, антибиотики, стрептомицин, пеницилин, *Mycobacterium tuberculosis**

Долгое время туберкулез, или чахотка, был приговором. Эта болезнь, вызываемая бактерией *Mycobacterium tuberculosis*, уничтожала целые семьи, унося жизни молодых и старых. До середины XX века арсенал врачей в борьбе с этим недугом был крайне ограничен. Санаторное лечение с чистым воздухом и усиленным питанием, хирургические вмешательства, направленные на удаление пораженных тканей, и искусственный пневмоторакс – процедура, при которой в плевральную полость вводился воздух, чтобы вызвать коллапс легкого и дать ему возможность «отдохнуть» – были основными, но далеко не всегда эффективными средствами. Эти методы могли облегчить состояние больного, но редко приводили к полному излечению [1,2].

Ситуация кардинально изменилась с открытием стрептомицина в 1944 году. Этот антибиотик, выделенный из актиномицета *Streptomyces griseus*, обитающего в почве, стал настоящим прорывом. Стрептомицин был первым препаратом, способным непосредственно уничтожать туберкулезную палочку, а не просто сдерживать ее распространение. Эффективность стрептомицина оказалась настолько высокой, что он быстро стал золотым стандартом лечения туберкулеза во всем мире. Это позволило значительно сократить смертность от болезни и вернуть к полноценной жизни миллионы людей [12].

Однако, триумф стрептомицина был омрачен несколькими факторами. Во-первых, препарат оказался достаточно токсичным, вызывая побочные эффекты, такие как ототоксичность (повреждение слуха) и нефротоксичность (повреждение почек). Необходимо было тщательно контролировать дозировку и состояние пациента во время лечения. Во-вторых, *Mycobacterium tuberculosis* оказалась способной развивать устойчивость к стрептомицину, что со временем снижало

эффективность препарата. Это стимулировало ученых к поиску новых антибиотиков и разработке комбинированных схем лечения, чтобы предотвратить развитие резистентности.

Несмотря на недостатки, стрептомицин сыграл колоссальную роль в борьбе с туберкулезом. Он стал первым шагом на пути к эффективной антибиотикотерапии этого заболевания и послужил толчком для дальнейших исследований в области антибиотиков [4,5].

Открытие стрептомицина подчеркивает важность почвенных микроорганизмов как источника новых лекарственных средств. Почва – это сложнейшая экосистема, в которой обитают миллиарды бактерий, грибов, водорослей, простейших и других микроорганизмов. Они играют ключевую роль в круговороте веществ, разлагая органические остатки и высвобождая питательные вещества для растений. Но, помимо этого, многие почвенные микроорганизмы вырабатывают биологически активные соединения, в том числе антибиотики, которые помогают им выживать в конкурентной борьбе с другими микробами [11].

История открытия пенициллина, произошедшая задолго до триумфа стрептомицина, служит ярким примером важности случайности и наблюдательности в науке. Шотландский бактериолог Александр Флеминг, посвятивший себя борьбе с инфекциями, в 1928 году обнаружил, что колония плесневого гриба *Penicillium notatum*, случайно попавшая в чашку Петри с бактериальной культурой стафилококков, подавляет их рост. Флеминг сумел выделить активное вещество, названное пенициллином, которое обладало мощным антбактериальным действием. Это открытие открыло новую эру в медицине – эру антибиотиков [3,6,7,13].

Интересно, что сам Флеминг еще в 1922 году обнаружил лизоцим – фермент, содержащийся в слезах и слюне человека, обладающий антбактериальными свойствами. Эта работа, хоть и не привела к созданию полноценного лекарства, показала ученым мир антбактериальных веществ, существующих в природе.

В настоящее время, в связи с ростом устойчивости бактерий к существующим антибиотикам, поиск новых источников антибиотиков становится особенно актуальным. Почва остается богатейшим резервуаром микроорганизмов, многие из которых еще не изучены. Современные методы геномики и метагеномики позволяют ученым исследовать генетический потенциал почвенных микроорганизмов и выявлять гены, ответственные за синтез новых антибиотиков [8,9].

Однако, поиск новых антибиотиков сопряжен с рядом трудностей. Во-первых, многие потенциальные антибиотики, выделенные из почвенных микроорганизмов, оказываются слишком токсичными для использования в медицине. Во-вторых, даже если удается выделить безопасный и эффективный антибиотик, его производство в промышленных масштабах может быть сложным и дорогостоящим. И, наконец, необходимо учитывать вероятность развития устойчивости бактерий к новым антибиотикам, что требует разработки новых стратегий борьбы с инфекциями.

Несмотря на эти вызовы, перспективы использования почвенных микроорганизмов для разработки новых антибиотиков остаются многообещающими. Понимание сложных взаимодействий между микроорганизмами в почве, применение передовых технологий и, безусловно, элемент удачи, могут привести к новым открытиям, которые помогут победить даже самые устойчивые инфекции и спасти множество жизней. Стрептомицин и пенициллин – лишь первые главы в этой захватывающей истории. Будущее антибиотикотерапии, возможно, скрывается в глубинах почвы, ожидая своего часа [10].

#### Список литературы

1. Александрова, Л. Н. Органическое вещество почв и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. – Л. : Наука, 1980. – 286 с.
2. Бабьева, И. П. Биология почв / И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. – М. : Изд-во МГУ им. М. В. Ломоносова, 1989. – 336 с.
3. Базилевич, Н. И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии / Н. И. Базилевич. – М. : Наука, 1993. – 293 с.
4. Бугаевский, К. А. Открытие пенициллина и стрептомицина, антибиотики и их создатели, в отражении средств коллекционирования / К. А. Бугаевский, О. В. Пешиков, М. В. Пешикова // Вестник оперативной хирургии и топографической анатомии. – 2021. – Т. 1, № 2(3). – С. 27-34. – EDN LDXYEO.
5. Бугаевский, К. А. Открытие пенициллина и стрептомицина, антибиотики и их создатели, в отражении средств коллекционирования / К. А. Бугаевский, О. В. Пешиков, М. В. Пешикова // Вестник оперативной хирургии и топографической анатомии. – 2021. – Т. 1, № 2(3). – С. 27-34. – EDN LDXYEO.
6. Вальков, В. Ф. Плодородие почв: экологические, социальные и почвенно-генетические особенности / В. Ф. Вальков, Т. В. Денисова, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – Ростов н/Д : Изд-во Южного федерального университета, 2013. – 267 с.
7. Герасимов, И. П. Генетические, географические и исторические проблемы современного почвоведения / И. П. Герасимов. – М.: Наука, 1976. – 299 с.
8. Глазовская, М. А. Общее почвоведение и география почв / М. И. Глазовская. – М.: Высшая школа, 1981. – 400 с.
9. Добровольский, Г. В. Экология почв. Учение об экологических функциях почв / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – 2-е изд. – М. : Изд-во МГУ им. М. В. Ломоносова, 2012. – 412 с.
10. Звягинцев, Д. Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. П. Бабьева, Г. М. Зенова – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.
11. Звягинцев, Д. Г. Почва и микроорганизмы / Д. Г. Звягинцев. – М. : Изд-во МГУ им. М. В. Ломоносова, 1987. – 256 с.
12. Зубкова Т.А. Почва в современном мире: медицинское почвоведение, «пределы роста», экологическое сознание. – М.: Граница, 2023. – 136 с.

13. Казеев, К. Ш. Биодиагностика почв: методология и методы исследований / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – Ростов-н/Д : Изд-во Южного федерального университета, 2012. – 260 с.

# **ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ И БИОРАЗНООБРАЗИЕ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ**

**Корзун А. О., Науменко О. А., кандидат медицинских наук, доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация.** В представленной работе проводится анализ экологического значения дождевых червей (*Lumbricidae*), ключевых факторов, определяющих их географическое распространение в глобальном масштабе. Выявляется зависимость видового состава и плотности популяций от абиотических условий (температура, влажность, pH и тип почвы) и биотических факторов (растительный покров, доступность органического вещества). Также рассматривается зависимость видового разнообразия червей в зависимости от различных факторов среды.

**Ключевые слова:** *дождевые черви, виды, разнообразие, экология, почва, климатические условия.*

Дождевые черви играют важную роль в экосистемах, выполняя множество функций и предоставляя важные экосистемные услуги. Их влияние на стабильность и функционирование экосистем, вероятно, тесно связано с их численностью, биомассой и экологической группой. Поэтому изучение распределения и условий существования дождевых червей в различных условиях имеет большое значение для прогнозирования последствий изменений в их популяциях на уровне экосистемы. Полевые исследования показали, что такие почвенные характеристики, как pH и содержание углерода, оказывают значительное влияние на разнообразие дождевых червей. [1]. Низкий уровень pH ограничивает разнообразие видов дождевых червей, уменьшая доступность кальция. В то же время углерод в почве выступает важным ресурсом, способствующим поддержанию численности и разнообразия популяций. Помимо множества взаимосвязанных свойств почвы, на видовое разнообразие дождевых червей могут влиять и другие факторы, такие как климатические условия и растительность [2]. Однако на данный момент ни одна из существующих моделей не включает полный спектр экологических факторов, влияющих на сообщества дождевых червей, что затрудняет выявление наиболее значимых из них в глобальном масштабе. Предполагается, что дождевые черви обладают высоким видовым разнообразием в тропических регионах благодаря высокому уровню эндемизма [10]. Тем не менее, это региональное разнообразие может не всегда отражаться на локальном уровне. В умеренных климатических зонах, напротив, локальное разнообразие может быть выше [3], но при этом включать меньшее количество эндемичных видов. Предполагается, что, что показатели видового разнообразия дождевых червей не будут строго соответствовать глобальным закономерностям, а будут демонстрировать тенденцию к увеличению с увеличением широты, как это наблюдается в Европе. Это предположение согласуется с результатами предыдущих региональных исследований, которые

также показали, что видовое богатство дождевых червей возрастает с увеличением географической широты [4]. Учитывая сложную взаимосвязь между сообществами дождевых червей, характеристиками почвенного покрова и свойствами почвы на локальном уровне, ожидается, что почвенные параметры, такие как pH и содержание органического углерода, будут играть ключевую роль в определении распространения дождевых червей.

Были объединены 180 наборов данных из литературы и неопубликованных полевых исследований, чтобы создать набор данных, охватывающий 57 стран и включающий наблюдения 6928 участков. Это стало возможным благодаря структурированной базе данных, собранной учёными: Карлос Антонио Гуретта, Мария Брионес, Джордж Браун, Мари Братз и ещё многими другими.

В соответствии с полученными результатами в ходе исследований, прогнозирование разнообразия дождевых червей на основе глобальных данных об окружающей среде привело к оценкам от одного до четырёх видов на участке на большей части земной поверхности (в среднем 2,42 вида; стандартное отклонение 2,19) представлено на рисунке 1, где жёлтый цвет указывает на высокое разнообразие, а тёмно-фиолетовый — на низкое разнообразие. Серые области — это категории растительного покрова, для которых не было собрано образцов [5].

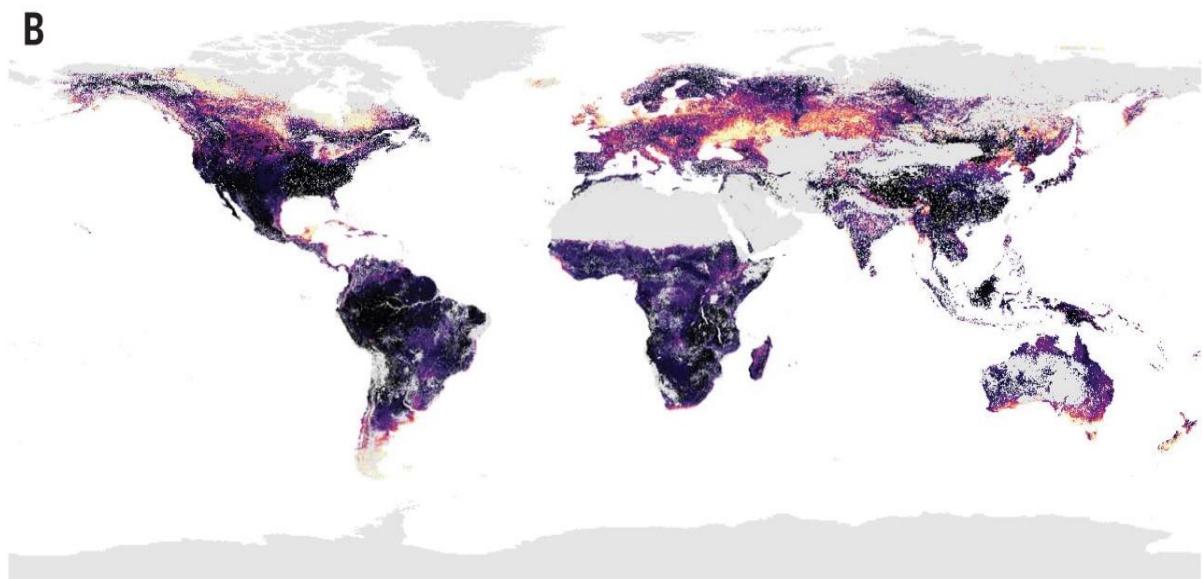


Рис 1 – Видовое разнообразие дождевых червей

Вполне вероятно, что в тропиках в целом обитает больше видов. Прогнозируемая общая численность местного сообщества дождевых червей обычно составляла от 5 до 150 особей на м<sup>2</sup> по всему миру, что соответствует другим оценкам [6] (на рисунке 2 представлено среднее значение – 78 особей; стандартное отклонение – 98,94). Наблюдалась небольшая тенденция к тому, что районы с более высокой общей численностью населения располагались в регионах с умеренным климатом, таких как Европа (в частности, Великобритания, Франция и Италия), Новая Зеландия, а также часть Пампасов и прилегающих

регионов Южной Америки, а не в тропиках. Более низкая общая численность населения наблюдалась во многих тропических и субтропических регионах, таких как Бразилия, Центральная Африка и некоторые части Индии. Учитывая положительную взаимосвязь между общим количеством и функциями экосистемы, в регионах с меньшим количеством дождевых червей такие функции могут быть снижены или выполняться другими почвенными организмами [7].

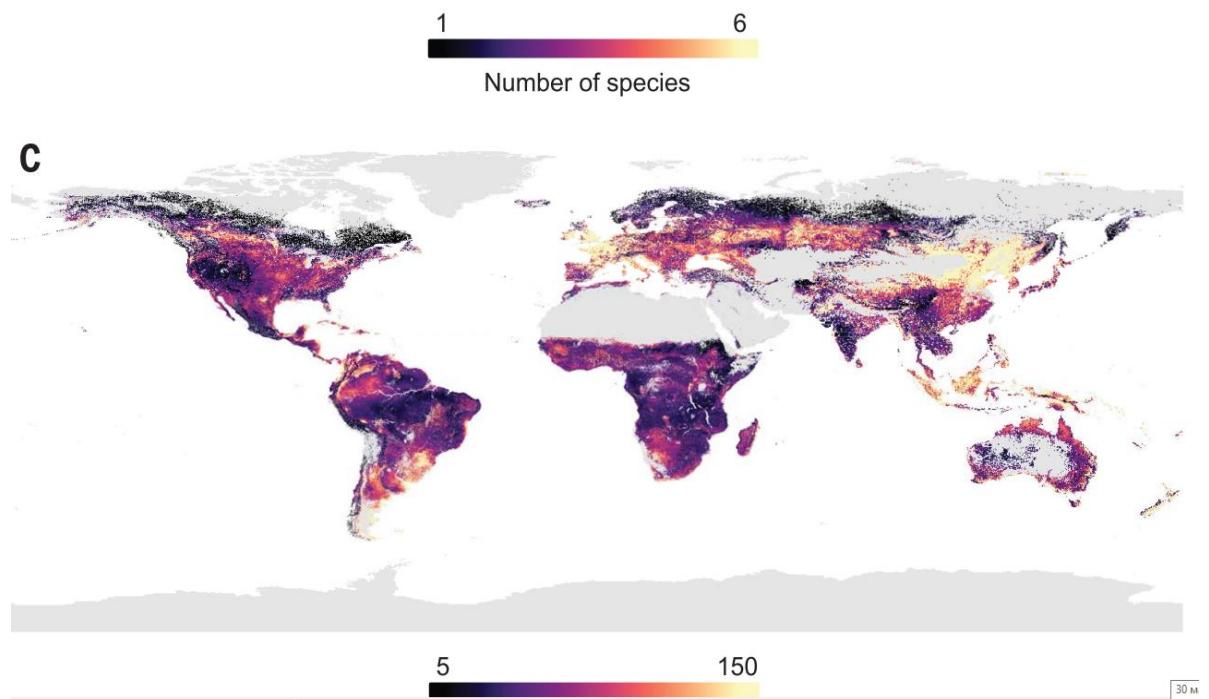
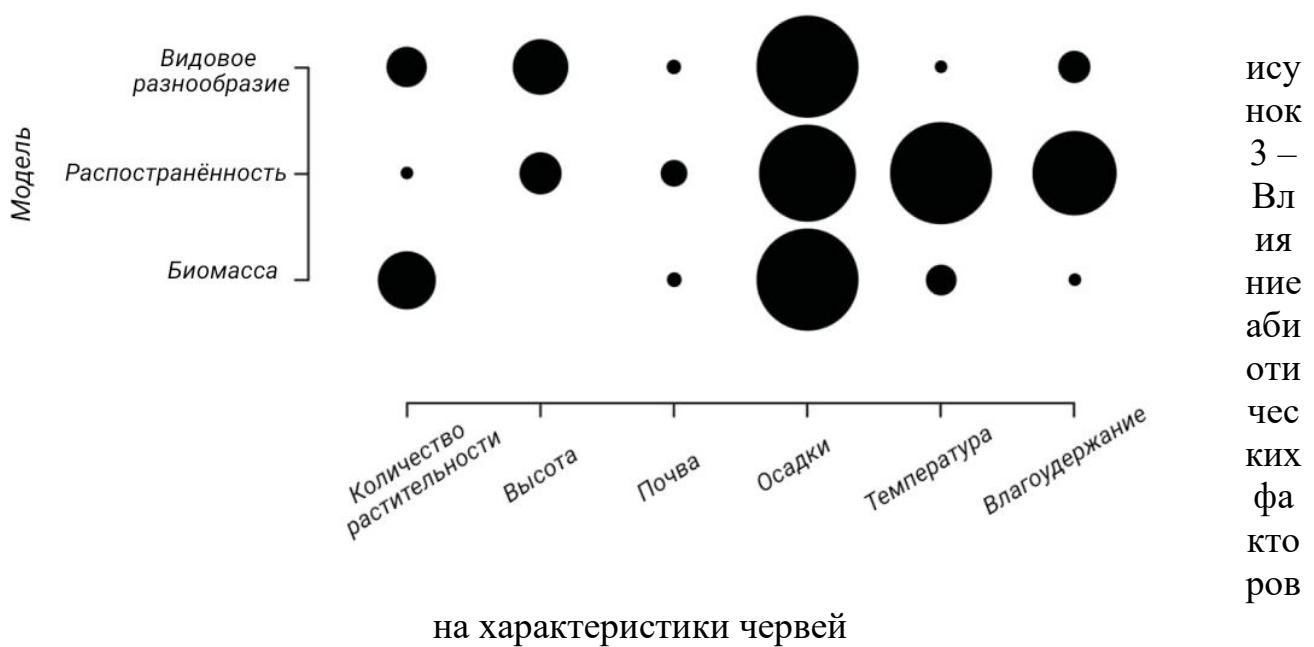


Рисунок 2 – Общая численность дождевых червей

Для всех трёх характеристик (видовое разнообразие, общая численность и биомасса) наиболее важными факторами были климатические условия как показано на рисунке 3. Важность климатических переменных в формировании разнообразия и моделей распределения в больших масштабах подтверждается для многих наземных таксонов [8]. Это говорит о том, что методы и данные, связанные с климатом, которые обычно используются макроэкологами для оценки наземного биоразнообразия, могут также подходить для оценки сообществ дождевых червей. Однако тесная связь между климатическими переменными и показателями сообществ дождевых червей вызывает беспокойство, поскольку в ближайшие десятилетия климат продолжит меняться из-за антропогенной деятельности [9]. Результаты также показывают, что изменения температуры и количества осадков, вероятно, влияют на разнообразие и распределение дождевых червей, что сказывается на выполняемых ими функциях [10].



Обобщая результаты выше изложенного следует отметить, что распространение дождевых червей преимущественно связано с влажными и плодородными почвами, где они находят оптимальные условия для жизни и размножения. Их присутствие способствует улучшению структуры почвы, а также всему экосистемному балансу за счет разложения органических остатков и повышения плодородия. Условия их существования включают влажную среду, достаточную насыщенность кислородом и умеренные температуры.

#### Список литературы

1. Holdsworth, A. Litter decomposition in earthworm-invaded northern hardwood forests: Role of invasion degree and litter chemistry // Holdsworth A. R, Frelich L. E, Reich P. B; Ecoscience - 2008. Vol. 15. No 4. P. 536–544.
2. Blouin, M. A Review of Earthworm Impact on Soil Function and Ecosystem Services. European Journal of Soil Biology // M. Blouin; European Journal of Soil Biology - 2013. № 64, 161–182
3. Craven, D. Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes // D. Craven; Journal Nature - 2017. 23, 1065–1074
4. Edwards, A. Earthworm Ecology // A. Edwards; Ecological Questions - 2004. 30, 1072-1083
5. Rutgers, M. Applied Soil Ecology: scientific article // M. Rutgers; Ecoscience - 2016. 97, 98–111
6. Hendrix, P. F. Bioscience: scientific article // P. F. Hendrix, P. J. Bohlen; Soil and Tillage Research - 2002. 52, 801–811
7. Pearce, G. Animal Ecology: scientific article // G. Pearce; Microbiological Methods for Assessing Soil Quality - 1972. 41, 167

8. Campbell, C. D. BMC Ecology: scientific article // Campbell, C.D., Chapman, S.J., Cameron, C.M., Davidson University of Amsterdam, The Netherlands. .2013.13, 46 (2013).
9. Mathieu, J. Glaciation as an historical filter of below-ground biodiversity: scientific article // J. Mathieu, T. J. Davies, J. Biogeogr; Soil Ecology - 2014. 41, 1204–1214
10. Lavelle, P. Plant Soil : scientific article // P. Lavelle, C. Lattaud; Appl. Environ. Microbiology - 1995. 170, 23–33

# **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ОРЕНБУРГСКОГО РАЙОНА**

**Крутских М.Е., Укенов Б.С., кандат биологических наук**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** В статье рассматривается проблема загрязнения почв в Оренбургском районе, обусловленная высоким содержанием серы и тяжелых металлов. Анализируются источники загрязнения, включая промышленную деятельность, сельское хозяйство и транспорт. Оценены экологические последствия, такие как ухудшение состояния почвы, риски для здоровья населения и снижение биоразнообразия. Предложены рекомендации по мониторингу, восстановлению и устойчивым практикам ведения сельского хозяйства для минимизации негативных эффектов загрязнения.

**Ключевые слова:** *серы, тяжелые металлы, почва, мониторинг.*

Оренбургский район, расположенный на пересечении Европы и Азии, славится своим многообразием природных ресурсов и экосистем. Однако с увеличением интенсивности сельскохозяйственного производства и промышленности наблюдается нарастающая проблема загрязнения почв, что вызывает серьезные опасения. В частности, загрязнение почв серой и тяжелыми металлами представляется особенно актуальным. Эти химические элементы могут оказывать значительное негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека, что делает необходимым их полный анализ и оценку.

В работе анализируются источники загрязнения почв в Оренбургском районе, а также обсуждаются последствия, которые это загрязнение может оказывать на экосистему и здоровье населения. Важность данной темы обуславливается необходимостью разработки эффективных решений для минимизации воздействия на природные ресурсы и сохранение экологического баланса.

Сера — это один из ключевых элементов в биологических процессах. Она необходима для формирования аминокислот, таких как метионин и цистеин, которые имеют важное значение в процессе формирования белков. Сера также участвует в синтезе витаминов и ферментов, что делает ее важным микроэлементом для нормального роста растений [1]. Однако повышенное содержание серы в почвах может оказывать негативное воздействие на растения. В частности, высокая концентрация может приводить к токсикозу — нарушению усвоения других жизненно важных для растений элементов, таких как азот и фосфор. Это негативно сказывается на состоянии сельскохозяйственных культур и приводит к снижению их урожайности.

Тяжелые металлы, включая свинец, кадмий, ртуть, никель и др. не имеют известной биологической роли в метаболизме растений. Эти элементы могут накапливаться в почве и в пищевых цепях, создавая серьезные угрозы для экосистем [2]. Токсическое воздействие тяжелых металлов может приводить к различным патологиям у животных и человека, включая поражения органов,

нарушение нервной системы и репродуктивных функций. Металлы, таким образом, становятся опасными не только для окружающей среды, но и для здоровья населения, что делает исследование их содержания в почвах особой проблемой.

Промышленность является одним из главных источников загрязнения почв в Оренбургском районе:

– Металлургические предприятия: промышленные процессы в металлургии сопряжены с выбросами серосодержащих газов, а также тяжелых металлов. Эти выбросы могут оседать в поверхностных слоях почв, приводя к ее загрязнению. Заводы, производящие цинк и свинец, особенно влияют на содержание этих металлов в почвах [3].

– Нефтепереработка: процессы, связанные с добычей и переработкой нефти также вносят свой вклад в загрязнение. Это происходит за счет выбросов серы и других токсичных веществ, что может привести к активации химических реакций, ускоряющих загрязнение почвы.

Сельское хозяйство в Оренбургском районе активно использует химические вещества, что может приводить к загрязнению почв:

– Удобрения: применение синтетических удобрений, содержащих серосодержащие соединения, может повышать содержание серы в почвах. Также некоторые удобрения могут содержать тяжелые металлы, которые накапливаются в почве и аккумулируются растениями.

– Пестициды: применение химических средств защиты растений может привести к накоплению тяжелых металлов в почвах. Частое использование таких средств, как гербициды и инсектициды, негативно сказывается на биологическом разнообразии и состоянии экосистемы.

Транспорт района также вносит свой вклад в загрязнение:

– Выбросы выхлопных газов: транспорт является источником серы, которая попадает в атмосферу и оседает на почвах. Особенно велико это воздействие вблизи загруженных автодорог и промышленных зон.

– Автомобильный и железнодорожный транспорт: ветровые потоки могут переносить загрязняющие вещества на значительные расстояния, что приводит к локальному повышению концентрации токсичных элементов в определенных участках.

Неорганические отходы, накапливающиеся на свалках, могут содержать тяжелые металлы и другие токсичные вещества [4].

– Несанкционированные свалки: это опасная практика, так как несанкционированные стихийные свалки становятся источником поступления загрязняющих элементов в почву. Электроника, батарейки и другие отходы могут содержать тяжелые металлы, такие как свинец и ртуть, что усугубляет ситуацию.

Загрязнение почвы серой и тяжелыми металлами негативно влияет на ее здоровье. Высокие концентрации этих элементов снижают плодородие, сокращают содержание необходимых микроорганизмов и гумуса. Это приводит к замедлению процессов разложения органических веществ и ухудшению структурной целостности почвы, что сказывается на ее способности удерживать влагу и питательные вещества. В итоге снижается урожайность

сельскохозяйственных культур, что может повлиять на продовольственную безопасность района [5].

Почвы играют важную роль в фильтрации и очистке воды. Загрязненные почвы могут стать источником загрязнения рек и водоемов:

- Просачивание токсичных веществ: тяжелые металлы и другие химические соединения могут попадать в подземные и поверхностные воды, ухудшая их качество. Это создаёт риски для экосистем, живущих в этих водоемах, а также для людей, использующих эту воду для бытовых нужд или орошения.

- Продукты питания: токсичные вещества, находящиеся в воде, могут накапливаться в рыбе и других водных организмах, что также создает риск для здоровья человека.

Постепенное накопление тяжелых металлов в организмах людей может приводить к ряду заболеваний:

- Токсикоз: высокая концентрация токсичных веществ в пищевых продуктах, полученных из загрязненных почв, может вызывать острые и хронические интоксикации.

- Заболевания: долгое воздействие тяжелых металлов может привести к различным заболеваниям, включая онкологические росты, нарушения функций печени, почек и нейросенсорного аппарата.

Загрязнение почвы приводит к угнетению местных экосистем и может вызывать исчезновение многих видов:

- Потеря флоры и фауны: повышенные уровни токсичных веществ могут приводить к снижению численности и разнообразия биоценозов, что, в свою очередь, нарушает экосистемное равновесие и вызывает последствия для всей пищевой цепи [6].

- Локальные исчезновения: некоторые виды могут оказаться под угрозой вымирания в результате потери местообитаний из-за токсичных загрязнений.

Для эффективного управления состоянием почв необходимо внедрение систем мониторинга:

- Регулярные замеры: периодический анализ содержания серы и тяжелых металлов в почвах позволяет своевременно выявить проблемы и разработать меры по их устраниению.

- Атмосферные исследования: необходимо изучать влияния погоды на распространение загрязнителей, а также возможности их оседания [7].

Промышленный сектор должен внедрять новые экологически безопасные технологии:

- Чистые технологии: использование технологий, которые минимизируют выбросы серосодержащих соединений и тяжелых металлов, поможет сократить влияние на окружающую среду.

- Замкнутые циклы: применение программ по утилизации и переработке отходов сократит количество новых загрязняющих веществ.

Сельское хозяйство должно переориентироваться на более безопасные методы:

– Севооборот и органическое земледелие: переход на методы, которые требуют меньшего использования химических препаратов, улучшит состояние почв [8].

– Потребление местных ресурсов: поощрение местного производства и потребления позволит снизить общую нагрузку на экосистему.

Повышение осведомленности местного населения по вопросам экологии имеет важное значение:

– Образовательные программы: реализация программ для фермеров и населения о бережном использовании почв и необходимости снижения загрязнения.

– Участие сообщества: вовлечение граждан в проекты по восстановлению экологии и очищению территорий поможет консолидации усилий по охране окружающей среды [9].

Процессы восстановления загрязненных территорий становятся актуальными:

– Фитомелиорация: использование специально подобранных растений для очищения почвы от тяжелых металлов и улучшения ее состояния.

– Технические меры: применение технологий по очистке почвы, таких как экскавация и замена загрязненных слоев [10].

Загрязнение почв тяжелыми металлами и другими химическими веществами является одной из ключевых экологических проблем, требующих значительного внимания. Источники загрязнения, такие как промышленные выбросы, использование неэффективных удобрений и несанкционированные захоронения отходов, приводят к накоплению токсичных веществ в почве, что наносит ущерб экосистемам и здоровью человека [11].

Тяжелые металлы оказывают негативное влияние на флору и фауну, снижая биоразнообразие и нарушая экологические процессы. Заболевания, вызванные воздействием этих элементов, особенно опасны для уязвимых групп населения, таких как дети [12].

Для решения этой проблемы необходимо внедрение комплексных мер, включая совершенствование законодательства, технологии очистки и рекультивации, а также мониторинг состояния почв. Устойчивое земледелие и экологическое образование также играют важную роль в борьбе с загрязнением.

Важность защиты почвенных ресурсов трудно переоценить: каждое действие в этом направлении способствует улучшению качества жизни и сохранению экологического баланса на планете. В итоге, совместные усилия общества, ученых и государственных структур могут значительно снизить уровень загрязнения и восстановить здоровье экосистем.

#### Список литературы

1. Теплая Г. А., Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды // Астраханский вестник экологического образования. – 2013.– №1 (23). – С.182 — 184.
2. Мосолов, А. Г. Экологические проблемы и методы их решения в условиях современного общества. — Москва: Издательство МГУ, 2021. — 280 с.

3. Синяков, А. А., Гусев, С. А. Загрязнение почвы: причины, последствия и методы мониторинга. — Санкт—Петербург: Гидрометеоиздат, 2020. — 196 с.
4. Щербина, А. В., Козлов, А. А. Влияние тяжелых металлов на экосистемы. // Экология и жизнь. — 2019. — № 4. — С. 45—50.
5. Лобанова, Н. Н. Загрязнение окружающей среды и его влияние на здоровье человека. // Российский медицинский журнал. — 2020. — Т. 28, № 1. — С. 12—15.
6. Кулакова, Л. И. Методические подходы к выявлению и идентификации инновационных рисков / Л. И. Кулакова // Экономические науки. — 2023. — № 219. — С. 9 — 13.
7. Федосеев, А. В. Экологическое состояние земель в России. // Наука и техника. — 2018. — Т. 15, № 3. — С. 89—95.
8. Ивашкин, Е. В. Проблемы охраны окружающей среды: Chemicals and Their Impact on the Environment / Е. В. Ивашкин // Экология и окружающая среда. — 2021. — Т. 54, № 2. — С. 10—20.
9. Ведерников, А. Г., Григорьев, М. А. Проблемы загрязнения почв тяжелыми металлами в России. // Вестник экологии. — 2021. — Т. 12, № 2. — С. 65—72.
10. Ушакова Е. С., Экологическое состояние почв промышленных территорий (на примере г. Березники, Пермский край) сравнение отечественных и зарубежных методов оценки // Известия ТПУ. — 2020. — №10. — С. 58 – 60.
11. Давыдова, Т. В. Загрязнение почвы и его влияние на экосистемы / Т. В. Давыдова. — Санкт—Петербург: Гидрометова, 2021. — 250 с.
12. Козлов, А. Н., Тихомиров, В. А. Тяжелые металлы в экосистемах и их влияние на здоровье человека / А. Н. Козлов, В. А. Тихомиров // Проблемы экологии. — 2023. — Т. 10, № 2. — С. 34—40. DOI: 10.31038/PE.2023.2.5

# **ВЛИЯНИЕ СВЧ-ПОЛЯ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДНО-ГЛИНИСТЫХ СУСПЕНЗИЙ**

**Каныгина О.Н., доктор физико-математических наук, профессор,  
Кушнарева О.П.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** Исследовано влияние воздействия СВЧ-поля на кинематическую вязкость водо-глинистых супензий, содержащих частицы полиминерального и монтмориллонит содержащих природных комплексов. Установлено, что высокочастотное электромагнитное излучение понижает вязкость в обоих случаях до 10%. Этот эффект может быть связан с уменьшением толщины водных оболочек на частицах в процессе обработки в СВЧ-поле.

**Ключевые слова:** *водно-глинистая супензия; полиминеральные комплексы, кинематическая вязкость, СВЧ-поле, структурный коэффициент.*

Водно-глинистые супензии – это сложные гетерогенные системы с развитой поверхностью частиц и многогранными свойствами, которые зависят от множества факторов. Реологические свойства, описываемые, в первую очередь, при помощи вязкости супензии, позволяют эффективно использовать водо-глинистые супензии в различных областях.

От вязкости супензии зависит ее устойчивость, скорость оседания частиц и характер взаимодействия фаз в дисперсной системе. Областью научных интересов авторов является изучение адсорбционных свойств глинистых минералов и поэтому одним из аспектов исследования стало выяснение влияния СВЧ-обработки на вязкость водо-глинистых супензий с тем, чтобы в дальнейшем охарактеризовать влияние этого параметра на эффективность адсорбции ионов тяжелых металлов из растворов.

В работе исследовано влияние СВЧ-воздействия на вязкость водо-глинистых супензий природных глин Оренбуржья,

Объекты исследования – монтмориллонит содержащая глина и природный полиминеральный комплекс, химический, фазовый, дисперсный составы которых ранее были охарактеризованы в работах 1,2].

Для обработки исследуемых образцов использовалась СВЧ-печь марки Samsung MS 1770OMP с выходной мощностью излучения 800 Вт и рабочей частотой 2,55 ГГц. Образец помещался в фарфоровую чашечку, установленную на вращающуюся тарелку микроволновой печи. СВЧ-воздействие происходило в течение 10 минут при использовании высокой мощности. Вязкость супензий, приготовленных смешиванием 100 мл воды и навесок высущенных порошков глин, измеряли с помощью вискозиметра В3-4, погрешность составляла 0,05 с.

Экспериментально были измерены значения условной вязкости супензий, которые затем в соответствии с уравнением (1) были приведены к данным кинематической вязкости.

$$v_t = 7,31 \cdot {}^{\circ}\text{BY}_t - \frac{6,31}{{}^{\circ}\text{BY}_t}, \quad (1)$$

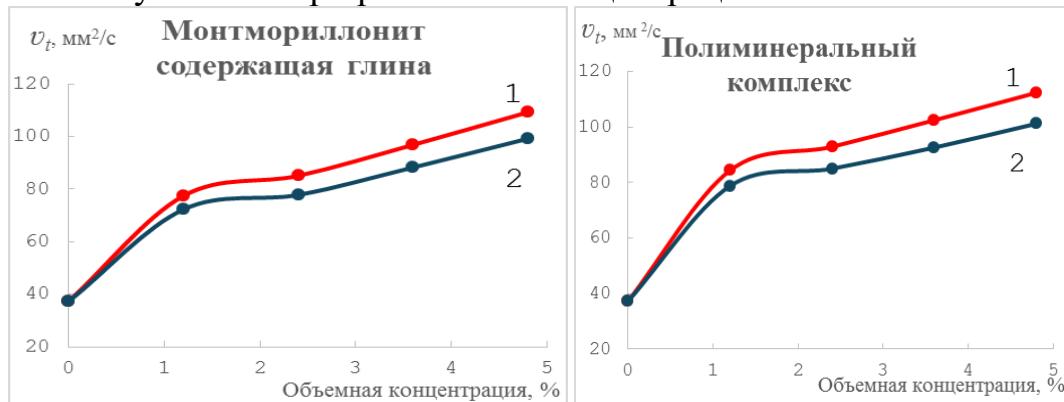
где  $v_t$  – кинематическая вязкость,  $\text{мм}^2/\text{с}$ ;  
 ${}^{\circ}\text{BY}_t$  – условная вязкость, с.

Концентрационные зависимости вязкости для глинистых частиц описываются полиномиальными функциями третьего порядка в соответствии с уравнением вязкости (2):

$$\eta = \eta_0(1 + \alpha c), \quad (2)$$

где  $\eta$  и  $\eta_0$  – соответственно, вязкости суспензии и воды;  
 $c$  – объемная концентрация;  
 $\alpha$  – структурный коэффициент, зависящий от формы и качества поверхности частиц [3].

На рисунке 1 показано влияние СВЧ-обработки на показатели вязкости водно-глинистых суспензий при различных концентрациях.



1 – нативные образцы, 2 – после воздействия СВЧ – поля

Рисунок 1 - Зависимость кинематической вязкости от объемной концентрации

Полученные кривые имеют одинаковый характер, они симбатны и отличаются величиной структурного коэффициента, что обусловлено различиями формы особенностями поверхностей частиц.

Вязкость обеих суспензий после воздействия СВЧ-поля уменьшается. Степень этого уменьшения в зависимости от объемной концентрации частиц глин приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Изменения кинематической вязкости водно-глинистых суспензий после СВЧ-воздействия

Объемная концентрация глины, %	Массовая доля частиц, %	ММ глина; $d \frac{\eta}{\eta_0}, \%$	ПМК $d \frac{\eta}{\eta_0}, \%$
0	0	0	0
1,2	3	6,66	6,62
2,4	6	8,56	8,47
3,6	9	8,89	9,61
4,8	12	9,19	9,92

Согласно приведенным в таблице значениям, частицы полиминеральной глины в большей степени откликаются на воздействие СВЧ-поля, особенно при больших содержаниях. Этот факт подтверждается расчетом значений коэффициентов  $\alpha$ , соответствующих структурным изменениям частиц при изменении концентрации на 1 %. Средние значения структурного коэффициента для супензии ММ-глины составили до обработки 0,57 после обработки 0,49. Для супензии ПМК: до 0,64, после 0,56.

На основе полученных результатов были построены качественные модели для микроструктур водно-глинистых супензий, они представлены на рисунке 2 [4].

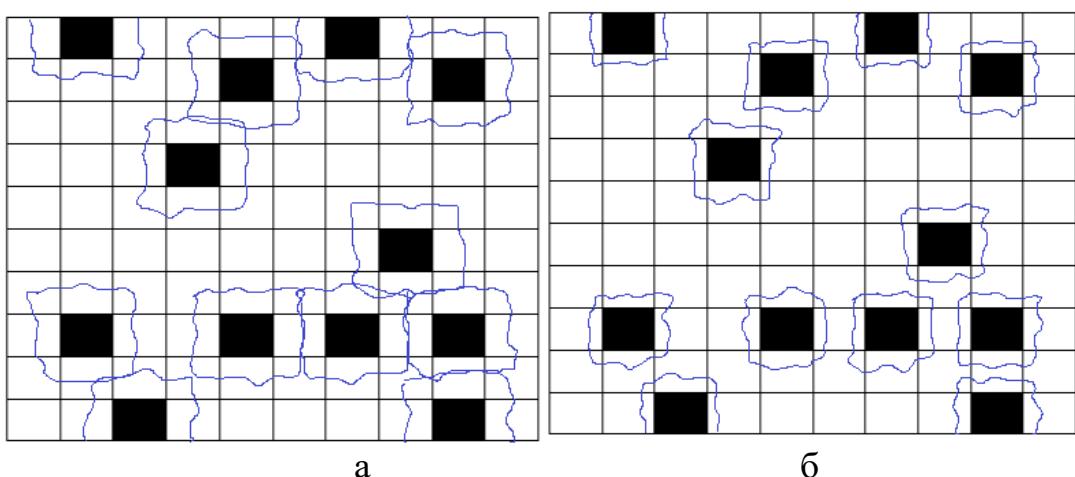


Рисунок 2 – Модели микроструктуры супензии: а) супензии нативных образцов; б) супензии после СВЧ-обработки

Частицы вещества условно представлены в виде черных клеток, белыми клетками показана вода, синие участки вокруг частиц – это сольватные оболочки, толщина которых, как видно из рисунка уменьшается после СВЧ-воздействия. Окклюдированный объем дисперсионной среды уменьшается, увеличивается свободный объем и это проявляется в уменьшении вязкости супензии.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что значения вязкости для супензий исследуемых глин уменьшаются после воздействия СВЧ – поля вследствие фрагментации глинистых частиц, связанной с удалением связанной воды из структуры минерала. Это в дальнейшем приводит к уменьшению толщины сольватных оболочек и, как результат, к уменьшению вязкости.

Прогнозируя значение вязкости суспензии как одного из факторов, влияющего на адсорбционные характеристики, можно сказать, что снижение этого параметра способствует более легкому взаимодействию поверхности адсорбента с сорбируемыми ионами [5-8].

#### Список литературы

1. Adsorption capacity of natural clays of the Orenburg Region [Электронный ресурс] / O. N. Kanygina, O. P. Kushnareva, V. A. Babicheva, T. O. Lyalyukova, V. A. Salavyeva // Sorbtionnye i Khromatograficheskie Protsessy, 2024. - Vol. 24, № 4. - P. 530-541. . - 12 c.
2. Четверикова А. Г., Каныгина О. Н., Филяк М. М., Савинкова Е. С. Оптико-физические методы регистрации слабых структурных откликов дисперсных глинистых систем на воздействие микроволнового излучения // Измерительная техника. – 2017. – № 11. – С. 27-31. [Chetverikova A. G., Kanygina O. N., Filyak M. M., Savinkova E. S. Physical Optics Methods of Recording Weak Structural Responses of Dispersed Clay Systems to the Effect of Microwave Radiation // Measurement Techniques. – 2018. – Vol. 60, No. 11. – P. 1109-1115. – DOI 10.1007/s11018-018-1326-4].
3. Каныгина О. Н., Филяк М. М., Четверикова А. Г. Фазовые превращения в природной глине, обусловленные воздействием микроволнового излучения в воздушной и влажной средах // Неорганические материалы. – 2018. – Т. 54, № 9. – С. 955-960. – DOI 10.1134/S0002337X1809004X. [Kanygina O. N., Filyak M. M., Chetverikova A. G. Microwave-Induced Phase Transformations of Natural Clay in Air and Humid Media // Inorganic Materials. – 2018. – Vol. 54, No. 9. – P. 904-909. – DOI 10.1134/S0020168518090042.]
4. Кравцова, О. С. Развитие реологической модели для системы «вода – каолинит содержащая глину» / О. С. Кравцова, О. Н. Каныгина // Вестник ОГУ - 2015. - №1 (176). – С. 116 - 119.
5. Хацринов, А. И. Неорганические сорбенты на основе модифицированных природных кальций и железосодержащих алюмосиликатов / А. И. Хацринов, А. В. Корнилов, Т. З. Лыгина, Ж. В. Межевич // Неорганические материалы. – 2019. – Т. 55. – №. 11. – С. 1204.
6. Ходосова, Н. А. Влияние различных механизмов нагрева слоистого алюмосиликата на сорбционные процессы. Сообщение 1. Сорбция воды при тепловом и электромагнитном (СВЧ) нагреве монтмориллонита / Н. А. Ходосова, Л. И. Бельчинская, Л. А. Новикова // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2017. – Т. 17. – №. 5. – С. 781.
7. Дриц, В.А. Глинистые минералы: смектиты, смешанослойные образования / В.А. Дриц, А.Г. Коссовская. – М.: Наука, 1990. – 214 с.
8. Залуцкий, А.А. Изменение субструктуры диспергированных минералов. Влияние среды / А.А. Залуцкий // Конденсированные среды и межфазные границы. – Т. 18, 2016, №1. – С.56.

# **ФЛОТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ УГЛЕЙ ПРОДУКТАМИ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ**

**Левенец Т.В., кандидат химических наук, доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** Уголь – горючая осадочная порода, образованная из видоизмененных остатков растений, уплотненных вышележащими слоями. Ископаемые угли представляют собой сложные высокомолекулярные соединения, образовавшиеся в результате процессов полимеризации и конденсации продуктов превращения растительных остатков. Извлекаемая порода угля содержит в себе примеси, которые могут снижать прикладные характеристики полезного ископаемого. Для повышения качества углей проводят его обогащение. Обогащение углей проводят с целью повышения теплоты сгорания угля, снижения содержания золы и серы и, как следствие, снижения экологического вреда при их сжигании. Обогащению подлежат угли, в которых ярко выражена разность в плотности между углем и пустой породой, содержание зольности до 60 %, с размером частиц не менее 0,5 мм.

**Ключевые слова:** бурый уголь, каменный уголь, обогащение, флотация

Одним из способов обогащения каменных и бурых углей является флотация, в основе которого лежит способность собирателей избирательно изменять поверхностные свойства материалов. Флотореагенты делают их поверхность гидрофобной, позволяют им прилипать к пузырькам воздуха, продуваемым через пульпу. Пузырьки поднимаются на поверхность и образуют пенный слой, концентрируя ценные компоненты [1].

Перед приготовлением модельных смесей для их флотации определили влажность, зольность и летучие вещества, как основные характеристики используемого угля (таблица 1) [2, 3, 4]. Выявлено, что зольность составляет менее 60 %, и имеющиеся образцы бурого и каменного угля могут быть использованы для приготовления модельных смесей.

**Таблица 1 – Результаты определения некоторых физико-химических свойств углей**

вид топлива	влажность, %	зольность, %	летучие вещества, %
бурый уголь	3,81	53,48	31,63
каменный уголь	2,89	49,61	30,32

Предварительно подготовленную смесь угля с пустой породой добавляют во флотационную ячейку вместе с собирателем (керосин, бензин, нефть), пенообразователем и интенсивно перемешивают в течении трех минут, после чего концентрат и хвосты (пустую породу) разделяют и проводят расчет основных показателей обогащения – выхода концентрата и степени извлечения.

При флотации модельной смеси твердого топлива с песком в соотношении 1:1 максимальная степень извлечения составила в случае обогащения с использованием в качестве собираителя керосина (таблица 2). В дальнейших исследованиях в качестве собираителя использовался только керосин, он равномерно распределялся по поверхности пены и слабо взаимодействовал с пустой породой.

Таблица 2 – Результаты флотации бурого и каменного угля с содержанием полезного компонента 50%

вид топлив а	собират ели	полезн. комп. : песок	масса, г		выход концентрата, %	Степень извлечени я, %
			концентрат ата	хвосто в		
бурый уголь	керосин	1 : 1	2,99	5,54	29,90	59,80
	нефть		1,86	8,55	18,60	37,20
	бензин		2,49	8,85	24,90	49,80
каменн ый уголь	керосин		2,23	7,12	22,30	44,60
	нефть		1,90	8,10	19,00	38,00
	бензин		1,64	7,31	16,40	32,80

Обогащению подвергаются угли с содержанием полезного компонента не менее 20 % и не более 60 %. Нами показано, что при обогащении бурого и каменного угля с содержанием полезного компонента 20% степень извлечения составила 84,80 % и 75,60 %, соответственно (таблица 3). Бурые угли легче подвергаются флотации.

Таблица 3 – Результаты флотации бурого и каменного угля с содержанием полезного компонента 20 %

вид топлива	собирате ль	полезн. комп. : песок	масса, г		выход концентрата, %	Степень извлечени я, %
			концентра та	хвосто в		
бурый уголь	керосин	1 : 4	2,12	7,15	21,20	84,80
каменный уголь			1,89	7,65	18,90	75,60

Значимым фактором, влияющим на степень извлечения углей, является pH. В качестве регулятора среды использовали растворы соляной кислоты и гидроксида натрия. Модификатор вводили в систему одновременно с коллектором и пенообразователем. Максимальное количество угля извлекается в кислой среде при pH 4 (65,6 % бурого угля и 53,6 % каменного угля), что вероятно, связано с протонированием кислородсодержащих групп угля и увеличением его адсорбции на поверхности собираителя.

Таким образом, в ходе работы проведена флотация модельных смесей на основе бурого и каменного угля с содержанием полезного компонента 20 % и 50

%. Показано, что бурые угли легче подвергаются флотации, эффективность извлечения повышается в слабокислой среде.

#### Список литературы

1. Усольцева, И.О. Обогащение углей: современное состояние технологий / И.О. Усольцева, Ю.В. Передерин, Р.И. Крайденко // Ползуновский вестник. – 2017. – № 3. – С. 131–136.
2. ГОСТ 11014-2001. Угли бурые, каменные и антрацит. Методы определения общей влаги. – Введ. 2002-07-01. – М.: Стандартинформ, 2001. - 12 с.
3. ГОСТ 11022-95. Твердое минеральное топливо. Методы определения золы. – Введ. 1997-01-01. - М.: Стандартинформ, 1995. – 10 с.
4. ГОСТ 6382-2001. Угли бурые, каменные, антрацит и горючие сланцы. Методы определения выхода летучих веществ. – Введ. 2002-07-01. – М.: Стандартинформ, 2001. – 11 с.

# **ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОПЕСТИЦИДОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

**Литовченко Е. В., Хардикова С. В., кандидат биологических наук  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** работа посвящена исследованию современного состояния производства биопестицидов, их классификации, биологическим источникам и областям применения. Особое внимание направлено на оценку их эффективности и экологической безопасности в сравнении с химическими средствами защиты растений.

**Ключевые слова:** *биопестициды, биологические препараты, эффективность, экологическая безопасность, сельское хозяйство, защита растений.*

Современное сельское хозяйство сталкивается с необходимостью устойчивой и экологически безопасной защиты растений от вредителей, фитопатогенов и сорной растительности. Долгое время основным методом борьбы оставались химические пестициды, которые действительно эффективны, но вызывают серьёзные экологические последствия. Она накапливаются в продукции, загрязняют почву и водоёмы, нарушают биоразнообразие и экосистемы, а также приводят к формированию устойчивости у вредителей. Всё это поспособствовало поиску альтернативы, которой стали биопестициды – препараты на основе живых организмов или их метаболитов. Они экологичны, безопасны, избирательны и совместимы с принципами устойчивого земледелия.

Биопестициды включают бактерии, вирусы, грибы, актиномицеты, растительные экстракты и феромоны. В отличие от химических средств, они избирательно действуют на вредные организмы, быстро разлагаются в окружающей среде и не накапливаются в продукции. Препараты классифицируют по природе активного вещества (микробиологические, биохимические, растительные), по объекту воздействия (фунгициды, инсектициды, нематоциды, бактериоциды, гербициды, акарициды) и по форме (порошки, суспензии, гранулы, инкапсулированные препараты). Среди преимуществ отмечают высокую экологичность, избирательность, предотвращение устойчивости у вредителей и совместимость с другими системами защиты растений. Недостатки связаны с зависимостью от погодных условий, узкой специфичностью действия и ограниченным сроком хранения [1,2].

История применения биологических средств защиты растений уходит в глубь веков. В Древнем Египте и Шумере для борьбы с вредителями использовали соединения серы, а в античные времена практиковались окуривания растений золой. В Средние века активно применялись настои полыни, чеснока и табака. В XIX веке начались систематические исследования, которые привели к созданию бордоской жидкости и первых целенаправленных инсектицидов. Важным этапом стало развитие микробиологии в XX веке, когда было открыто

инсектицидное действие *Bacillus thuringiensis*. Позднее начались исследования грибных и вирусных патогенов насекомых, а также производство первых промышленных биопрепаратов [3].

Производство биопестицидов включает несколько этапов. Сначала выделяют и культивируют штамм микроорганизма или получают растительное сырьё. На стадии ферментации в биореакторах происходит накопление активной биомассы или метаболитов. Затем проводится очистка, позволяющая отделить целевые вещества от примесей и среды, для чего используют методы фильтрации, центрифугирования и хроматографии. Заключительный этап – формуляция: биоматериал превращают в удобные для применения формы (гранулы, порошки, суспензии), добавляют стабилизаторы, которые защищают препараты от неблагоприятных условий. Контроль качества охватывает проверку биологической активности, микробиологический анализ и токсикологическую оценку безопасности [5-6].

Биопестициды широко применяются в сельском хозяйстве. Препараты на основе *Bacillus thuringiensis* применяют против листогрызущих вредителей овощных культур и картофеля. Грибные препараты, такие как *Beauveria bassiana* и *Metarhizium anisopliae*, эффективны в теплицах против тли и белокрылки. Фунгицидные биопрепараты с *Trichoderma* и *Pseudomonas* подавляют фитопатогенные грибы и стимулируют рост растения. Растительные экстракты, например масло нима или пиретрины, применяются в органическом земледелии. Биопестициды используются и после уборки урожая для защиты от складских вредителей, а также в системах капельного орошения.

Экологические преимущества биопрепаратов очевидны: они снижают химическую нагрузку, не накапливаются в продукции, сохраняют почвенную микрофлору и полезных опылителей. Их экономически выгодно применять, так как они способствуют повышению качества урожая, особенно значимого для экспорта и органического рынка, позволяют уменьшить затраты на восстановление экосистем, пострадавших от химического загрязнения. По прогнозам, к 2029 году мировой рынок биопестицидов превысит 10 млрд долларов. Лидером по применению является Бразилия, активно внедряющая биопрепараты при выращивании кофе и сои. Высокие темпы роста отмечаются в США и странах ЕС. В России сегмент пока занимает небольшую долю, но демонстрирует положительную динамику.

Помимо преимуществ, внедрение биопестицидов осложняется рядом проблем: коротким сроком хранения, нестабильностью в полевых условиях, высокой себестоимостью и сложностью регистрации. Тем не менее ужесточение экологических норм, поддержка органического земледелия и развитие биотехнологий создают благоприятные перспективы для их распространения [4].

Биопестициды можно рассматривать как экологически безопасную и перспективную альтернативу химическим средствам защиты растений. Их применение снижает нагрузку на агрокосистемы, улучшает качество продукции и способствует развитию устойчивого земледелия. Ожидается дальнейший рост их роли в сельском хозяйстве благодаря научным достижениям и росту потребности в экологически чистых продуктах питания.

## Список литературы

1. Штерншис М. В. Биологическая защита растений : учебник для вузов / М. В. Штерншис, И. В. Андреева, О. Г. Томилова. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 332 с. – ISBN 978-5-8114-9501-6.
2. Биологические пестициды [Электронный ресурс].: / ЭЛ № ФС 77-55667. – Москва : – Режим доступа: [https://www.agroxxi.ru/goshandbook/wiki/group\\_substances/biological\\_pesticides.html?ysclid=mao2jiucn8225621511/](https://www.agroxxi.ru/goshandbook/wiki/group_substances/biological_pesticides.html?ysclid=mao2jiucn8225621511/) (дата обращения: 08.09.2025).
3. Пестициды: история появления, влияние на организм человека и окружающую среду [Электронный ресурс] // 12sanepid.ru. – Режим доступа: <https://12sanepid.ru/press/publications/5715.html> (дата обращения: 08.09.2025).
4. Биологические пестициды // Пестициды.ru. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://www.pesticidy.ru/group\\_substances/biological\\_pesticides](https://www.pesticidy.ru/group_substances/biological_pesticides) (дата обращения: 08.09.2025).
5. Алешина, Е. С. Культивирование микроорганизмов как основа биотехнологического процесса : учебное пособие / Е. С. Алешина, Е. А. Дроздова, Н. А. Романенко, Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ООО ИПК «Университет», 2017. – 191 с. – ISBN 978-5-7410-1658-9.
6. Лавренчук, Л. С. Микробиология : практикум / Л. С. Лавренчук, А. А. Ермошин ; Мин-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : изд-во Урал. ун-та, 2019. – 107 с. – ISBN 978-5-7996-2618-1.

# **ПРОДУКЦИЯ И ФИЗИОЛОГО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИММУНОРЕГУЛЯТОРНЫХ ПЕПТИДОВ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА (ОБЗОР)**

**Лопатина О.Ю.<sup>1</sup>, Барышева Е.С.<sup>1</sup> доктор медицинских наук доцент,  
Иванова Е.В.<sup>2</sup> доктор медицинских наук доцент**

**<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**<sup>2</sup> Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН,  
Оренбург**

**Аннотация:** Кишечник служит крупнейшим барьером для внешней среды, а также местом локализации большего количества иммунных клеток. Кишечный эпителий выполняет широкий спектр задач, таких как поддержание целостности барьера, предотвращение вторжения микроорганизмов-комменсалов и патогенов, а также модуляцию кишечной иммунной системы. Коммуникация между эпителиальными клетками и резидентными иммунными клетками обеспечивает поддержание гомеостаза и координацию адекватных ответов на заболевание и осуществляется посредством межклеточного контакта или путем продукции иммунорегуляторных пептидов.

**Ключевые слова:** *иммунорегуляторные пептиды, желудочно-кишечный тракт, цитокины, хемокины, интерлейкины.*

Иммунорегуляторные пептиды желудочно-кишечного тракта представляют собой белковые молекулы состоящие из коротких цепочек аминокислот, продукция которых осуществляется непосредственно в кишечнике, основная функциональная характеристика которых заключается в регуляции работы иммунной системы и поддержании работы желудочно-кишечного тракта. Также следует отметить, что их активное участие в синтезе белка в региональных клетках кишечника, обеспечивая их обновление.

К иммунорегуляторным пептидам относится огромное количество соединений, от широко известных цитокинов до более узкоспециализированных пептидов тимуса и синтетических лекарственных средств. Эти пептиды можно разделить на несколько основных групп по их происхождению и функции:

1. Цитокины и хемокины представляют собой суперсемейство небольших, связывающих гепарин цитокинов, которые индуцируют направленную миграцию различных типов лейкоцитов посредством взаимодействия с группой из семи трансмембранных рецепторов, сопряженных с G-белком. У человека идентифицировано более 40 членов [1]. Несмотря на существование множества хемокинов, 4 из них (CCL25, CCL28, CXCL14 и CXCL17) особенно важны для иммунитета слизистых оболочек, поскольку они гомеостатически экспрессируются в тканях слизистых оболочек. Из них только CCL25 и CCL28 широко известны как хемокины слизистых оболочек [2] К данной группе относятся небольшие пептиды или белки, секретируемые иммунными и другими клетками для передачи сигналов и координации иммунного ответа: такие

как интерлейкины (пример: IL-10 – противовоспалительный цитокин, который подавляет иммунный ответ, предотвращая чрезмерное воспаление) [3]; интерферины (пример: IFN- $\gamma$  активирует макрофаги, усиливая их способность уничтожать внутриклеточных патогенов, а также играет ключевую роль в противовирусном и противоопухолевом иммунитете); факторы некроза опухоли (пример: TNF- $\alpha$  участвует в системном воспалении, может вызывать апоптоз некоторых опухолевых клеток) и хемокины (пример: IL-8, MCP-1 – не столько регулируют, сколько направляют. Они действуют как хемоаттрактанты, «призывают» иммунные клетки (лейкоциты) в очаг воспаления или инфекции). Следует отметить, что хемоаттрактантные цитокины (хемокины) и их рецепторы по-разному модулируют кишечные В-лимфоциты, включая регуляцию их созревания и дифференцировки в костном мозге, а также хоуминга в целевые ткани кишечника [4].

2. Пептиды, продуцируемые клетками кишечника и его микрофлорой. Дефензины: антимикробные пептиды, вырабатываемые клетками Панета в тонком кишечнике и эпителиальными клетками по всему желудочно-кишечному тракту и кателицидины (пример: LL-37): выполняют ключевую роль в поддержании барьерной функции и контроля над микробиотой [5].

3. Гастроинтестинальные гормоны и нейропептиды которые представлены: секретин который помимо регуляции кислотности желудочного сока, способен модулировать иммунные реакции в кишечнике; холецистокинин (ССК) оказывает выраженное влияние на местные воспалительные процессы [6], а также является основным гормоном, ответственным за сокращение желчного пузыря, и оказывает мощное влияние на секрецию поджелудочной железы, опорожнение желудка и чувство насыщения [7]; вазоактивный интестинальный пептид это нейрональный пептид, имеющий значительную долю распределения в энтеральной нервной системе [8] обладающий выраженным противовоспалительным действием, а также является одним из наиболее важнейших иммунорегуляторных пептидов желудочно-кишечного тракта и соматостатин подавляющий пролиферацию лимфоцитов и продукцию иммуноглобулинов.

К ключевым функциям иммунорегуляторных пептидов желудочно-кишечного тракта является: поддержание толерантности обеспечивающее отсутствие реакции на пищевые антигены и симбиотные микроорганизмы входящие в структурный микробиом; защита от патогенов проявляющаяся быстрой и эффективной организацией иммунного ответа в отношении возбудителей вирусных, бактериальных, грибковых и паразитарных инфекций; контроль целостности барьера обеспечивающий регенерацию и защиту слизистого барьера, что в конечном итоге предотвращает проникновение токсичных веществ в системный кровоток [9]; регуляция качественно количественных характеристик структурного микробиома обеспечивая поддержание баланса между различными видами бактерий в кишечнике на оптимальном физиологическом уровне; поддержание связи по оси «кишечник-мозг», что обусловлено влиянием многих пептидов желудочно-кишечного тракта

не только на местном уровне, но и на центральную нервную систему, и наоборот [10]

Нарушение регуляции кишечного иммунного ответа, по-видимому, играет ключевую роль в патогенезе воспалительных заболеваний кишечника. Кишечный эпителий критически участвует в поддержании кишечного иммунного гомеостаза, выступая в качестве физического барьера, разделяющего люминальные бактерии и иммунные клетки, а также экспрессируя антимикробные пептиды [11].

Воспалительное заболевание кишечника является идиопатическим хроническим заболеванием, характеризующимся эпизодами воспаления в желудочно-кишечном тракте. Система ядерного фактора κB (NF-κB) описывает семейство димерных факторов транскрипции. Каноническая сигнализация NF-κB стимулируется воспалением и усиливает его, тогда как неканоническая сигнализация NF-κB способствует иммунному органогенезу. Нарушение регуляции факторов NF-κB запускает различные воспалительные патологии, включая воспалительные заболевания кишечника. Сигналы от многих иммунных сенсоров активируют субъединицы NF-κB в кишечнике, которые поддерживают равновесие между местной микробиотой и ответами хозяина. Сигнализация NF-κB модулирует врожденные и адаптивные иммунные ответы и продукцию иммунорегуляторных белков, противовоспалительных цитокинов, антимикробных пептидов и других толерогенных факторов в кишечнике [12].

Обобщенный анализ представленных литературных данных свидетельствует о наличии выраженного действия иммунорегуляторных пептидов желудочно-кишечного тракта не только на быструю и эффективную организацию иммунного ответа в отношении различных патогенов, но и чувствуют в процессах переваривания пищи, противовоспалительном и ранозаживляющем действии и других физиологически значимых процессов.

#### Список литературы

1. Yoshie O, Imai T, Nomiyama H. Chemokines in immunity. *Adv Immunol.* 2001;78:57-110. doi: 10.1016/s0065-2776(01)78002-9.
2. Hernández-Ruiz M, Zlotnik A. Mucosal Chemokines. *J Interferon Cytokine Res.* 2017 Feb;37(2):62-70. doi: 10.1089/jir.2016.0076.
3. Kamioka M, Goto Y, Nakamura K, Yokoi Y, Sugimoto R, Ohira S, Kurashima Y, Umemoto S, Sato S, Kunisawa J, Takahashi Y, Domino SE, Renauld JC, Nakae S, Iwakura Y, Ernst PB, Ayabe T, Kiyono H. Intestinal commensal microbiota and cytokines regulate  $Fut2^+$  Paneth cells for gut defense. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2022 Jan 18;119(3):e2115230119. doi: 10.1073/pnas.2115230119.
4. Zhiming W, Luman W, Tingting Q, Yiwei C. Chemokines and receptors in intestinal B lymphocytes. *J Leukoc Biol.* 2018 May;103(5):807-819. doi: 10.1002/JLB.1RU0717-299RR.
5. Fu J, Zong X, Jin M, Min J, Wang F, Wang Y. Mechanisms and regulation of defensins in host defense. *Signal Transduct Target Ther.* 2023 Aug 14;8(1):300. doi: 10.1038/s41392-023-01553-x. Chung LK, Raffatellu M. G.I. pros: Antimicrobial defense in the gastrointestinal tract. *Semin Cell Dev Biol.* 2019 Apr;88:129-137. doi: 10.1016/j.semcd.2018.02.001.

6. Liu G, Pakala SV, Gu D, Krahl T, Mocnik L, Sarvetnick N. Cholecystokinin expression in the developing and regenerating pancreas and intestine. *J Endocrinol*. 2001 May;169(2):233-40. doi: 10.1677/joe.0.1690233.
7. Wang Y, Chandra R, Samsa LA, Gooch B, Fee BE, Cook JM, Vigna SR, Grant AO, Liddle RA. Amino acids stimulate cholecystokinin release through the Ca<sup>2+</sup>-sensing receptor. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. 2011 Apr;300(4):G528-37. doi: 10.1152/ajpgi.00387.2010.
8. Agibalova T, Hempel A, Maurer HC, Ragab M, Ermolova A, Wieland J, Waldherr Ávila de Melo C, Heindl F, Giller M, Fischer JC, Tschurtschenthaler M, Kohnke-Ertel B, Öllinger R, Steiger K, Demir IE, Saur D, Quante M, Schmid RM, Middelhoff M. Vasoactive intestinal peptide promotes secretory differentiation and mitigates radiation-induced intestinal injury. *Stem Cell Res Ther*. 2024 Oct 8;15(1):348. doi: 10.1186/s13287-024-03958-z.
9. Andrews C, McLean MH, Durum SK. Cytokine Tuning of Intestinal Epithelial Function. *Front Immunol*. 2018 Jun 5;9:1270. doi: 10.3389/fimmu.2018.01270.
10. Cheng X, Voss U, Ekblad E. Tuft cells: Distribution and connections with nerves and endocrine cells in mouse intestine. *Exp Cell Res*. 2018 Aug 1;369(1):105-111. doi: 10.1016/j.yexcr.2018.05.011..
11. Nenci A, Becker C, Wullaert A, Gareus R, van Loo G, Danese S, Huth M, Nikolaev A, Neufert C, Madison B, Gumucio D, Neurath MF, Pasparakis M. Epithelial NEMO links innate immunity to chronic intestinal inflammation. *Nature*. 2007 Mar 29;446(7135):557-61. doi: 10.1038/nature05698.
12. Mukherjee T, Kumar N, Chawla M, Philpott DJ, Basak S. The NF-κB signaling system in the immunopathogenesis of inflammatory bowel disease. *Sci Signal*. 2024 Jan 9;17(818):eadh1641. doi: 10.1126/scisignal.adh1641.

# **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

**Лукьянова А. В., Верхошенцева Ю. П., кандидат биологических наук  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

Аннотация: в данной статье были рассмотрены ключевые аспекты экологических последствий загрязнения почв железнодорожным транспортом, а именно основные типы загрязняющих веществ, поступающих в почву, и их влияние на экосистемы.

*Ключевые слова:* железнодорожный транспорт, загрязнение, тяжелые металлы, ПАУ, нефтепродукты, деградация почв, экологические последствия.

Одной из наиболее актуальных проблем в наши дни является загрязнение окружающей среды, в то время как железнодорожный транспорт вносит существенный вклад как источник выбросов, поступающих в нее.

Загрязнение железнодорожным транспортом можно разделить на два основных типа. Первый тип – это постоянное загрязнение, которое непрерывно происходит из-за работы подвижного состава и распределяется вдоль всей железнодорожной линии. Второй тип – локальное загрязнение, возникающее в основном из-за распыления и рассеивания пыли из перевозимых грузов. В отличие от первого типа, оно неравномерно распределено вдоль пути и сосредоточено в отдельных точках или участках.

Одним из наиболее важных видов загрязняющих веществ, связанных с железнодорожным транспортом, являются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Их источником являются вещества, используемые при эксплуатации подвижного состава, такие как машинные смазки, мазуты и трансформаторные масла. Другим важным источником ПАУ является креозот, использующийся как пропитывающее средство для наружных деревянных конструкций, включая железнодорожные шпалы [10]. ПАУ представляют опасность для окружающей среды не только из-за своей токсичности и канцерогенности, но и потому, что они очень устойчивы к процессам распада. Учеными из Польши показан яркий пример стойкого загрязнения ПАУ на железнодорожных путях в Страшево, которые заброшены с 1990 года. В настоящее время общая концентрация ПАУ там составляет 13159 г/кг, что даже по европейским стандартам показывает сильное превышение ПДК [13].

Износ рельсов приводит к попаданию на железнодорожное полотно частиц различных металлов, включая оксиды железа, марганца, фосфора, углерода и мышьяка, в среднем до 450 кг на 1 км в год. При торможении грузовых и пассажирских составов образуется аэрозоль оксида железа. Кроме того, повреждения в кузовах вагонов приводят к рассеиванию сыпучих грузов: угля, руды, минеральных удобрений – в виде пыли. В результате пылеобразования, связанного с износом рельсов и потерей грузов, на каждый километр железнодорожного пути ежегодно оседает до трех тонн минеральной пыли [1].

Неисправности сливных приборов в железнодорожных цистернах, предназначенных для перевозки нефти и нефтепродуктов, приводят к утечкам этих веществ. В результате, при перевозке нефтепродуктов ежегодно происходит их утечка на участках пути протяженностью в 1 км в среднем до 85 кг. К этому следует добавить значительные объемы загрязнения почвы нефтепродуктами, вызванные авариями на железной дороге – в таких случаях нефть достигает глубоких слоев, доходя до грунтовых вод [7].

Особо важную роль играет загрязнение почв тяжелыми металлами в результате деятельности железнодорожного транспорта. Большая их часть сорбируется и аккумулируется в почвах, остальная – мигрирует с поверхностными и подземными водами. Казанцев И. В. в своей работе [2] отмечает, что в большом количестве в прижелезнодорожных агроландшафтах накапливаются шесть тяжелых металлов: железо, свинец, медь, цинк, титан и марганец. Также им был установлен элементный ряд накопления тяжелых металлов в почвах вблизи железных дорог:  $\text{Fe} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Cr} > \text{V} > \text{Ti} > \text{Co}$  [3].

Железо, марганец и титан образуются в основном за счет износа рельсов, рельсовых соединений и тормозных колодок. Медь также поступает в почву в результате трения элементов пантографа о контактную сеть электропоездов. Свинец поступает в почву не только от механического износа, но и в результате сжигания угля, использования неэтилированного бензина, а также из пыли при перевозке грузов [11]. Источником цинка в почве являются потери грузов при их перевозке, также он присутствует в балластном материале, используемом для укрепления железнодорожного полотна. Кобальт же в основном проникает в почву из масел, используемых для пропитки железнодорожных шпал [4].

Прохоровой Н. В. доказано, что неэлектрифицированные железные дороги загрязняют окружающую почву тяжелыми металлами в 1,5-2 раза сильнее, чем электрифицированные. Также было отмечено, что постоянный ток приводит к увеличению концентрации никеля, кадмия и селена, а при использовании переменного тока почвы больше загрязняются цинком, медью и титаном [8].

Выбросы железнодорожного транспорта оказывают значительное влияние на почву. Так было доказано, что тяжелые металлы способны изменять кислотность почвы, тем самым оказывая дестабилизирующее воздействие на экосистемы. Исследование, проведенное в районе железнодорожного узла Здуньска-Воля-Каршице в Польше, показало, что значения рН исследуемых почв варьировались от 6,47 до 7,29. С увеличением расстояния от рельсов значение рН снижалось [12].

Тяжелые металлы также влияют на биологическую активность в почве. Один из наиболее общих показателей биологической активности почвы – это почвенное дыхание. На начальных стадиях загрязнения некоторые тяжелые металлы, например, хром, могут временно стимулировать микробиологическую активность. Это приводит к усилинию почвенного дыхания и увеличению выделения углекислого газа, в результате черноземы теряют гумус. При содержании никеля больше 40 мг/кг и хрома выше 100 мг/кг наблюдается снижение содержания гумуса [9].

При загрязнении нефтью происходит разрушение структуры почвы, уничтожается сеть капилляров. Ситуация усугубляется тем, что лёгкие углеводороды из нефти проникают в глубокие слои почвы, в то время как верхний, гумусовый слой, пропитывается более тяжёлыми, циклическими углеводородами. Они в свою очередь проявляют токсичность и мутагенность, то есть способны вызывать генетические изменения в почвенных организмах и их гибель [5].

ПАУ адсорбируются на частицах почвы и изменяют такие свойства как воздухопроницаемость и водопроницаемость, что влияет на дренаж и аэрацию почвы. Их влияние доказано и на механические свойства – ПАУ способствуют усадке почвы, а также способны влиять на изменение её структуры. Полициклические ароматические углеводороды при взаимодействии с органическим веществом почвы могут влиять на доступность питательных веществ для растений, из-за чего также происходит их угнетение.

Посредством загрязнения почв выбросы железнодорожного транспорта влияют и на здоровье человека. Загрязнение тяжелыми металлами оказывает наиболее пагубное воздействие на здоровье детей, так как они накапливаются в организме еще на стадии внутриутробного развития. Это приводит к серьёзным последствиям: врожденным дефектам, ослаблению иммунитета, развитию различных хронических заболеваний и задержке физического и умственного развития. Все углеводороды, в том числе ПАУ, обладают выраженным действием на сердечно-сосудистую систему, приводя к снижению уровня гемоглобина в крови. Кроме того, нефтепродукты способны поражать печень, нарушать функцию эндокринных желез и оказывать токсическое действие на центральную нервную систему. Постоянное воздействие может привести к развитию хронических заболеваний, включая онкологические, а также к риску летального исхода [6].

В ходе анализа литературы было установлено, что основными загрязнителями почвы в результате деятельности железнодорожного транспорта являются полициклические ароматические углеводороды, нефтепродукты, а также тяжелые металлы, такие как железо, свинец, медь, цинк, кадмий и никель. Экологические последствия загрязнений почв такими выбросами проявляются в изменении почвенных свойств, угнетении экосистем и ухудшении здоровья человека.

#### Список литературы

- 1 . Донцов, С. А. Экологическая безопасность железнодорожного транспорта: учеб. пособие / С. А. Донцов. – Москва : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. – 255 с. – ISBN 978-5-89035-962-9.
- 2 . Казанцев, И. В. Железнодорожный транспорт как источник загрязнения агроландшафтов тяжелыми металлами [Электронный ресурс]. / И. В. Казанцев // Самарский научный вестник. – 2014. – № 2(7). – С. 41-43. – Режим доступа : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22137788> – 07.09.25.

3 . Казанцев, И. В. Экологическая оценка влияния железнодорожного транспорта на содержание тяжелых металлов в почвах и растениях полосы отвода [Электронный ресурс].: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / И. В. Казанцев. – Тольятти : НГУ, 2008. – 18 с. – Режим доступа : <https://clck.ru/3KcEZo> – 08.09.25.

4 . Макаров, А. О. Оценка экологического состояния почв некоторых железнодорожных объектов ЦАО г. Москвы [Электронный ресурс].: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / А. О. Макаров. – Москва : МГУ, 2014. – 303 с. – Режим доступа : <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=ywavez> – 06.09.25.

5 . Мужехоев, А. А. Специфика загрязнения почвы нефтепродуктами [Электронный ресурс]. / А. А. Мужехоев, Я. М. Шадиева, З. И. Дзармотова // Достижения науки и образования. – 2022. – № 5(85). – С. 98-101. – Режим доступа : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49812996> – 07.09.25.

6 . Оруджев, Р. А. Особенности токсического действия углеводородов нефти на организм человека [Электронный ресурс]. / Р. А. Оруджев, Р. Э. Джрафрова // Вестник ВГМУ. – 2017. – №4. – Режим доступа : <https://clck.ru/3P5bHK> – 06.09.25.

7 . Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв : учеб. пособие / Д. С. Орлова, В. Д. Васильевская. – Москва : МГУ, 1994. – 272 с. – ISBN 5-211-02501-6.

8 . Прохорова, Н. В. Распределение тяжелых металлов в почвенном покрове лесостепного и степного Поволжья (на примере Самарской области) / Н. В. Прохорова, Н. М. Матвеев. – Самара : Издательство «Самарский университет», 1996. – 386 с.

9 . Середина, В. П. Загрязнение почв: учеб. пособие / В. П. Середина. – Томск : Издательский Дом Томского государственного Университета, 2015. – 346 с. – ISBN 978-5-94621-489-6.

10 . Brooks, K. M. Polycyclic aromatic hydrocarbon migration from creosote treated railway ties into ballast and adjacent wetlands [Электронный ресурс].: Research Paper FLP-RP-617 / K. M. Brooks. – Madison: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2004. – 57 с. – Режим доступа : [https://clu-in.org/download/contaminantfocus/sediments/fpl\\_rp617.pdf](https://clu-in.org/download/contaminantfocus/sediments/fpl_rp617.pdf) – 08.09.25.

11 . Szmaglinski, J. The fate and contamination of trace metals in soils exposed to a railroad used by Diesel Multiple Units: Assessment of the railroad contribution with multi-tool source tracking [Электронный ресурс]. / J. Szmaglinski, N. Nawrot, K. Pazdro // Science of The Total Environment. – 2021. – № 798. – Режим доступа : <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149300> – 07.09.25.

12 . Tomczyk-Wydrych, I. Assessment of the Railroad Transport Impact on Physical and Chemical Soil Properties: The Case Study from Zdunska Wola Karsznice Railway Junction, Central Poland [Электронный ресурс]. / I. Tomczyk-Wydrych // Toxics. – 2021. – № 9. – Режим доступа : <https://doi.org/10.3390/toxics9110296> – 06.09.25.

13 . Wilkomirski, B. Railway Tracks – Habitat Conditions, Contamination, Floristic Settlement – A Review [Электронный ресурс]. / B. Wilkomirski, H. Galera,

M. Malawska // Environment and Natural Resources Research. – 2012. – № 1. – Режим доступа : <https://doi.org/10.5539/enrr.v2n1p86> – 08.09.25.

# **БИОЛОГИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: УСТОЙЧИВЫЕ ПРАКТИКИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО АГРОПРОИЗВОДСТВА**

**МЫРАДОВ Г., студент**

**Научный руководитель: Абдуллаева Г. Д., преподаватель  
Туркменский сельскохозяйственный институт, г. Дашогуз,  
Туркменистан**

**Аннотация.** В условиях растущей нагрузки на природные ресурсы и ухудшения экологической ситуации биологизация сельского хозяйства становится одним из приоритетных направлений устойчивого развития аграрной отрасли. Биологизация предполагает переход от химико-интенсивных методов ведения сельского хозяйства к технологиям, основанным на использовании биологических ресурсов и снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду.

**Ключевые слова:** *устойчивое развитие, агроэкосистемы, органическое земледелие, цифровые технологии в АПК.*

В условиях глобальных климатических изменений, деградации почв, потери биоразнообразия и растущей потребности в продуктах питания сельское хозяйство переживает глубокую трансформацию. Традиционные методы ведения аграрного производства, основанные на интенсивном применении минеральных удобрений, пестицидов и монокультур, в долгосрочной перспективе оказываются неустойчивыми – как с экологической, так и с экономической точки зрения. На этом фоне особое значение приобретают экологически ориентированные подходы к земледелию, среди которых ключевую роль занимает биологизация сельского хозяйства.

Биологизация представляет собой комплексную стратегию, направленную на усиление биологических процессов в агроэкосистемах с целью повышения их продуктивности, устойчивости и экологической сбалансированности. Она включает в себя широкий спектр практик: использование органических удобрений, микробиологических и биопрепаратов, севооборотов, компостирования, сидерации, минимальной обработки почвы, а также интеграции животноводства и растениеводства. Одновременно биологизация предполагает отказ от избыточного применения агрохимикатов и усиливает природные механизмы самоочищения, регенерации почвы и защиты растений.

На современном этапе биологизация всё чаще рассматривается не просто как экологическая альтернатива химическому земледелию, но как научно и технологически обоснованный путь к устойчивому агропроизводству. Благодаря достижениям в области микробиологии, биотехнологий, генетики и информационных технологий становится возможным значительно повысить эффективность биологических средств и методов. Например, разработка прецизионных биопрепаратов на основе живых микроорганизмов позволяет адресно влиять на фитосанитарное состояние посевов и улучшать питание растений. Активно развиваются технологии биологического контроля вредителей,

биоразлагаемые средства защиты, агрогеномика и агроэкологическое моделирование [1].

Технологические прорывы последних лет усилили потенциал биологизации как фундамента для построения нового типа агросистем – интегральных, устойчивых, нацеленных на долгосрочное сохранение природного капитала. К таким прорывам можно отнести внедрение цифровых платформ мониторинга состояния почв и растений, автоматизированных систем управления микробиотой, использование искусственного интеллекта в планировании биологических обработок, а также разработку биоинженерных культур, способных к симбиотическому взаимодействию с почвенными микроорганизмами.

Таблица 1

**Основные устойчивые практики в рамках биологизации сельского хозяйства**

№	Устойчивая практика	Назначение и эффект	Пример применения
1.	Сидерация	Повышение плодородия, улучшение структуры почвы	Горчица, фацелия, люпин
2.	Компостирование	Обогащение органикой, восстановление микробиоты почвы	Компост на основе навоза
3.	Использование микробиологических удобрений	Стимуляция роста, усиление корневой системы	Препараты на основе Azotobacter
4.	Биологическая защита растений	Замена химических пестицидов, устойчивость к вредителям	Триходерма, бактерии Bacillus
5.	Мульчирование	Снижение испарения влаги, подавление сорняков	Солома, древесная щепа
6.	Минимальная обработка почвы	Сохранение структуры и биоты почвы, борьба с эрозией	Ноутилл, стрип-тилл

Особое значение биологизация приобретает в контексте реализации глобальных и национальных стратегий устойчивого развития, таких как цели ООН в области устойчивого развития, «Зелёный курс» ЕС, или национальные программы агроэкологического перехода. В России также растёт интерес к биоориентированным подходам – как со стороны аграрных научных институтов, так и со стороны хозяйств, стремящихся к повышению экологической репутации, сокращению затрат и улучшению качества продукции.

Таким образом, биологизация сельского хозяйства представляет собой не только необходимый ответ на экологические вызовы, но и перспективное направление технологического развития аграрной отрасли. Она создаёт предпосылки для формирования устойчивых агроландшафтов, восстановления

почвенного плодородия, увеличения доходности производства и повышения продовольственной безопасности [2].

Методы и исследования. В рамках исследования был проведён комплексный анализ теоретических источников, эмпирических данных и практических кейсов, касающихся биологизации сельского хозяйства [3]. Основными методами, использованными при подготовке статьи, стали:

1. Анализ научной и отраслевой литературы. Произведён обзор отечественных и зарубежных публикаций за последние 10 лет, охватывающих вопросы биологизации, устойчивого агропроизводства, агроэкологии и применения цифровых и биотехнологических решений в сельском хозяйстве. Особое внимание удалено научным исследованиям, опубликованным в ведущих аграрных и экологических журналах, а также аналитическим докладам международных организаций (ФАО, UNEP, IPBES и др.).

2. Контент-анализ нормативно-правовых документов и стратегических программ. Проанализированы национальные и региональные программы по развитию устойчивого сельского хозяйства, стратегии «зелёного» перехода, меры господдержки в сфере органического земледелия и внедрения агроэкологических технологий, включая российские и зарубежные практики.

3. Сравнительный анализ устойчивых агропрактик. Проведена систематизация и сравнительная оценка устойчивых методов биологизации, таких как применение сидератов, микробиологических удобрений, биологической защиты растений, мульчирования, агролесомелиорации, а также технологий минимальной и нулевой обработки почвы. Сравнение проводилось по критериям экологической эффективности, влияния на плодородие почвы, урожайность, рентабельность и масштабы применения.

4. Качественный анализ технологических решений. Изучены современные технологические прорывы, применяемые в биологизации сельского хозяйства: биотехнологии, микробиологические препараты нового поколения, цифровые системы мониторинга, ИИ-платформы в агрономии, технологии точечного внесения препаратов. Проанализированы примеры внедрения в различных климатических зонах и типах хозяйств (мелкие, средние, промышленные агрофирмы).

5. Кейс-анализ и практические примеры. В рамках исследования рассмотрены практические кейсы внедрения биологических технологий на территории Российской Федерации, стран Европейского союза, Бразилии и Китая. Оценены результаты внедрения в краткосрочной и долгосрочной перспективе, в том числе на основании данных агрохолдингов, фермерских объединений и результатов научных полевых экспериментов.

6. Экспертное интервью (опционально, при наличии). При наличии доступа к данным – проведён сбор мнений экспертов аграрной сферы (агрономов, биотехнологов, представителей агрофирм) о перспективах и барьерах биологизации. В противном случае использованы вторичные данные из открытых интервью и круглых столов. В результате комплексного применения данных методов удалось сформировать обобщённую картину современного состояния и перспектив развития биологизации сельского хозяйства, выявить ключевые

направления технологических изменений, а также дать рекомендации по формированию эффективной модели устойчивого агропроизводства на биологической основе [4].

Таблица 2

**Технологические прорывы в биологизации: описание и эффект**

№	Технология	Описание	Эффект/Преимущества
1.	Прецизионное земледелие	Использование датчиков, GPS, ИИ для управления агротехпроцессами	Точность внесения, экономия ресурсов
2.	Микробиологические препараты нового поколения	Гибридные штаммы микроорганизмов с высокой активностью	Улучшение приживаемости, снижение дозировки
3.	Цифровой мониторинг агроэкосистем	Онлайн-оценка почв, растений, погоды, биоты	Своевременные решения, аналитика
4.	Биоинженерные культуры	Геномные технологии для устойчивости к болезням и вредителям	Снижение пестицидной нагрузки
5.	Биоферментационные комплексы	Производство органо-биологических удобрений	Закрытие агробиологических циклов

Биологизация сельского хозяйства представляет собой стратегически важное направление, ориентированное на формирование экологически сбалансированных, ресурсосберегающих и высокопродуктивных агросистем. В условиях нарастающих глобальных экологических и экономических вызовов она становится не просто альтернативой химико-интенсивным методам, а основой для перехода к устойчивому сельскому хозяйству. Важно подчеркнуть, что успешная реализация модели биологизированного земледелия требует комплексного подхода: научно-технической поддержки, развития инфраструктуры, государственной и образовательной политики, направленной на повышение экологической культуры аграриев. Только при наличии междисциплинарного взаимодействия и системного внедрения инноваций биологизация может обеспечить экологическую безопасность, продовольственную независимость и устойчивое развитие сельскохозяйственного сектора в долгосрочной перспективе [5].

**Список литературы**

1. Бессарабов Л. А., Елизаров А. Н., Панфилова И. П. Биологизация земледелия как основа устойчивого аграрного производства // Агроэкология. – 2022. – № 1. – С. 12–20.
2. Тихонов А. А. Технологии точного земледелия и биологизация: от теории к практике // Вестник аграрной науки. – 2021. – Т. 78, № 6. – С. 45–53.
3. Сергеев А. П., Козлова Т. В. Агроэкологические основы устойчивого земледелия. – СПб.: Лань, 2019. – 312 с.
4. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (ФАО). Устойчивое сельское хозяйство и биоразнообразие. – Рим: FAO, 2022. – 94 с.

5. Коваленко И. В., Артюхов И. В. Цифровые и биологические технологии в АПК: синергия устойчивого роста // Труды РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. – 2024. – № 1 (103). – С. 101–108.

# **ВНЕДРЕНИЕ И ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ БИОРЕМЕДИАТОРОВ КСЕНОБИОТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (ОБЗОР)**

**Морозова С. А., Пластамак А. П., Сизенцов А. Н., кандидат  
биологических наук, доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** В статье рассматривается актуальная проблема загрязнения окружающей среды ксенобиотическими элементами и применение методов биоремедиации для их устранения. Подчеркивается, что, в отличие от малоэффективных и затратных физико-химических методов, биологическая очистка с использованием микроорганизмов является безопасной и высокоэффективной. Описана способность бактерий к деградации широкого спектра опасных соединений.

**Ключевые слова:** биоремедиация, ксенобиотики, микроорганизмы, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, биодеградация, тяжелые металлы.

В последние десятилетия люди начали задумываться о важности защиты окружающей среды от загрязняющих веществ, которые увеличиваются за счет деятельности человечества. Разрабатываются различные способы очистки воды, воздуха, почв, но не все методы являются безопасными для живых организмов. Поэтому стараются применять микроорганизмы, которые в процессе своей жизнедеятельности используют эти самые ксенобиотические элементы.

Ксенобиотики (от греч. *xenos* - «чужой» и *bios* - «жизнь») – любые чуждые для организма химические вещества, вызывающие нарушения процессов жизнедеятельности [1].

Чаще всего происхождение ксенобиотиков имеет искусственный характер (пестициды, тяжелые металлы, полимерные материалы, бытовая и промышленная химия и др.).

Все эти вещества объединяет еще кое-что помимо искусственного происхождения, но не менее важное – токсичность. Ксенобиотические элементы имеют свойство накапливаться как в почве, воде и воздухе, так и в живых организмах. Накопление этих веществ могут вызывать различные нежелательные эффекты: токсические, аллергические реакции, генетические мутации, специфические заболевания, ослабление иммунитета [1].

Разрушение ксенобиотиков может происходить в результате химических и физических процессов, что существенно зависит от температуры, влажности, а также от структуры и свойств самого соединения. Ксенобиотики по-разному разрушаются в окружающие среде [2]:

– при полной деградации эти вещества минерализуются до диоксида углерода, воды, фосфатов, сульфатов, которые используются микроорганизмами в качестве питательной среды [2];

- частичное разрушение ксенобиотиков осуществляется в результате процессов кометаболизма и соокисления, что не связано с включением в метаболический цикл образуемых продуктов [2];

- некоторые ароматические углеводороды и синтетические полимеры не подвергаются процессу деградации [2].

Физико-химические методы чаще всего малоэффективны и требуют больших затрат. В результате методам биологической очистки стали выделять больше внимания, так как они не требуют больших усилий, эффективны при малых концентрациях и не приносят лишнего вреда экосистеме. Эти методы известны как биоремедиация.

Биоремедиация – это комплекс методов очистки окружающей среды с использованием метаболического потенциала биологических объектов растений, грибов, насекомых и других организмов. Мы рассмотрим микроорганизмы, использующиеся для очистки природы.

Биоремедиация применяет микроорганизмы для иммобилизации или изменения химической структуры загрязнителей окружающей среды, присутствующих в почве, отложениях, воде и воздухе, что приводит к частичному разложению, минерализации или трансформации соединения. Антропогенная деятельность часто способствует загрязнению различных мест обитания; таким образом, загрязнители повсеместно распространены во многих средах, в том числе экстремальных [3].

Физико-химические факторы включают в себя ряд параметров, которые играют решающую роль в микробной среде. Эти параметры включают: окислительно-восстановительный потенциал, уровень pH, ионную силу, растворимость, наличие или отсутствие акцепторов и доноров электронов, температуру и возраст металлоорганических ионов. Микрофлора играет решающую роль в удалении токсичных металлов с помощью процесса, называемого биосорбцией. На этот процесс влияет значение pH, которое воздействует на изоэлектрическую точку в растворе. В результате суммарный отрицательный заряд и ионное состояние лигандов, таких как карбоксильный остаток, фосфорильные остатки, S-H группы и аминокислотные группы, претерпевают изменения [4, 5]. Более высокая растворимость наблюдается при более низких уровнях pH. Это, в свою очередь, влияет на процесс адсорбции на поверхности микробных клеток [5, 6]. Токсичные ионы металлов, такие как Zn<sup>2+</sup>, могут значительно препятствовать процессу биоремедиации, действуя как ингибитор дыхания в микробах. На процессы биоразложения влияет присутствие акцепторов электронов. Например, аэробные микробы полагаются на кислород, в то время как анаэробные микробы используют оксиды NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> и Fe (III) [5, 7].

Доказано, что *Achromobacter*, *Alcaligenes*, *Xanthobacter*, *Arthrobacter*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Nitrosomonas* и другие микроорганизмы полезны для очистки окружающей среды. В качестве производителей биоповерхностно-активных веществ *Acinetobacter*, *Pseudomonas* и *Bacillus* особенно эффективны для очистки окружающей среды от органических загрязнителей [8].

Род *Acinetobacter* — группа разнообразных организмов. Он включает в себя некоторые из наиболее страшных инфекционных видов, вовлеченных во внутрибольничные и внебольничные инфекции, которые могут привести к серьезному заболеванию и даже смерти [9].

Но несмотря на опасность люди научились этот род использовать для улучшения экологической ситуации путем разложения загрязняющих веществ, таких как бифенил, фенол, сырья нефть, ацетонитрил, фосфатов и многое другое. Некоторые виды могут использоваться для производства промышленных товаров на основе ферментации, таких как липазы, протеазы, биоэмультгаторы и различные биополимеры [9]. Они часто выделяются из очистных сооружений и сточных вод. Кроме того, виды *A. Venetianus* содержат штаммы, разрушающие морские углеводороды, и были рекомендованы в качестве привлекательной модельной системы для исследования механизмов, лежащих в основе процесса деградации алканов, а также в качестве хорошей платформы для биоремедиации загрязненной окружающей среды в целом [9].

*Pseudomonas* — род грамотрицательных бактерий семейства *Pseudomonadaceae* класса *Gammaproteobacteria*. Объединяет аэробные прямые или изогнутые палочки, которые подвижны, имеют полярно расположенные жгутики.

Виды рода *Pseudomonas*, присутствующие почти во всех районах, загрязненных углеводородами, играют особую роль в биодеградации этих ксенобиотиков, так как обладают способностью разлагать углеводороды и фенольные соединения, используя их в качестве единственного источника углерода. Пластичность метаболизма углерода является одной из адаптивных стратегий, используемых *Pseudomonas* для выживания при воздействии токсичных органических соединений. Род *Pseudomonas* использует несколько верхних и нижних метаболических путей для преобразования и разложения углеводородов, фенольных соединений и нефтяных углеводородов [10].

Независимо от различий в структуре и сложности между моно- и полициклическими ароматическими углеводородами, все эти соединения термодинамически стабильны и химически инертны, поэтому для их разложения решающее значение имеет кольцевая активация оксигеназами [10].

*Bacillus species pluralis* — это грамположительные, спорообразующие, палочковидные, аэробные или факультативно-анаэробные бактерии. Род *Bacillus* чаще всего встречается в почве, но также может быть выделен из других источников (воды, воздуха, пищи, кишечника человека и животных). Бактерии рода *Bacillus* относятся к числу активно углеводородокисляющих микроорганизмов. Для биоремедиации нефтезагрязненных почв и водных объектов крайне важны и необходимы микроорганизмы обладающие психротрофными и галофильными свойствами [11].

Этот вид микроорганизмов используется для многих способов очистки природы от таких загрязнений как нефтепродукты и тяжелые металлы.

Рассмотрим в качестве примера очистку от хрома и свинца. Задачей по очистке почвы от Cr заключается в переходе  $\text{Cr}^{+6}$  в  $\text{Cr}^{+3}$ , то есть в его не токсичную форму. Для этого используют *Bacillus* spp. у которых восстановление

ионов хромата регулируется аэробным процессом, который происходит через перенос электронов из шестивалентной в трехвалентную форму Cr; это происходит за счет образования нестабильного промежуточного продукта ( $\text{Cr}^{5+}$ ), регулируется NADH/NADPH [12]. В различных исследованиях сообщалось, что *B. licheniformis* удаляет 95% и 69,4% Cr [13, 14].

*Bacillus* spp. использует pbr оперон и активный транспорт в качестве потенциальных стратегий борьбы с токсическими эффектами Pb [12]. Микроорганизмы избавляются от него путем адсорбции через клеточную стенку, поскольку она состоит из органических макромолекул, включая полипептиды, полисахариды и белки, которые обладают способностью адсорбировать Pb с помощью электростатических сил, включая силы Ван дер Ваала, ковалентные или ионные связи [15].

Обобщая анализ представленных литературных данных следует отметить высокий потенциал использования микроорганизмов в качестве ремедиаторов ксенобиотических элементов из группы тяжелых металлов, таких как свинец, хром и другие, в окружающей среде, благодаря природным механизмам адаптации обеспечивающих их рост и сохранность популяции.

Работа выполнена при поддержке государственного задания FSGU-2023-0007

#### Список литературы

1. Ершов, Ю. А. Основы молекулярной диагностики. Метаболомика / Ю.А. Ершов. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 336 с.
2. Стешенко, К. А. Ксенобиотики и их биодеградация / К. А. Стешенко, Е.С. Газимова // ББК 53.5+ 54.1 П 44. – 2020. – С. 198.
3. Giovanella, P. Metal and organic pollutants bioremediation by extremophile microorganisms / P. Giovanella [et al.] // Journal of Hazardous Materials. – 2020. – Vol. 382. – P. 121024.
4. Gadd, G. M. Biosorption: critical review of scientific rationale, environmental importance and significance for pollution treatment / G. M. Gadd // Journal of Chemical Technology & Biotechnology. – 2009. – Vol. 84. – P. 13–28.
5. Alabssawy, A. N. Bioremediation of hazardous heavy metals by marine microorganisms: a recent review / A. N. Alabssawy, A. H. Hashem // Archives of Microbiology. – 2024. – Vol. 206, No. 3. – P. 103.
6. Han, X. Sorption and transformation of toxic metals by microorganisms / X. Han, J. D. Gu // Environmental Microbiology. – 2010. – Vol. 2. – P. 153–175.
7. Lovley, D. R. Cleaning up with genomics: applying molecular biology to bioremediation / D. R. Lovley // Nature Reviews Microbiology. – 2003. – Vol. 1. – P. 35–44.
8. Hu, F. Bioremediation of environmental organic pollutants by *Pseudomonas aeruginosa*: Mechanisms, methods and challenges / F. Hu [et al.] // Environmental Research. – 2023. – Vol. 239.
9. Dahal, U. The multifaceted genus *Acinetobacter*: from infection to bioremediation / U. Dahal, K. Paul, S. Gupta // Journal of Applied Microbiology. – 2023. – Vol. 134, No. 8.

10. Medić, A. B. Pseudomonas in environmental bioremediation of hydrocarbons and phenolic compounds- key catabolic degradation enzymes and new analytical platforms for comprehensive investigation / A. B. Medić, I. M. Karadžić // World Journal of Microbiology and Biotechnology. – 2022. – Vol. 38, No. 10. – P. 165.
11. Неустроев, М. М. Экологическая оценка нефтезагрязненных мерзлотных почв и разработка способов их биоремедиации : дисс. ... канд. биол. наук / М. М. Неустроев. – Якутск, 2015. – 129 с.
12. Alotaibi, B. S. Unraveling the Underlying Heavy Metal Detoxification Mechanisms of *Bacillus* Species / B. S. Alotaibi, M. Khan, S. Shamim // Microorganisms – 2021. – № 9. – C.1628.
13. Samarth, D. P. Biosorption of heavy metals from aqueous solution using *Bacillus licheniformis* / D. P. Samarth, C. J. Chandekar, R. K. Bhadekar // International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology. – 2012. – Vol. 2. – P. 12 – 19.
14. Zhou, M. Kinetic and equilibrium studies of Cr (VI) biosorption by dead *Bacillus licheniformis* biomass / M. Zhou [et al.] // World Journal of Microbiology and Biotechnology. – 2007. – Vol. 23. – P. 43 – 48.
15. Qiao, W. Bioimmobilization of lead by *Bacillus subtilis* X3 biomass isolated from lead mine soil under promotion of multiple adsorption mechanisms / W. Qiao [et al.] // Royal Society open science. – 2019. – Vol. 6. – P. 181701.

# **МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ АЛКАЛОИДОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

**Назарикова А.И., Бибарцева Е.В., кандидат медицинских наук  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** Алкалоиды представляют собой обширную группу природных соединений, обладающих разнообразной биологической активностью. Их выделение из растительного сырья является важным этапом для изучения фармакологических свойств и разработки лекарственных препаратов. В данном обзоре рассматриваются основные методы экстракции алкалоидов, включая экстрагирование свежих растений и извлечение из сухого растительного сырья с использованием настоек, настоев и отваров. Особое внимание уделяется оптимизации процесса экстракции для достижения максимального выхода целевых соединений.

**Ключевые слова:** *алкалоиды, экстракция, растительное сырье, настойки, настои, отвары, оптимизация.*

Алкалоиды – это класс природных органических соединений, содержащих азот, часто в гетероциклическом кольце. Они широко распространены в растительном мире и проявляют разнообразную биологическую активность, включая анальгетическое, противовоспалительное, противоопухолевое и антимикробное действие [1].

Экстрагирование – это процесс извлечения целевых соединений из растительного материала с использованием растворителя. При выборе растворителя необходимо учитывать полярность алкалоидов, а также наличие других компонентов в растительном сырье. Обычно используют органические растворители, такие как этанол, метанол, дихлорметан и эфир [2].

Полярные растворители (этанол, метанол) эффективны для извлечения алкалоидов в виде солей, а также других полярных соединений, таких как гликозиды и сахара [3].

Неполярные растворители (дихлорметан, эфир) предпочтительны для извлечения свободных оснований алкалоидов. Однако, стоит учитывать, что они могут экстрагировать и липиды, а также другие неполярные компоненты [3].

В общем случае процесс экстракции включает следующие этапы:

1. Подготовка растительного сырья: Измельчение растительного материала увеличивает площадь поверхности, доступную для растворителя.

2. Экстракция: Растительный материал помещают в контакт с растворителем. Могут использоваться различные методы, такие как мацерация (настаивание), перколяция (пропускание растворителя через слой сырья) или экстракция Сокслета (непрерывная экстракция с рециркуляцией растворителя) [4].

3. Фильтрация: Отделение экстракта от растительного остатка.

4. Концентрирование: Удаление растворителя для получения концентрированного экстракта, обычно с использованием роторного испарителя.

Традиционно для извлечения биологически активных веществ из растительного сырья используются настойки, настои и отвары. Эти методы, хотя и являются простыми, могут быть эффективными для извлечения алкалоидов [5].

Настойки — спиртовые экстракты, полученные путем настаивания растительного сырья в спирте различной концентрации. Этанол является хорошим растворителем для многих алкалоидов и способствует консервации экстракта [6].

Настои — водные экстракты, приготовленные путем настаивания растительного сырья в горячей или холодной воде. Настои обычно содержат меньше алкалоидов по сравнению с настойками, однако они могут быть полезны для извлечения алкалоидов, растворимых в воде [9].

Отвары — водные экстракты, приготовленные путем кипячения растительного сырья в воде. Отвары могут быть полезны для извлечения алкалоидов, устойчивых к высоким температурам. Однако, длительное кипячение может привести к деградации некоторых алкалоидов [8].

Для повышения эффективности экстракции из сухого растительного сырья рекомендуется:

1. Оптимизировать соотношение сырья и растворителя: Использование оптимального количества растворителя для конкретного количества сырья.

2. Контролировать температуру: Использование повышенной температуры, если алкалоиды термостабильны.

3. Увеличить время экстракции: Достижение равновесия между скоростью экстракции и деградацией алкалоидов.

4. Использовать ультразвуковую экстракцию (УЗЭ): УЗЭ может значительно повысить эффективность экстракции за счет увеличения проницаемости клеточных стенок [7].

Экстракция алкалоидов из растительного сырья является сложным процессом, требующим тщательного выбора метода и оптимизации условий. Выбор подходящего растворителя, метода экстракции и оптимизация параметров, таких как температура, время и соотношение сырья и растворителя играют решающую роль в получении максимального выхода целевых соединений. Дальнейшие исследования в области разработки новых и усовершенствованных методов экстракции позволят повысить эффективность и селективность извлечения алкалоидов, что будет способствовать развитию фармацевтической промышленности и медицины [10].

### Список литературы

4. Roberts, M. F., & Wink, M. (Eds.). (1998). *Alkaloids: Biochemistry, ecology, and medicinal applications*. Plenum Press.
5. Hostettmann, K., Marston, A., Hostettmann, M. *Preparative Chromatography Techniques Applications in Natural Product Isolation*. – Springer Science & Business Media, 2013.
6. Sasidharan S, Chen Y, Saravanan D, Sundram KM, Latha LY. Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*. 2011;8(1).

7. Rostagno, M. A., Esquivel, M. M., & Favela-Torres, E. (2003). Ultrasound as an extraction method. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 22(2), 114-128.
8. Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., ... & Omar, A. K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 426-436.
9. Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313-7352.
10. Wijekoon, M. M. J. O., Bhat, R., & Karim, A. A. (2011). Effect of different solvents on the extraction of phenolic compounds from *Thunbergia laurifolia* leaves. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 2447-2454.
11. Smith, R. M. (2003). Extraction of alkaloids. *Comprehensive Natural Products Chemistry*, 1, 59-88.
12. Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A. G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A. S., & Abert-Vian, M. (2017). Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 540-560.
13. Luque-Garcia, J. L., & De Castro, M. D. L. (2003). Ultrasound-assisted extraction. *Journal of Chromatography A*, 1000(1-2), 237-263.

# **Профилизация в школьном химическом образовании: современные подходы и перспективы**

**Николаев А.А.**

**ФГАОУ ВО РУДН имени Патриса Лумумбы, г. Москва  
ГБОУ Школа №1279 «Эврика», г. Москва**

**Аннотация:** В статье рассматриваются современные подходы к развитию профильного школьного химического образования, а именно использование современных информационных технологий, усиление междисциплинарных связей и практико-ориентированных методов обучения. Анализируются возможности повышения мотивации, формирования химической грамотности и перспективы внедрения новых образовательных стратегий для повышения эффективности обучения современных школьников химии.

**Ключевые слова:** *профилизация в школьном образовании, химическое образование, профильное обучение, современные тенденции в школе, образовательные стандарты, педагогические инновации.*

В современном образовательном пространстве развитие профильного обучения приобретает все большее значение, так как способствует углубленному освоению учебных дисциплин и формированию профессиональных компетенций у школьников [1]. Особенно актуально изучение химии, биологии и физики (как основных предметов естественнонаучного цикла) – фундаментальных наук, объединяющих знания из самых разных областей и играющих ключевую роль в научно-техническом прогрессе.

Для успешной реализации внедрения химического (естественнонаучного, медицинского и др.) профиля в школе необходимо внедрение современных методов и технологий, таких как использование виртуальных лабораторий и организация участия школьников в междисциплинарных проектах [2]. Однако при этом современное образование часто сталкиваются с рядом трудностей: недостатком технических ресурсов, необходимостью подготовки педагогов к новым форматам обучения, организации курсов повышения квалификации и обеспечением доступа к однаковому оборудованию или хотя бы организация сопоставимого уровня материально-технической базы во всех образовательных учреждениях.

В связи с этим важной задачей является анализ существующих образовательных практик, выявление факторов, повышающих эффективность профильной подготовки, а также разработка рекомендаций по их внедрению, данное исследование направлено на изучение современных тенденций развития обучения в рамках химического профиля, выявление возможных барьеров и определение роли химии в формировании потенциала школьников.

Организация профильного обучения в школе занимает важное место в современном образовательном пространстве, поскольку способствует целенаправленному развитию учащихся и подготовке их к будущей профессиональной деятельности [3]. В условиях современного прогресса,

постоянных изменений в образовании и на рынке труда, а также необходимости формирования компетентных специалистов глубокое знание профильных предметов становится ключевым фактором для реализации.

Одним из ключевых преимуществ профильного обучения является возможность учащихся сосредоточиться на тех направлениях, которые им интересны и на которых они хотят профилироваться [3]. Такой подход позволяет не только углубить освоение учебного материала, но и развивать профессиональные навыки и компетенции, необходимые для будущей карьеры. Это способствует развитию практических умений, навыков саморегуляции и определения своих профессиональных ориентиров.

Профильное обучение также способствует развитию у учащихся ответственности за собственное образование, самостоятельности, планирования деятельности и критического мышления. Такой опыт является важной составляющей их личностного и профессионального роста, подготавливая их к поступлению в высшие учебные заведения или началу профессиональной деятельности [4].

В целом, профильное обучение делает систему образования более гибкой и адаптированной к современным требованиям, способствует формированию компетентных, мотивированных и подготовленных к жизни и труду учащихся. В условиях постоянных изменений и необходимости адаптации к новым вызовам оно является важной задачей современной школы, обеспечивающей развитие профессионального и личностного потенциала учащихся.

Современный химический профиль обучения обладает рядом особенностей, которые делают его актуальным, привлекательным и эффективным для формирования профессиональных и личностных компетенций учащихся [5]. Основные особенности профильного химического обучения включают:

1. Использование интерактивных лабораторий, виртуальных симуляторов, которые позволяет углубить понимание сложных химических процессов, а также развить практические навыки [6]. Такой подход повышает мотивацию и интерес учеников к предмету, делает обучение более доступным и современным.

2. Так как химия тесно связана с экологией, медициной, технологией, инженерией и другими областями, усиление межпредметных связей в рамках профильного обучения помогает школьникам понять роль химии в решении актуальных задач современности – от охраны окружающей среды и разработки лекарственных средств до создания новых материалов [7, 8]. Такой подход расширяет кругозор и стимулирует научный интерес.

3. Большое внимание уделяется развитию критического мышления, аналитических умений, навыков постановки экспериментов, анализа данных и самостоятельных исследований [9, 10]. Практическая деятельность, проектные работы и исследовательские задания помогают закреплять навыки и подготавливать учеников к дальнейшему обучению и профессиональной деятельности, способствуют формированию индивидуальной траектории развития школьника [11].

Таким образом, особенности современного химического профиля включают внедрение современных технологий, междисциплинарный подход, развитие

практических и научных компетенций, а также формирование ответственного отношения к химии. Эти аспекты создают условия для формирования у школьников глубоких знаний, практических умений и профессиональной ответственности.

Помимо этого, современное образование не только динамично развивается, реагируя на вызовы времени, но и внедряет новые перспективные подходы. Подобные направления развития взаимосвязаны между собой и формируют целостную систему подготовки учеников к их будущему:

1. Создание условий для выявления и поддержки талантливых учеников, организация научных клубов, олимпиад и исследовательских проектов помогают развивать у них исследовательский потенциал и соответствующее мышление [12]. Это важно для формирования будущих специалистов, способных решать неординарные задачи и вести научные исследования. Вовлечение учеников в реальную практическую деятельность стимулирует их интерес к науке и профессиональному развитию.

2. Участие в городских конкурсах работ, проектов, участие в совместных исследованиях с другими образовательными учреждениями (колледжами или университетами) также расширяет горизонты знаний и формирует практический опыт школьников. Это способствует развитию у них практико-ориентированного мышления, повышает их мотивацию и интерес к науке.

3. Внедрение автоматизированных лабораторных систем и ИИ позволяет оптимизировать проведение опытов, анализировать большие объемы данных и моделировать химические процессы [6]. Это способствует развитию у учеников навыков анализа информации, критического мышления и работы с современными технологиями.

Все эти направления тесно связаны и образуют современную систему школьного химического образования. Взаимодействие цифровых технологий, междисциплинарных подходов, автоматизации обеспечивает комплексное развитие учеников – подготовку не только к научной деятельности, но и к ответственному участию в своей жизни. Такой подход помогает сформировать у школьников компетенции, необходимые для успешного будущего.

Профилязация в школьном образовании (и не только химическом) является важным этапом подготовки конкурентоспособных и всесторонне развитых специалистов. Современные подходы, основанные на внедрении инновационных технологий, междисциплинарных связях и развитии ключевых компетенций, делают обучение более увлекательным и актуальным. Перспективы развития профильного обучения предполагают активное использование цифровых решений, расширение исследовательской деятельности и укрепление связей с реальным миром, что способствует формированию у школьников не только глубоких знаний, но и навыков самостоятельной работы, критического мышления и ответственности.

В условиях постоянных изменений современное школьное химическое образование должно оставаться гибким, открытым для инноваций и ориентированным на развитие талантов учеников. Только системный подход позволит формировать социально ответственных личностей, способных

адаптироваться к будущим вызовам, а именно путем интеграции современных технологий, междисциплинарных связей и развития ключевых компетенций возможно обеспечить подрастающему поколению соответствующий фундамент для профессионального и личностного роста, а также внести значимый вклад в развитие науки и устойчивое развитие общества.

### Список литературы

1. Черникова И.Ю., Осипова О.П. Развитие профильного образования в современной России // Наука и школа. – 2022. № 2. – С. 40-50, doi:10.31862/1819-463X-2022-2-40-50, <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48410693>.
2. Еманова А.А., Ермаков Д.С., Рыбкина Т.И. Варианты организации профильного обучения химии // Успехи в химии и химической технологии. – 2008. – Т. 22, № 2(82). – С. 98-100, <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20190387>.
3. Фесенко З.Н. Организация профильного обучения в общеобразовательной школе // Омский научный вестник. – 2010. № 2(86). – С. 179-181, <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20911531>.
4. Алижанова Х.А., Гаджимурадова Р.Т. Методологические основы, стратегия, цели и основные задачи профильного обучения // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. – 2016. – Т. 22, № 1. – С. 14-17, <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=vskbmr>.
5. Опарина С.А. Профильное обучение химии как направление модернизации школьного химического образования // Обучение и воспитание: методики и практика. – 2015. № 23. – С. 65-70, <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24932856>.
6. Николаев А.А., Митрофанова А.В. Цифровизация на уроках химии: достижения, проблемы и перспективы // Cifra. Педагогика. – 2025. № 2 (8), doi:10.60797/PED.2025.8.7, <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82426689>.
7. Ильина Ю.Н., Кочергина Н.И., Польских С.В. Реализация межпредметных связей при обучении химии как фактор повышения эффективности учебного процесса // Современное педагогическое образование. – 2023. № 3. – С. 114-117, <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50491550>.
8. Азизова Л.Р., Гусейнов Р.М., Гусейнова Т.Р. Межпредметные связи химии с биологией, медициной и физикой // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Психолого-педагогические науки. – 2020. – Т. 14, № 2. – С. 11-18, doi:10.31161/1995-0659-2020-14-2-11-18, <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46622130>.
9. Жукова Н.В., Кузнецова Р.С. Формирование практических навыков у обучающихся по химии посредством интеграции основного и дополнительного образования // Учебный эксперимент в образовании. – 2024. № 2(110). – С. 64-76, doi:10.51609/2079-875X\_2024\_2\_64, <https://elibrary.ru/voenbm>.
10. Байгозин Д.В. Формирование у учащихся видов мышления, характерных для структурной химии, в рамках предпрофильного обучения химии // XII Всероссийская научно-практическая конференция учителей химии и преподавателей вузов "Актуальные проблемы химического образования", Пенза,

22 ноября 2023 года, 2024, С. 95-98,  
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=61074584&pff=1>.

11. Халикова Ф.Д. Индивидуальные учебные планы в профильном обучении химии // Казанский педагогический журнал. – 2011. № 4(88). – С. 176-183, <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19006500>.

12. Смирнов В.В., Бормотов А.С. Выявление и поддержка талантливых детей в организациях дополнительного образования // Modern Science. – 2022. № 1-1. – С. 288-292, <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47579262>.

# **МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ РЕЦЕПТУР РАНОЗАЖИВЛЯЮЩИХ МАЗЕЙ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ (ОБЗОР)**

**Пластамак А.П., Морозова С.А., Сизенцов А.Н., кандидат  
биологических наук, доцент.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** В животноводческой отрасли травмы связанные с повреждением целостности кожных покровов в большей половине случаев осложняются раневой инфекцией. Наряду с этим наблюдается высокий уровень полирезистентных патогенных микроорганизмов в отношении различных антибактериальных препаратов. Представленный обзор направлен на анализ научных данных по использованию альтернативных антибиотикам средств в составе ранозаживляющих препаратов.

**Ключевые слова:** *ранозаживление, многокомпонентный препарат, мазь, антимикробные свойства*

Раны являются одной из основных хирургических патологий и на их долю приходится до 40 % от общего числа незаразных болезней. Большой урон мелким непродуктивным и сельскохозяйственным животным причиняет травматизм от неправильного содержания, кормления, эксплуатации и транспортировки. Очень часто травмы носят характер открытых повреждений, которые в большей половине случаев осложняются раневой инфекцией [1].

Для местного лечения ран используют различные лекарственные препараты, которые защищают кожные покровы от микробной контаминации, направленно влияют на очищение раны, регенерацию, эпителизацию, рассасывание рубцовой ткани. Применяются различные лекарственные формы – мази, гели, линименты, пасты, аэрозоли, растворы, присыпки, а также раневые покрытия [2].

Актуальным является создание многокомпонентных лекарственных препаратов, влияющих на различные звенья раневого процесса и обладающих антибактериальным, некролитическим, противовоспалительным, обезболивающим, осмотическим действием, предотвращающих вторичное инфицирование, обеспечивающих влажную среду в ране, рост и защиту грануляционной ткани, стимулирующих пролиферацию и формирование эпителия, проявляя таким образом явление синергизма действующих веществ и основы [2, 3].

На данный момент, на рынке ветеринарных ранозаживляющих препаратов преобладают монокомпонентные средства преимущественно синтетического происхождения (82,9 %). Препараты обладают узким спектром действия и ограничиваются отдельными терапевтическими эффектами: антимикробным, антисептическим, противовоспалительным или репаративным.

Наиболее востребованными лекарственными формами выпуска для ветеринарного применения ранозаживляющих средств являются мазевые формы (31,9 %). Выбор мазей как наиболее популярной формы мягких лекарственных

средств обусловлен рядом факторов. Такая форма характеризуется удобством режима применения, высокой высвобождаемостью активных веществ, простотой нанесения, длительностью сроков хранения. Активные компоненты из мази, являющейся лекарственной формой для наружного применения, в незначительном количестве попадают в кровоток и всасываются в организм животного. Это позволяет снизить масштабы возникновения и распространения устойчивости животных к противомикробным препаратам, а также обеспечить безопасность производства пищевых продуктов (мяса, молока), если речь идет о применении ранозаживляющих средств в промышленном животноводстве [1, 4].

Большая часть в ассортименте ветеринарных препаратов в разрезе фармакотерапевтических групп приходится на долю антисептических и дезинфицирующих средств (38,7 %) и антибиотиков (27,3 %) с преобладанием синтетических средств, и лишь и лишь в структуру 21,3 % средств вошли натуральные компоненты растительного или животного происхождения. Вместе с тем, естественные природные соединения обладают рядом преимуществ. Так, фитопрепараты по сравнению с синтетическими лекарственными средствами, обладают мягким умеренным воздействием на организм, постепенно, но стойко развивающимся терапевтическим эффектом, имеют малое число противопоказаний, не вызывают привыкания [1, 4].

Экстракты лекарственных растений отличаются большим содержанием флавоноидов, каротиноидов, витаминов, микроэлементов и других биологически активных веществ в эффективных соотношениях. Полученные из них готовые лекарственные формы оказывают регенерирующее влияние на раны благодаря их способности уменьшать экссудацию из раневой поверхности, ограничивать отек тканей и гиперемию, оказывать антимикробное, противовоспалительное действие и ускорять заживление раневого повреждения. На данный момент известны природные соединения растительного происхождения, такие как дубильные вещества, терпеноиды, алкалоиды, флавоноиды, которые продемонстрировали антибактериальные, противовоспалительные и регенерирующие эффекты [4, 5, 6].

В качестве вспомогательных компонентов в лекарственные мази регулярно добавляют ионы, оксиды и хелатные комплексы металлов, наиболее востребованными из которых являются цинк, серебро и медь. Серебро обладает выраженными антисептическими свойствами, угнетая кератолитическую активность бактерий и грибов. Медь принимает участие во многих биохимических процессах как составная часть ферментоактивных белков, которые переносят электроны в реакциях окисления и восстановления органических субстратов [7].

Цинк обеспечивает течение транспортных процессов, связанных с металлоэнзимными превращениями большого количества биохимических соединений. Он вместе с медью выражено влияет на синтез кератиновых белков. Ионный радиус цинка меньше, чем у меди, в связи с чем цинк в сравнении с медью несет более концентрированный заряд, что обуславливает большее его родство к электронам. Это обеспечивает широкое участие цинка в различных биологических процессах, таких как гидролиз, присоединение к двойным связям, окисление – восстановление и т. п. [7, 8].

Использование данных металлов также возможно в форме наночастиц. Наночастицы на основе металлов являются одним из перспективных направлений для создания нового класса ранозаживляющих препаратов, поскольку наночастицы металлов обладают низкой токсичностью и пролонгированным действием [9-12].

Следует подчеркнуть, что широко используемые мягкие лекарственные формы для лечения ран на липофильной основе в настоящее время считаются устаревшими и малоэффективными, так как не обладают осмотической активностью, нарушают отток экссудата, создают парниковый эффект в ране, действующие вещества слабо диффундируют в ткани из липофильной основы, кроме того, такие препараты в основном эффективны только при лечении чистых ран в фазу регенерации [2].

Более 30 лет назад на смену мазям на липофильной основе пришли местные лекарственные формы, в которых действующие вещества растворены в гидрофильной основе — мази и гели на основе полиэтиленгликолей (ПЭГ). В качестве основы в составе мазей и суппозиториев могут быть использованы ПЭГ различной степени полимеризации. ПЭГ-основы не препятствуют газообмену кожи и не нарушают деятельности желез, сохраняют однородность после поглощения выделений кожи или слизистой оболочки (обладают очищающей способностью) [2, 3, 13, 14]. Следует отметить, что ПЭГ так же является хорошим растворителем, например для кристаллического йода [15].

Анализ полученных результатов свидетельствует о высоком потенциале антибактериального действия в отношении полирезистентных штаммов микроорганизмов различных веществ, например фитохимические и эссенциальные элементы из группы тяжелых металлов, являющиеся альтернативной для их включения в состав ранозаживляющих мазей вместо антибактериальных препаратов.

#### Список литературы:

1. Михайленко, О. Г. Контент-анализ ассортимента ранозаживляющих препаратов для ветеринарного применения / О. Г. Михайленко [и др.] // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2023. – Т. 12, № 2. – С. 128-133.
2. Федосов, П. А. Современные подходы к выбору ранозаживляющих средств / П. А. Федосов [и др.] // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 2018. – Т. 81, № 4. – С. 41-48.
3. Кузин, М. И. Раны и раневая инфекция / М. И. Кузин, Б. М. Костюченок. – М. : Рипол Классик, 2009. – 320 с.
4. Парfenюк, А. А. Актуальность разработки комбинированного ранозаживляющего препарата для ветеринарного применения и его перспективный компонентный состав / А. А. Парfenюк // Ветеринарный фармакологический вестник. – 2023. – № 2. – С. 76-90.
5. Хитрихеев, В. Е. К созданию ранозаживляющего средства из растительного сырья / В. Е. Хитрихеев [и др.] // Вестник Бурятского

государственного университета. Медицина и фармация. – 2024. – № 2. – С. 45-51.

6. Ефименко, Н. А. Современные тенденции в создании биологически активных материалов для лечения гнойных ран / Н. А. Ефименко, Ф. Е. Шин, М. П. Толстых, А. С. Тейляшин // Военно-медицинский журнал. – 2002. – № 1. – С. 48-52.

7. Ковалев, И. А. Лечебные свойства геля дегтярного при лечении коров с гнойными пододерматитами / И. А. Ковалев // Ветеринарный фармакологический вестник. – 2018. – № 4(5). – С. 48-52.

8. Ковалев, И. А. Местное применение препаратов с микроэлементами при лечении коров с поражениями в области пальцев / И. А. Ковалев // Эффективные и безопасные лекарственные средства в ветеринарии : материалы V-го Международного конгресса ветеринарных фармакологов и токсикологов / Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины. - Санкт-Петербург : СПбГАВМ, 2019. - С. 90-93.

9. Блинова, А. А. Разработка технологии получения мазевой композиции на основе коллоидного оксида цинка для ветеринарии / А. А. Блинова [и др.] // Сельскохозяйственный журнал. – 2022. – № 1 (15). – С. 30-38.

10. Рахметова, А. А. Ранозаживляющие средства нового поколения на основе наночастиц меди / А. А. Рахметова [и др.] // Образовательный вестник «Сознание». – 2012. – Т. 14, № 11. – С. 327-328.

11. Рахметова, А. А. Ранозаживляющие свойства мягких лекарственных форм с наночастицами меди и низкомолекулярными производными хитозана / А. А. Рахметова [и др.] // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2016. – Т. 19, № 7. – С. 12-18.

12. Кан, И. Ч. Ранозаживляющая мазь и способ ее получения : пат. 2791374 Рос. Федерация : МПК A61K 9/06, A61K 33/06, A61K 33/30 / И. Ч. Кан [и др.] ; заявитель и патентообладатель ООО "СИНАПС". - № 2021130209 ; заявл. 15.10.2021 ; опубл. 07.03.2023, Бюл. № 15.

13. Оболенский, В. Н. Хроническая рана: обзор современных методов лечения / В. Н. Оболенский // Русский медицинский журнал. – 2013. – № 5. – С. 44-51.

14. Попков, В. А. Твердые дисперсии с полиэтиленглиолями в фармации / В. А. Попков [и др.] // Фармация. – 2005. – № 3. – С. 39-42.

15. Семынин, Т. А. Оценка аддитивного эффекта комбинации эссенциальных элементов в отношении *Pseudomonas aeruginosa* / Т. А. Семынин, А. Н. Здоров, М. М. Маринчев // Микроэлементы в медицине. – 2024. – Т. 25, № 3. – С. 11-13.

# **БИОХИМИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ПРОТИВОМИКРОБНЫМ СРЕДСТВАМ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ХИМИИ**

**Барышева Е. С., доктор медицинских наук, доцент, Плотникова Ю. А.  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация.** Использование биологически активных комплексов природных соединений, отличающихся большим разнообразием, в сочетании с антибиотиками, может позволить получать антимикробные агенты разнообразной химической структуры и механизма действия, и обеспечить появление новых эффективных лекарственных средств.

**Ключевые слова:** комплекс белок-лиганд, пенициллин-связывающий белок, константа ингибирования, кластер, дифрактометрия, энергия взаимодействия, водородная связь.

Некоторые из таких комплексов не активны при использовании в одиночку и проявляют соответствующую активность только тогда, когда они вводятся вместе с антибиотиком. Другие соединения проявляют синергетическую активность по другим механизмам, в дополнение к собственной антимикробной активности из-за плейотропных эффектов. В данной работе предполагается, что молекулы биологически активных комплексов могут воздействовать как на антибиотик, так и на пенициллинсвязывающие белки или на бета-лактамазы в составе комплекса с антибиотиком, что может привести к ингибированию белка, его конформационной перестройке и в, конечном итоге, уменьшению необходимой минимальной концентрации антибиотика. В связи с этим целью работы было, исследовать синергетическое действие БАВ по отношению к противомикробному препарату Цефтазидим (Ц) с помощью методов компьютерной химии.

Всестыковки исследования проводились с использованием комплексов белок-лиганд на кристаллических структурах. Перед процессомстыковки белок структурировался и обрабатывался с помощью графического интерфейса AutoDockTools программного обеспечения AutoDock 4.2.6. Перед моделированием из белка удалялась вода, восстанавливались неполярные водородные атомы, устанавливался заряд. Размер сетки включал белок и лиганд целиком. Использовался генетический алгоритм Ламарка с количеством запусков равным 50, размер популяции 300, максимальное количество оценок энергии – долгое от 25000000, остальные параметры по умолчанию [1,2,3].

В качестве лиганда были выбраны молекулы кверцетина, рутина и галловой кислоты, обладающие антимикробными свойствами, антибиотик - цефтазидим был взят для проверки, выбранной теоретической расчетной модели. В качестве

модели для связывания из базы данных "RCSB Protein Data Bank", был выбран пенициллин-связывающий белок **ЗОСН**, в составе *Pseudomonas aeruginosa*.

Вероятность связывания оценивали по:

1. Количество необъединенных, индивидуальных сайтов (кластеров) связывания (N) для каждого БАВ. Меньшее их количество указывает на пучность, большее – на разброс по поверхности. Большой разброс точек говорит о плохой аффинности БАВ по отношению к лиганду.

2. Константе ингибиования (Ki). Показывает расчетное значение концентрации БАВ, необходимое для присоединения к белку. Чем меньше, тем лучше [4].

3. Количество водородных связей. Для индивидуального взаимодействия большее количество образуемых водородных связей указывает на наибольшую вероятность удержания на поверхности белка и, в общем, увеличивает шанс присоединения БАВ к этому участку.

Для лучшей интерпретации результатов, у молекулы белка, после визуализации расчетов, были выделены пять кластеров. Кластером называли совокупность сайтов связывания на поверхности белка, ограниченного некоторыми размерами и в сумме имеющего наибольшее количество точек связывания среди различных БАВ, и обладающего, в большинстве случаев, наименьшей средней свободной энергией.

Результаты молекулярного докинга по определению сайта связывания совпали с результатами дифрактометрии приведенными в базе данных Protein Data Bank. Это подтверждает хорошую воспроизводимость результатов, по выбранной расчетной модели. Более того, с помощью программы AutoDockTools, устанавливались активные центры и окружение аминокислот для белков.

По базе данных PDB был установлен активный центр связывания для белка ЗОСН, приходящийся на первый кластер (рисунок 1).

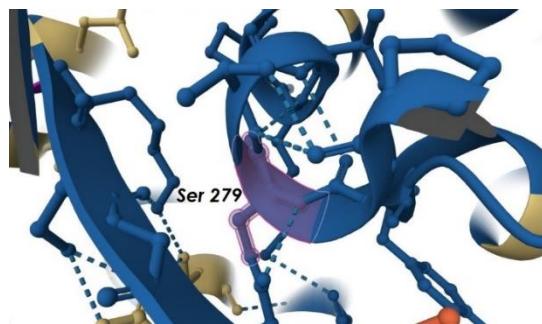


Рисунок 1 – Активный центр белка ЗОСН

Наибольшее количество конформаций в I кластере фиксируется у кверцетина (рисунок 2). На хорошие шансы связывания указывают высокие средние показатели энергии взаимодействия ( $\Delta E$  (среднее), kcal/mol), количество водородных связей (h-bond), низкие значения константы ингибиования (Ki (среднее), uM). Формирование 5 водородных связей осуществляется по группам следующих АК: Thr487, Arg331, Ser294 (по аминогруппе), и две связи через Ser294 (рисунок 3).

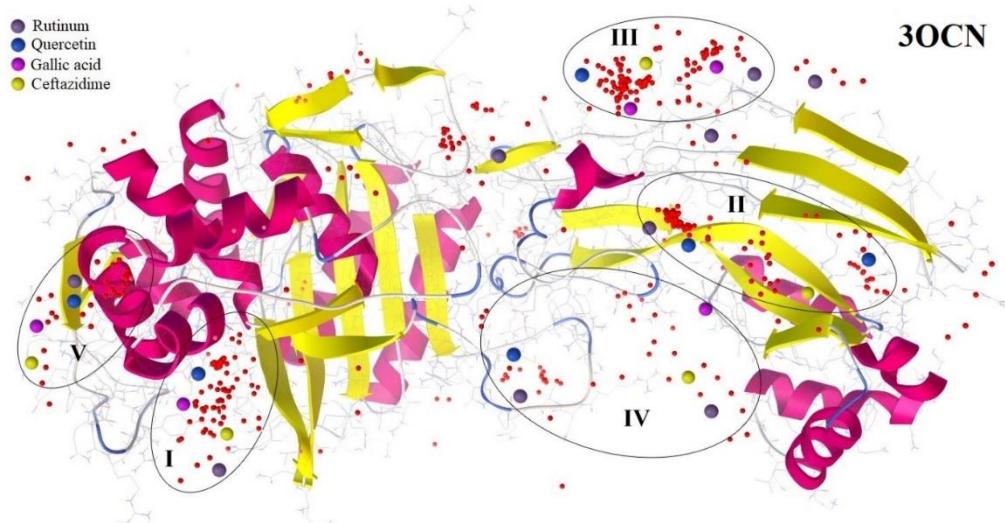


Рисунок 2 - Кластеры взаимодействия для белка 3OCN

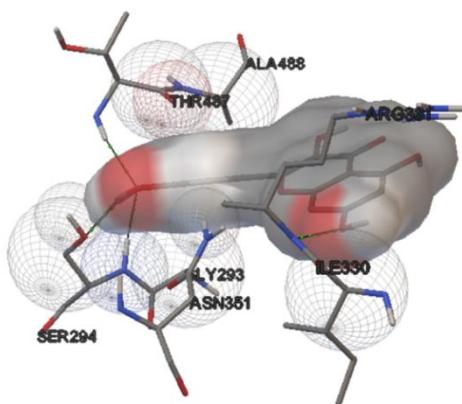


Рисунок 3 – Взаимодействие белка 3OCN с кверцетином

У цефтазидима максимальное количество конформаций наблюдается в III кластере (рисунок 2). Здесь же фиксируется максимальное значение энергии взаимодействия (-6,15 kcal/mol), при этом, при относительном максимуме энергии образуется только одна водородная связь.

Рутин, скорее всего, имеет слабые шансы связывания. Моделирование показало всего по 1 водородной связи в большинстве кластеров (рисунок 4(a)). На плохое связывание указывают высокие значения константы ингибиции и положительные значения энергии взаимодействия, что означает невозможность образования комплекса.

За счет водородных связей происходит связывание и удержание молекул на поверхности белка, поэтому их малое количество или отсутствие, даже в случае низких значений свободной энергии, можно считать, указывает на невозможность присоединения к молекуле белка.

У цефтазидима максимальное количество конформаций наблюдается в III кластере (рисунок 4 b). Здесь же фиксируется максимальное значение энергии взаимодействия (-6,15 kcal/mol), при этом, при относительном максимуме энергии образуется только одна водородная связь.

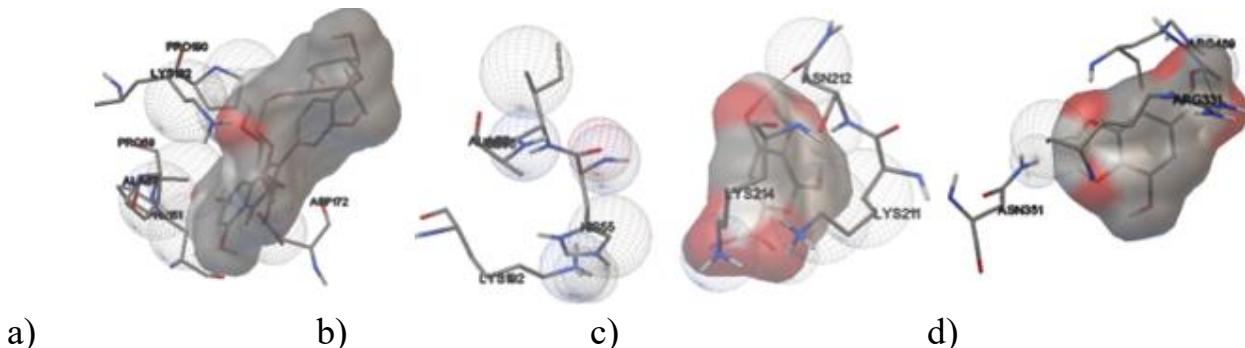


Рисунок 4 – а) - взаимодействие белка ЗОСН с рутином, б) - взаимодействие белка ЗОСН с цефтазидимом, в) - взаимодействие белка ЗОСН с галловой кислотой (46 комбинаций), г) - взаимодействие белка ЗОСН с галловой кислотой (в активном I кластере)

Для галловой кислоты характерна кучность комбинаций в пределах III кластера (рисунок 2) и низкое значение  $K_i$  (среднее), при наличии двух водородных связей по ASN212(OD1) и LYS214 (HZ1) (для  $\Delta E_{max}$ ) (рисунок 4 (в)).

За счет водородных связей происходит связывание и удержание молекул на поверхности белка, поэтому их малое количество или отсутствие, даже в случае низких значений свободной энергии, можно считать, указывает на невозможность присоединения к молекуле белка. Лучшие значение для ЗОСН показали кверцетин и цефтазидим.

Для проверки полученных данных квантового моделирования была проведена оценка бактерицидной активности методом диффузии в агар. Для визуализации полученных экспериментальных данных были построены диаграммы на основе средних значений зон ингибирования роста изолированных штаммов *P.aeruginosa* вторичными метаболитами и их комплексами с цефтазидимом.

Анализируя графические данные, следует отметить, что наиболее выраженный достоверно значимый результат ингибирования роста в максимальных тестируемых концентрациях в отношении изолированных штаммов *P.aeruginosa*, по отношению к контрольным значениям регистрируется на фоне комбинаций кверцетина с цефтазидимом с увеличением зоны подавления роста на 28,2% ( $p \leq 0,05$ ) (рисунок 5).

Действие галловой кислоты в отношении штаммов *P.aeruginosa*, напротив, характеризуется увеличением ингибирующего эффекта в комплексе с цефтазидимом во всех тестируемых концентрациях (от 0,2 г/л до 0,02 г/л) на 11%, 13%, 22% ( $p \leq 0,01$ ), 37% ( $p \leq 0,05$ ), 52%, 84% ( $p \leq 0,01$ ) соответственно. При этом следует отметить, что по мере снижения концентрации исследуемого вещества регистрируется динамическое увеличение зон подавления роста по отношению к контрольным значениям.



Рисунок 5 – Биологический эффект действия кверцетина и его комплекса с цефтазидимом в отношении изолированных штаммов *P.aeruginosa*

Таким образом, нами были получены подтверждения усиления эффекта антибиотика цефтазидима, посредством комплексного его применения с такими вторичными метаболитами, как кверцетин, рутин и галловая кислота. Это позволяет предположить, возможность снижения концентрации синтетического антibактериального средства в пользу природных компонентов, без потери необходимого терапевтического эффекта.

#### Список литературы

1. Huey R., Morris G. M., Forli S. Using AutoDock 4 and AutoDock vina with AutoDockTools: a tutorial //The Scripps Research Institute Molecular Graphics Laboratory. – 2012. – Т. 10550. – №. 92037. – С. 1000.;
2. Forli, S., Huey, R., Pique, M. E., Sanner, M. F., Goodsell, D. S., & Olson, A. J. Computational protein–ligand docking and virtual drug screening with the AutoDock suite //Nature protocols. – 2016. – Т. 11. – №. 5. – С. 905-919.; 7.
3. Пратама М. Р. Ф., Сисвандоно С. Изучение влияния количества запусков Autodock 4 на среднеквадратическое отклонение результатов докинга // Фармация и фармакология. – 2020. – Т. 8. – №. 6. – С. 476-480.].
4. Гендузов, Т. А., Глушко, А. А., Чиряпкин, А. С., Чиряпкин, В. С. Прогнозирование анксиолитического действия, опосредованного ГАМК А рецептором, методом молекулярного докинга //Бюллетень науки и практики. – 2020. – Т. 6. – №. 5. – С. 38-45.

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «КРИМИНАЛИСТИЧЕСКАЯ БИОХИМИЯ»**

**Романенко Н.А., кандидат биологических наук**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

Повышение востребованности выпускников вузов на рынке труда остается неизменной проблемой, требующей решения. Подготовка студентов по направлению подготовки «Биология» профиль «Биохимия» подразумевает широкий спектр сфер дальнейшей профессиональной деятельности, в том числе «научных исследований с использованием биологических систем в хозяйственных и медицинских целях, в целях охраны природы». В федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 06.03.01 Биология указано, что выпускники могут осуществлять профессиональную деятельность в областях профессиональной деятельности и (или) сферах профессиональной деятельности при условии соответствия уровня их образования и полученных компетенций требованиям к квалификации работника, а совокупность компетенций, установленных программой бакалавриата, должна обеспечивать выпускнику способность осуществлять профессиональную деятельность не менее чем в одной области профессиональной деятельности и (или) сфере профессиональной деятельности, установленных в соответствии с пунктом 1.11 ФГОС ВО, и решать задачи профессиональной деятельности не менее чем одного типа, установленного в соответствии с пунктом 1.12 ФГОС ВО. Так одним из приложений профессиональных компетенций выпускника может стать работа в области судебной биологической экспертизы, а преподавание дисциплины «Криминалистическая биохимия» поможет сформировать необходимые для этого условия. Настоящая работа посвящена обобщению предложений в отношении критериев отбора и самого содержания дисциплины «Криминалистическая биохимия».

Криминастика – это наука о закономерностях механизма преступления, возникновения информации о преступлении и его участниках, собирания, исследования, оценки и использования доказательств и основанных на познании этих закономерностей специальных средствах и методах судебного исследования и предотвращения преступлений [1]. Будучи прикладной юридической наукой, криминастика взаимодействует прежде всего с науками криминального цикла, а также с целым рядом гуманитарных, естественных и технических наук, более того, использует некоторые специальные методы последних, что находит свое выражение в криминалистической технике.

Исторически криминалистическая (уголовная) техника наиболее интенсивное развитие получила в конце XIX – начале XX веков. Одной из ведущих задач данного раздела криминастика стала задача обеспечения следственной практики эффективными средствами и методами поиска,

обнаружения, фиксации, изъятия и исследования вещественных доказательств, их научного обоснования. Реальную возможность решения данной задачи обеспечивали знания, накопленные в рамках других наук, прежде всего – естественных и технических. Следовательно, в этот период времени существовала не только объективная необходимость, но и возможность заимствования, приспособления и использования естественно-технических знаний. В своей совокупности и потребности криминалистической практики, и имеющиеся возможности естественно-технических наук определили результативность подобных исследований. В рамках данного направления научных изысканий в области криминалистической техники задача привлечения биологического знания имела очевидное значение, была актуальной. Возможности биологической науки находили прямые пути преломления в аспекте разработки технических средств и методов работы с доказательствами. Возникла ситуация, способствующая поиску точек пересечения и приспособления биологического знания к нуждам криминастики [2]. Биологические знания о строении и свойствах организма человека и животных, жизнедеятельности и продуктах жизнедеятельности растений могут быть использованы в процессе познания преступной деятельности и деятельности по раскрытию и расследованию преступлений в специфическом для нее аспекте [3].

Дисциплина «Криминалистическая биохимия» является обязательной дисциплиной вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)» учебного плана специальности 06.03.01 Биология профиля Биохимия. Дисциплина преподается в 5 семестре и включает три раздела: «Введение в криминастику», «Судебно-химическая токсикология» и «Биохимические методы исследования объектов биологического происхождения в криминалистике».

Следует обратить внимание, что содержание дисциплины должно обеспечивать не только приобретение представления о способах и методах лабораторного исследования объектов судебно-медицинской экспертизы и их возможностях применительно к решению вопросов, возникающих при расследовании уголовных и рассмотрении гражданских дел, принципах трактовки их результатов, но также и изучение организационно-процессуальных вопросов судебно-медицинской экспертизы, смежных медицинских, биологических и юридических дисциплин применительно к производству судебно-медицинской экспертизы, основ информационных и коммуникационных технологий [4]. Так изучение первого раздела криминалистической биохимии включает такие непрофильные для биолога вопросы, как принципы, структура и организация судебно-медицинской службы в Российской Федерации, основы криминалистической тактики и методики, методы и правила выявления, изъятия, упаковки и направления вещественных доказательств биологического происхождения для их исследования в соответствующих судебно-медицинских лабораториях

Исходя из вышесказанного целью освоения дисциплины «Криминалистическая биохимия» является ознакомление студентов с биохимическими методами исследования в криминалистике, при этом задачи более широко раскрывают цель предмета:

1 формирование представлений о задачах и методах судебной экспертизы, видах экспертных методик и классификации судебных экспертиз, об основах правовой регламентации судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации, современных возможностях судебных экспертиз;

2 формирование знаний о типовых методиках по производству биохимических экспертиз, навыков их проведения;

3 формирование навыков самостоятельного анализа ситуаций, возникающих в процессе рассмотрения гражданских и расследования уголовных дел и требующих применения специальных познаний с целью установления обстоятельств, имеющих значение для дела.

Для освоения дисциплины предусмотрено проведение лекционных, практических и лабораторных занятий, что позволяет студентам не только получить необходимые знания, но и закрепить их путем таких методов обучения, как дискуссия, опрос, доклад, решение компетентностно-ориентированных задач, в том числе с применением лабораторных работ, таким образом, происходит реализация как репродуктивных, так и продуктивных технологий [5].

Необходимо понимать, что конечной целью обучения является не запоминание большого объема информации, а приобретение навыка практического использования полученных знаний в своей дальнейшей деятельности. Таким образом, приобретенные знания, формируя личностно-профессиональные компетенции индивидуума, являются средством решения профессиональных задач [6]. Именно они, личностно-профессиональные компетенции, и определяют возможности человека при осуществлении им того или иного вида деятельности [4].

В процессе реализации рабочей программы дисциплины «Криминалистическая биохимия» для освоения студентами практических навыков могут быть проведены следующие лабораторные опыты: определение содержания кофеина йодометрическим методом, исследование наркотических веществ, получаемых из растений конопли и мака, установление наличия крови микроспектральным методом, установление наличия пота и крови методом тонкослойной хроматографии, установление наличия крови экспресс-методом, установление наличия слюны с помощью качественной реакции на амилазу, установление наличия спермы с помощью цитологического метода, экспресс-метод на PSA-белок, установление видовой принадлежности крови методом преципитации в жидким геле, с помощью метода кольцепреципитации в жидкой среде и с помощью метода иммуноинфузии в 1 %-ном агарозном геле, установление групповой принадлежности жидкой крови и агглютининов высущенной крови, установление антигенов слюны с помощью реакции торможения агглютинации, установление антигенов тканей и выделений человека с помощью реакции абсорбции в количественной модификации и другие.

В заключение хочется отметить, что необходимость использования современных биологических исследований в криминалистической практике требует создания новых направлений биологических исследований, в частности судебной биологии [3]. Это диктует объективная необходимость сблизить криминалистику с биологией в целом и ее разделами в частности, а также

готовить квалифицированные кадры, обладающие знаниями и практическими навыками обоих дисциплин.

### Список литературы

- 1 Криминалистика : учебник / под общ. ред. В. А. Жбанкова. – М .: Изд-во Российской таможенной академии, 2012. – 512 с.
- 2 Яковлев, Д. Ю. История и современное состояние проблемы интеграции достижений биологии в криминалистику / Д. Ю. Яковлев // Бизнес в законе. – 2009. – № 1. – С. 200-201.
- 3 Яковлев, Д. Ю. Концептуальные основы интеграции достижений биологии в криминалистику / Д. Ю. Яковлев // Сибирский юридический вестник. – 2014. – № 4(67). – С. 124-131.
- 4 Буромский, И. В. Преподавание судебной медицины, подготовка экспертовых кадров, их дальнейшее профессиональное развитие с позиций непрерывного образования специалистов здравоохранения / И. В. Буромский, Е. С. Сидоренко, Ю. В. Ермакова // Методология и технология непрерывного профессионального образования. – 2020. – № 1(1). – С. 42-50.
- 5 Жигалова, Г. Г. Инновационные методы в преподавании учебных дисциплин криминалистической направленности - судебной медицины и судебной психиатрии / Г. Г. Жигалова, Н. Г. Радзиевская // Мир науки, культуры, образования. – 2024. – № 1(104). – С. 225-228.
- 6 Моисеева, Т.Ф. Организационные и методологические аспекты подготовки судебных экспертов // – Правосудие. – 2019. – Т.1. – №2. – С. 160-168.

# ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИИ НЕКОТОРЫХ S- И P- ЭЛЕМЕНТОВ НА ХЕЛАТНЫХ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛАХ PUROLITE

Саблина В.А., Пономарева П.А.,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Аннотация: в статье рассматриваются особенности сорбции элементов с s- и p- заполненными энергетическими уровнями на ионообменных смолах марки Purolite. В качестве объектов рассмотрены галлий, индий и бериллий, представляющие различные группы и обладающие различной химической природой. Представленные результаты позволяют определить селективность смол Purolite и расширить их применение для извлечения редких элементов.

*Ключевые слова:* ионообменные смолы, металлы, сорбция

Сорбционные методы разделения и концентрирования элементов находят широкое применение в аналитической химии, гидрометаллургии и экологическом контроле. Особый интерес представляют ионообменные смолы Purolite, обладающие высокой химической стойкостью и селективностью к различным катионам.

Важной задачей является исследование поведения элементов с s- и p- заполненными энергетическими уровнями, таких как галлий, индий и бериллий, поскольку они существенно отличаются по радиусу иона, заряду и склонности к гидролизу (таблица 1). Галлий и индий образуют устойчивые трёхвалентные катионы, активно взаимодействующие с хелатными группами смол. Бериллий отличается малым ионным радиусом и высокой поляризующей способностью, что также определяет его взаимодействие с сорбентом. Изучение этих различий позволяет уточнить механизмы сорбции и расширить возможности применения Purolite для селективного извлечения и разделения элементов.

Элемент	s- /p-	Заряд иона	Радиус (Å)	Склонность к гидролизу
Ga	p	+3	0,62	Высокая
In	p	+3	0,8	Средняя
Be	s	+2	0,45	Очень высокая

Таблица 1 – Сравнительная характеристика ионов сорбируемых металлов

Для обозрения методик и результатов сорбции различных элементов обратимся к статьям и патентам.

В статье «Извлечение галлия и скандия из солянокислых растворов хелатными смолами Purolite» [1,6], подготовленной В. Ф. Борбатом и Л. Н. Адеевой из Омского государственного университета им. Ф. М. Достоевского, описан процесс сорбции галлия из золы ТЭЦ с применением хелатообразующих ионообменных смол Purolite S930 и S957. Перед началом экспериментов смолы подвергались предварительной подготовке по утвержденной методике [2]. Их

сорбционные свойства по отношению к ионам металлов изучались в статических и динамических условиях.

В статических опытах [ГОСТ 202255.1-89] ёмкость смолы по галлию определялась при объёме исходного раствора 20 мл, концентрации металла 1 мг/мл и времени контакта 24 часа. Масса навески составляла 0,1 г, а ёмкость (а, ммоль/г) рассчитывалась по разности между исходной и равновесной концентрациями. В динамических условиях обменная ёмкость ионита с неподвижным слоем сорбента определялась при пропускании раствора через колонку согласно стандартной методике [ГОСТ 20255.2-89]. В этом случае исходная концентрация металлов находилась в пределах 1,2–1,4 мг/мл, масса смолы составляла 0,5 г, а скорость подачи раствора равнялась 1,0 мл/мин. Количество ионов галлия в растворе определялось спектрофотометрическим методом с применением родамина С ( $\lambda = 540$  нм) [ГОСТ 12711-77]. В ходе экспериментов в статических условиях установлено, что в диапазоне pH от 1 до 4 степень сорбции галлия остаётся практически неизменной и составляет в среднем 0,94 ммоль/г для ионита Purolite S930 и 1,3 ммоль/г для Purolite S957. Значение статической обменной ёмкости (СОЕ) по галлию при исследованных параметрах составляет 1,3 ммоль/г (Кр-83) для Purolite S930 и 1,8 ммоль/г (Кр-160) для Purolite S957. Кинетические исследования показали, что близкое к равновесному значение ёмкости достигается быстрее на Purolite S957 — спустя примерно 8 часов, тогда как для Purolite S930 требуется около 12 часов контакта.

На основании полученных данных рассчитана динамическая обменная ёмкость (ДОЕ), которая для ионов галлия равна 0,73 ммоль/г на Purolite S930 и 0,66 ммоль/г на Purolite S957. При этом полная динамическая ёмкость (ПДОЕ) составляет 1,3 ммоль/г для Purolite S930 и 1,7 ммоль/г для Purolite S957. Относительная динамическая обменная ёмкость (ОДОЕ), представляющая собой отношение ДОЕ к ПДОЕ, составила 56 % для Purolite S930 и 36 % для Purolite S957. Иным примером сорбции d-элемента является извлечение индия. Исследование процессов сорбции индия из растворов представляет собой важную задачу, связанную с повышением эффективности его извлечения из комплексных многокомпонентных систем. Особое внимание уделяется конкуренции ионов индия и железа, поскольку они часто сопутствуют друг другу в минеральном сырье и продуктах его переработки. Определение кинетических закономерностей совместной сорбции позволяет установить скорость закрепления ионов на ионите, а также механизмы массопереноса.

В исследовании «Кинетика совместной сорбции ионов индия и железа» К. Л. Тимофеев и А. В. Усольцев [3] проанализировали процессы извлечения ионов  $In^{3+}$  и  $Fe^{3+}$  из модельных растворов (состав, г/дм<sup>3</sup>: 0,61  $In^{3+}$ ; 0,23  $Fe^{3+}$ ; 4–5 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) с использованием катионита Purolite S955, содержащего дифосфоновые (-PO<sub>3</sub>H<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, сульфоновые (-SO<sub>3</sub>H) и карбоксильные (-COOH) функциональные группы. Было установлено, что на начальной стадии ( $t \leq 100$  с) сорбция протекает по механизму внешней диффузии. При увеличении степени насыщения смолы возрастает влияние внутридиффузационного массопереноса, в результате чего процесс приобретает смешанно-диффузионный характер. Расчёты кажущейся энергии активации ( $-\Delta E$ ), выполненные на основе кинетических моделей

псевдопервого и псевдовторого порядка, показали значения менее 40 кДж/моль, что указывает на то, что лимитирующей стадией процесса является не химическое взаимодействие функциональных групп катионита с ионами металлов, а диффузионные явления.

Эксперименты продемонстрировали, что при повышении температуры от 298 до 328 К сорбционная ёмкость (СОЕ, ммоль/г) возрастает на 22–24 %. При этом время достижения равновесия заметно сокращается: для ионов  $\text{Fe}^{3+}$  – с 600 до 180 мин, а для ионов  $\text{In}^{3+}$  – с 90 до 60 мин. На ранних стадиях сорбции ( $t \leq 100$  с для  $\text{In}^{3+}$  и  $t \leq 500$  с для  $\text{Fe}^{3+}$ ) процесс определяется внешнедиффузионными факторами, однако по мере насыщения смолы основное влияние начинает оказывать диффузия в плёнке раствора и внутри гранул сорбента. Полученные значения энергии активации ( $-\Delta E < 40$  кДж/моль) позволяют заключить, что лимитирующей стадией является именно диффузия, а не химическая реакция функциональных групп Purolite S955. Согласно модели псевдовторого порядка, повышение температуры в интервале 298–328 К сильнее ускоряет сорбцию ионов индия по сравнению с железом (III).

Не менее важной задачей является извлечение бериллия из минеральных источников и техногенных отходов, что обусловлено ограниченностью природных запасов и высокой промышленной значимостью этого металла. Перспективным направлением считается использование методов ионного обмена, позволяющих эффективно отделять бериллий от сопутствующих примесей в кислых пульпах. В патенте М. Л. Коцарь и А. В. Ананьева предложена технология сорбции бериллия с применением фосфорсодержащих катионитов в аммонийной форме. Такой подход обеспечивает высокую селективность по отношению к бериллию и позволяет концентрировать его в форме, удобной для последующей переработки.

Оптимальные условия сорбционного процесса включают температуру 35 °С, диапазон pH 3–5, время контакта порядка 0,5 часа и соотношение объёма смолы к пульпе 1:2–3. При содержании бериллия в растворе 3–5 г/дм<sup>3</sup> рабочая ёмкость сорбента достигает примерно 10 г Ве/л. После проведения сорбции остаточная концентрация металла в растворе не превышает 0,005–0,01 г/дм<sup>3</sup>, тогда как в твёрдом остатке она составляет лишь 0,02–0,05 %. Процесс десорбции осуществляется в две стадии: обработка аммонийным карбонатом позволяет выделить гидроксид бериллия с выходом до 98 %, а использование аммонийного фторида обеспечивает получение фторбериллата аммония с выходом до 98,5 %. При этом установлено, что присутствие фторсодержащих примесей в исходной пульпе не снижает эффективности сорбции.

Таким образом, предложенный метод отличается высокой степенью извлечения бериллия и может быть успешно использован для комплексной переработки природного сырья и промышленных отходов.

Проведённый анализ показал, что сорбция элементов с s- и p-заполненными энергетическими уровнями на ионообменных смолах марки Purolite определяется их зарядом, радиусом иона, а также склонностью к гидролизу и комплексообразованию. Галлий проявляет высокую степень сорбции благодаря малому радиусу и значительной поляризующей способности иона  $\text{Ga}^{3+}$ , что

обеспечивает прочное связывание с хелатными группами смолы. Индий, также существующий в растворах в виде трёхвалентного катиона, характеризуется более низкой сорбцией по сравнению с галлием, что связано с большим ионным радиусом и меньшей склонностью к гидролизу. Для бериллия ключевым фактором является высокая поляризующая способность катиона  $\text{Be}^{2+}$  и его сильный гидролиз, что определяет необходимость строгого контроля pH и условий сорбции. Сравнительный анализ подтверждает, что смолы Purolite обладают высокой селективностью к  $\text{Ga}^{3+}$  и  $\text{Be}^{2+}$ , тогда как эффективность сорбции  $\text{In}^{3+}$  заметно ниже. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологий селективного извлечения редких элементов и оптимизации процессов очистки комплексных растворов.

### Список литературы

- 1 В.Ф. Борбат, Л.Н. Адеева Извлечение галлия и скандия из солянокислых растворов хелатными смолами Purolite / В.Ф. Борбат, Л.Н. Адеева / Вестник Омского университета. – Омск:, 2006. – С. 29-31.
- 2 Полянская, Н. Г., Горбунов, Г. В. Методы исследования ионитов / Н. Г. Полянская, Г. В. Горбунов – Москва: Химия, 1976 – 208 с.
- 3 Тимофеев К.Л., Усольцев А.В. Исследование кинетики совместной сорбции ионов индия и железа на полифункциональном катионите / К.Л. Тимофеев, А.В. Усольцев / Вестник Омского университета. – Омск:, 2015. – С. 55-61.
- 4 Коцарь М.Л., Ананьев А.В. Способ извлечения бериллия методом ионного обмена / Коцарь М.Л., Ананьев А.В. / Яндекс Патенты: – URL: [https://patents.s3.yandex.net/RU2571763C1\\_20151220.pdf](https://patents.s3.yandex.net/RU2571763C1_20151220.pdf) (дата обращения: 08.09.2025).
- 5 Радионов Б. К., Мальцев Г. И. Индий в водных растворах. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014 – 352 с.
- 6 Полянский Н. Г., Горбунов Г. В., Полянская Н. Л. Методы исследования ионитов. М. : Химия, 1976 – 286 с.
- 7 Кокотов Ю. А., Пасечник В. А. Равновесие и кинетика ионного обмена. Л. : Химия, 1970 – 336 с.
- 8 Байд Д. Е.. Абамсон А. В., Майерс Л. С. Хроматография. Метод разделения ионов. М. : Изд-во иностр. лит-ры, 1949– 333 с.
- 9 Риман В., Уолтон Г. Ионообменная хроматография в аналитической химии. М. : Мир. 1973 – 376 с.
- 10 Салдадзе К. М., Копылова-Валова В. Д. Комплексообразующие иониты (комплекситы) – М.: Химия, 1980 – 336 с.
- 11 Салдадзе К. М., Пашков А. Б., Титов В. С. Ионообменные высокомолекулярные соединения – М. : Химия, 1978 – 528 с.
- 12 Cheung W. H. Ng J. C. Y., McKay G. Kinetic analysis of the sorption of copper (II) ions on chitosan // J. Chem. Technol. Biotechnol. – 2003, Vol. 78 – № 5 –P. 562-571.

13 Пашков Г.Н. / Соровский образовательный журнал. 2001.Т7.№11 – С. 57-72.

14 Лебедев К.Б., Казанцев Е.И., Розманов В.М. и др. Иониты в цветной металлургии – М.: Металлургия, 1975 – 372с.

15 Мясоедова Г. В., Саввин С.В. / Журнал аналитической химии – 1982.137. Вып.1. – С.499-519.

# **ПРИМЕНЕНИЕ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ PUROLITE ПРИ СОРБЦИИ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ**

**Саблина В.А., Пономарева П.А.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** в работе рассмотрена сорбция d-элементов на ионообменных смолах Purolite. Показано влияние заряда иона, радиуса, степени окисления и комплексообразующей способности на эффективность закрепления. Определены различия поведения переходных металлов в зависимости от pH и состава раствора. Результаты полезны для селективного извлечения редких металлов.

**Ключевые слова:** сорбция, ионообменные смолы, металлы

Сорбция переходных металлов (d-элементов) на ионообменных смолах является одним из ключевых направлений в развитии современных методов гидрометаллургии, аналитической химии и экологии. Особый интерес представляют ионообменные материалы марки Purolite, которые зарекомендовали себя высокой химической стойкостью, широким диапазоном функциональных групп и возможностью селективного извлечения ценных металлов. В литературе представлены многочисленные исследования, посвящённые поведению ионов железа, меди, никеля, молибдена, вольфрама и других d-элементов при взаимодействии с хелатными и слабоосновными ионообменниками Purolite. Работы учёных различных университетов позволяют выявить общие закономерности сорбции, включая влияние заряда и радиуса иона, природы координационной сферы, pH раствора и температуры на эффективность процессов. Проведение сравнительного анализа накопленных данных является актуальной задачей, так как позволяет не только систематизировать результаты отдельных экспериментов, но и обозначить перспективные направления для разработки технологий селективного извлечения переходных металлов.

В статье Е. Е. Мальцевой и А. А. Блохина «Влияние температуры на равновесие сорбции рения (VII) на слабоосновных анионитах Purolite A170 и A172 из сернокислого раствора» [1] представлены подробные изотермы сорбции при температурах 20, 30, 40 и 50 °C. Анализ показывает, что с повышением температуры равновесная сорбционная способность смол возрастает, что свидетельствует о том, что процесс сорбции рения является эндотермическим. В частности, при 50 °C на анионите Purolite A170 достигается максимально возможная величина распределительного коэффициента и, соответственно, наибольшая сорбционная ёмкость в сравнении с 20 °C. Аналогичным образом Purolite A172 демонстрирует улучшенную эффективность при повышении температуры, хотя его абсолютные показатели несколько ниже, чем у A170, что позволяет использовать A170 для первичной стадии сорбции, а A172 - для закрепления при последующих температурах.

Изотермы, построенные при разных температурах, чётко фиксируют рост равновесного поглощения рения: при переходе от 20 °C к 50 °C наблюдается

значимое увеличение сорбционного насыщения смол, что обеспечивает более высокую технологическую эффективность очистки растворов, особенно при концентрациях рения, характерных для выщелачивающих процессов. Это имеет непосредственное практическое значение, поскольку позволяет существенно повысить производительность и селективность процессов гидрометаллургической обработки, облегчая извлечение редкого и ценного металла – рения из комплексных сернокислых растворов.

Авторы патента «Способ извлечения редкоземельных элементов из экстракционной фосфорной кислоты при переработке Хибинских апатитовых концентратов» [2], Ю.Г. Глущенко и С.В. Шестаков, демонстрируют, что экстракционная фосфорная кислота (ЭФК), образующаяся при переработке хибинских апатитовых концентратов, содержит в среднем  $1 \pm 0,3$  г/л редкоземельных металлов (РЗМ). Несмотря на сравнительно невысокую концентрацию, переработка ежегодно не менее 10 млн тонн концентратов позволяет рассматривать попутное извлечение РЗМ в масштабе нескольких тысяч тонн в год. Предложенный способ основан на сорбции на макропористом сульфокатионите Purolite C150 при температуре 40-80 °C. Сорбированный материал промывается водой, после чего осуществляется десорбция раствором нитрата аммония и дальнейшая очистка с использованием 100% трибутилфосфата.

Технический результат – существенный: извлечение суммы РЗМ достигает практически 100%, при этом содержание РЗМ в ЭФК – от 30 до 38,5 % масс. Кроме того, полученные концентраты содержат от 38,4 до 72,9 % суммы РЗМ, что свидетельствует о высокой эффективности отделения от примесей. Эти цифры выглядят особенно убедительно на фоне существующих решений, где эффективность часто не превышает 50-70 %, а отделение концентратов сопряжено с длительными и энергоёмкими операциями.

Не менее технически интересный эксперимент провели представители Навоийского государственного горного института Республики Узбекистан, А. Шодиев и С. Хамидов. Авторы показали, что молибден и рений успешно извлекаются из отработанных и «бедных» сбросных растворов ОАО «АГМК» [11] с помощью ионообменных процессов, что особенно важно при содержании молибдена 7,43-86,9 мг/л и рения 1,87-18 мг/л в исходных растворах. Установлено, что аниониты Purolite A100 (Mo) демонстрируют высокую эффективность извлечения молибдена – до 95,0 %, в то время как сорбент Purolite A170 обеспечивает извлечение рения на уровне не менее 88,0 %.

Технологически значимо, что селективная двухстадийная сорбция на A100 (Mo) из раствора с концентрацией молибдена в диапазоне 7-87 мг/л позволяет концентрировать металлы, минимизируя потери. Применение кальцинированной соды для выщелачивания шламов, содержащих 2,4 % Mo и 0,011 % Re, позволяет переводить металлы в реакционно доступную форму для последующей сорбции.

Таким образом, даже при относительно низких исходных концентрациях (молибден – менее 100 мг/л; рений – менее 10 мг/л) возможно достичь эффективности извлечения, характерной для промышленных технологий,

благодаря применению специализированных Purolite-сорбентов. Это особенно актуально в современных условиях, когда рений – один из редчайших и наиболее ценных металлов, необходимый в авиационной, электронике и катализитической отраслях.

Предложения авторов открывают перспективы внедрения таких технологий в условиях экологической нагрузки: утилизация сбросных растворов позволяет одновременно снизить загрязнение и получить ценные ресурсы. Демонстрируемая эффективность извлечения ( $\text{Mo} - 95\%$ ,  $\text{Re} \geq 88\%$ ) подтверждает перспективность метода для масштабной гидрометаллургической переработки.

В 2021 году учёные Уральского федерального университета им. Б.Н. Ельцина опубликовали статью «Сорбция вольфрама анионитом Purolite A830» [3]. Проведённые исследования подтвердили высокую эффективность применения слабоосновного анионита Purolite A830 для сорбции вольфрама из модельных растворов  $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , полученных при переработке вольфрамсодержащих отходов. В растворах исходная концентрация W составляла  $7,14 \text{ г/дм}^3$  при добавлении  $15 \text{ г/дм}^3 \text{ NaOH}$  и подкислении серной кислотой до  $\text{pH } 2,7\text{-}3,0$ . В статическом режиме сорбция показала, что данный сорбент обеспечивает полное извлечение вольфрама из растворов данного состава.

Динамическая полная обменная ёмкость смолы Purolite A830 оказалась высокой и составила  $458,51 \text{ кг W/m}^3$  смолы, а полное насыщение достигалось после пропускания 123,9 колоночных объёмов раствора. Это свидетельствует о значительном потенциале сорбента для промышленного применения при переработке бедных растворов.

Десорбция вольфрама проводилась с использованием 5-15% водных растворов аммиака и их комбинаций с сульфатом аммония. Наиболее эффективным оказался 15% раствор аммиака: в статическом режиме степень десорбции составила 69,62% при фазовом соотношении  $\text{T:Ж} = 1:25$ , а при увеличении до 1:200 достигалась величина 74,29%, хотя концентрация W в десорбате при этом снижалась.

В динамическом режиме 15% раствор аммиака показал ещё более высокую эффективность: степень десорбции составила 94%, достигнутая при пропускании 19,6 колоночных объёмов элюента, а максимальная концентрация W в десорбате равнялась  $12,84 \text{ г/дм}^3$ .

Таким образом, Purolite A830 характеризуется высокой сорбционной ёмкостью и хорошей регенерационной способностью, а использование аммиачных элюентов обеспечивает эффективное выделение вольфрама. Эти результаты актуальны в контексте переработки отходов обогащения, содержащих не менее 15%  $\text{WO}_3$ , которые накапливаются на вольфрамовых предприятиях и являются перспективным источником редкого металла. Применение сорбционных технологий на основе Purolite A830 позволяет не только сократить потери ценного металла, но и снизить экологическую нагрузку за счёт вовлечения отходов в хозяйствственный оборот.

Представители Омского государственного университета, М.А. Погодаева и А.О. Богданова, показали, что ионообменные смолы Purolite C100H и Purolite S957 эффективно извлекают ионы лантана (III) из сложных растворов,

полученных при переработке отработанных катализаторов крекинга нефти [4]. Исследования выявили, что Purolite C100H обеспечивает максимально высокую сорбционную ёмкость порядка 120 мг La<sup>3+</sup>/г смолы, тогда как Purolite S957 достигает около 95 мг La<sup>3+</sup>/г, демонстрируя хорошие характеристики даже при низкой концентрации лантана (~50 мг/л) в начальном растворе . Кинетические эксперименты показали, что равновесие достигается за не более 60 минут для обеих смол при температуре 25 °С, что делает процесс быстрым и удобным для технологического масштабирования.

Кроме того, Purolite C-100H оказался более устойчивым к присутствию сопутствующих ионов алюминия и кремния, сохраняя не менее 85 % эффективности при концентрациях примесей до 200 мг/л, тогда как Purolite S957 демонстрирует снижение до 70 % при аналогичных условиях. Важным результатом является также высокая селективность: при одновременном присутствии La<sup>3+</sup> и Fe<sup>3+</sup> (концентрации по 50 мг/л), Purolite C100H практически полностью (до 92 %) выделяет лантан, оставляя железо преимущественно в растворе, что подчёркивает его перспективность для сепарационных процессов.

Актуальность этих данных особенно велика с учётом увеличивающегося спроса на редкоземельные элементы в современных отраслях — от электроники до металлургии и катализов. Использование Purolite-смол позволяет не только эффективно извлекать ценные металлы из сложных, загрязнённых техногенных растворов, но и уменьшать экологическую нагрузку. Технология особенно значима в условиях роста переработки нефтехимических отходов и ограниченности природных РЗЭ-ресурсов. Применение Purolite C100H и S957 может стать основой для промышленно масштабируемых процессов восстановления лантана и других РЗЭ из побочных потоков нефтепереработки.

Проведённый обзор показал, что сорбция d-элементов на ионообменные смолы марки Purolite является одним из наиболее перспективных направлений в гидрометаллургии и аналитической химии. Представленные результаты подчёркивают возможность целенаправленного выбора смолы Purolite для решения конкретных задач – от селективного выделения меди и никеля до извлечения редких и рассеянных элементов, таких как молибден, вольфрам и рений.

### Список литературы

1 Мальцева Е.Е., Блохин А.А. Влияние температуры на равновесие сорбции рения (VII) на слабоосновных анионитах Purolite A170 и Purolite A172 из сернокислого раствора / Е.Е. Мальцева, А.А. Блохин / Химия и химическая технология. – Санкт-Петербург:Известия СПбГТИ, 2016. – С. 26-29.

2 Глущенко Ю.Г., Шестаков С.В. Способ извлечения редкоземельных элементов из экстракционной фосфорной кислоты при переработке Хибинских апатитовых концентратов / Глущенко Ю.Г., Шестаков С.В. / Яндекс Патенты: URL: [https://patents.s3.yandex.net/RU2528692C2\\_20140920.pdf](https://patents.s3.yandex.net/RU2528692C2_20140920.pdf) (дата обращения: 08.09.2025).

3 Балдина, А. С. Сорбция вольфрама анионитом Purolite A830 / А. С. Балдина / ФТИ-2021. — Екатеринбург: ФТИ, 2021. — С. 508-510.

4 Погодаева, М. А., Богданова, А. О. Выбор ионообменной смолы для извлечения РЗЭ из сложных растворов при переработке катализатора крекинга нефти / М. А. Погодаева, А. О. Богданова / Химия. — Омск: Омский государственный университет, 2020. — С. 39-43.

5 Лебедев К.Б., Казанцев Е.И., Розманов В.М. (и др.). Иониты в цветной металлургии / Под ред. К.Б. Лебедева. М. Металлургия, 1975. 352 с.

6 Kholmogorov A.G., Kononova O.N., Kachin S.V. (et alf. Ion exchange recovery and concentration of rhenium from salt solutions / Hydrometallurgy. 1999. V. 51, № 1. P. 19-35.

6 Пеганов В.А., Молчанова Т.В. Сорбционные процессы в гидрометаллургии: тугоплавких металлов / Атомная энергия. 2001. Т. 90, № 3. С. 192-199.

7 Парецкий В.М., Бессер АД., Гедгагов Э.И. Пути повышения производства рения из рудного и техногенного сырья / Цветные металлы. 2008. № 10. С. 17-21

8 Блохин А.А., Мурашкин Ю.В., Плешков М.А. [и др.] Ионообменное извлечение рения при переработке дезактивированных платинорениеевых катализаторов М Цветные металлы, 2006. № 5. С- 58-62.

9 Блохин А.А., Амосов А.А., Мурашкин Ю.В. Оценка возможности сорбционного извлечения рения из промывной серной кислоты систем мокрой газоочистки медно-никелевого производства / Цветные металлы - 2006 N2. 8. С.94-98.

10 Абишева З.С., Загородняя А.Н. Бектурганов Н.С. (и др.) Исследование сорбции рения из производственных растворов промывной серной кислоты Балхашского медеплавильного завода на анионите А170 / Цветные металлы. 2012 - № 7.

11 Шодиев, А. Н., Хамидон, С. Б. Исследование сорбционной технологии извлечения молибдена и рения из отходов / А. Н. Шодиев, С. Б. Хамидон / Universum: Технические науки. — 2020. — № 11. — С. 86-90.

12 Локшин Э.П., Иваненко В.И., Тареева О.А., Корнейков Р.И. // Извлечение лантаноидов из фосфорнокислых растворов с использованием сорбционных методов.- ЖПХ.-2009.- т.82.- вып.4.- С.544-551.

13 RU- 2040472.- «Способ выделения фосфата редкоземельных металлов из экстракционной фосфорной кислоты» - 1995.07.25.

14 RU-2132303. «Способ осаждения редкоземельных элементов из экстракционной фосфорной кислоты» - 1999.06.27.

15 RU-23811178 – «Способ извлечения лантаноидов из экстракционной фосфорной кислоты» - 2010.02.10

16 Локшин Э.П., Тареева О.А. // Выделение лантаноидов из экстракционной фосфорной кислоты дигидратного процесса - 2010. – ЖПХ. - т.83 - вып.6 - С.899-905.

17 Коровин С.С., Дробот Д.В., Федоров П.И. и др. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология. В 3-х книгах. Книга II. – Москва : «МИСИС», 1996. – 461 с

# **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА БЕЛЕБЕЙ**

**Сайфуллина Д.И., Галактионова Л.В., кандидат биологических наук,  
доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** Состояние почв в последние годы вызывает опасения в связи с наблюдаемой тенденцией к ухудшению. Почва, являясь результатом длительных природных процессов и подвергаясь многолетнему воздействию загрязнений, служит индикатором экологического благополучия. Экологическая обстановка в городах, как важный показатель качества жизни, требует постоянной оценки и анализа для выявления тенденций и эффективного управления. Цель работы заключалась в оценке экологического состояния почвенного покрова города Белебей методом биологической диагностики. Представлены данные по зоотоксичности почвенного покрова.

**Ключевые слова:** экологическое состояние, почвенный покров, почва,

Интенсивная человеческая деятельность в крупных городах приводит к значительным и зачастую необратимым изменениям в окружающей природной среде. Это, в свою очередь, способствует формированию уникальных городских экосистем и почв.

Городские почвы, или урбостратозёмы, представляют собой особый тип почв, формирующихся под воздействием человеческой деятельности. Они возникают в результате взаимодействия природных процессов и антропогенных факторов, таких как строительство, озеленение и накопление различных материалов и отходов [1].

Городские почвы являются важным фактором экологического и санитарного состояния городов. Выполняя важные средообразующие функции, почвы влияют на изменение химического состава атмосферных осадков и подземных вод, являются биологическими адсорбентами и становятся биогеохимическими барьерами для токсических соединений на пути их миграции из атмосферы города в грунтовые воды и речную сеть, регулируют газовый состав атмосферы путем поглощения и выделения почвой газов.

В городской почве, в отличие от природных почв, появляются новые компоненты, новые энергетические и вещественные связи, присущие урбанизированным экосистемам.

Для управления почвенными процессами в городских системах необходимо изучить экологическое состояние почвенного покрова городов, разработать комплексную оценку качества городских почв, включающую морфологические, физические, химические и биологические показатели [2].

В рамках исследования было проведено зоотестирование образцов почв, отобранных с территории города Белебей. Точками отбора послужили производственные территории: 1) Белебеевский машиностроительный завод

(«Белмашзавод»); 2) АО Белебеевский ордена Знак Почета молочный комбинат; 3) Белебеевский завод «Автонормаль» (БелЗАН) и Белебеевского завода «Автокомплект» (БЗАК). Почва с ландшафтно-рекреационной территории «Городской пруд» использовалась в качестве контроля (участок 4). Отбор почв проводился согласно «ГОСТу Р 58595-2019 Почвы. Отбор проб» [3].

Для исследования использовали «ГОСТ 33042-2014 Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Тест на репродуктивность дождевых червей» [4].

Основным показателем токсичности почв является высокая смертность представителей фауны. Изучение зоотоксичности почв показало, что максимальная (83,3 %) выживаемость червей была отмечена для участков № 2 и № 4, а минимальная (60 %) для первого участка, расположенного поблизости от ООО «Белмашзавод». (рисунок 1).

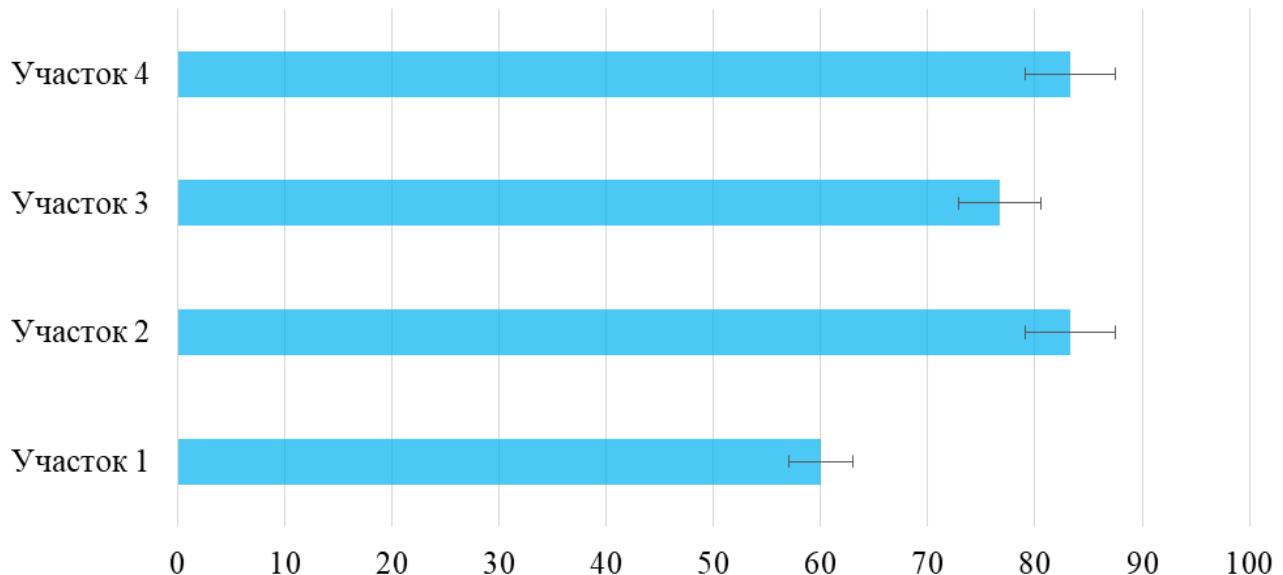


Рисунок 1 – Выживаемость *Eisenia fetida*, %

В процессе биоаккумуляции поллютантов, дождевые черви выступают связующим звеном, обеспечивая их переход от растительного компонента к консументам более высоких уровней. Экологические группы червей, определяемые их вертикальным распределением в субстрате, а не отдельные виды, участвуют в этой передаче в рамках пищевой цепи. Пищеварительная система дождевых червей устроена таким образом, что способна извлекать из гниющего субстрата отдельные токсичные элементы, а затем различные энзимы надёжно связывают эти ионы внутри тканей червя [5].

Изучение массы тест-объекта продемонстрировало снижение показателя объектов городских участков относительно контрольного участка (рисунок 2). Наивысшее значение по потери массы наблюдалось на образце с первого участка.

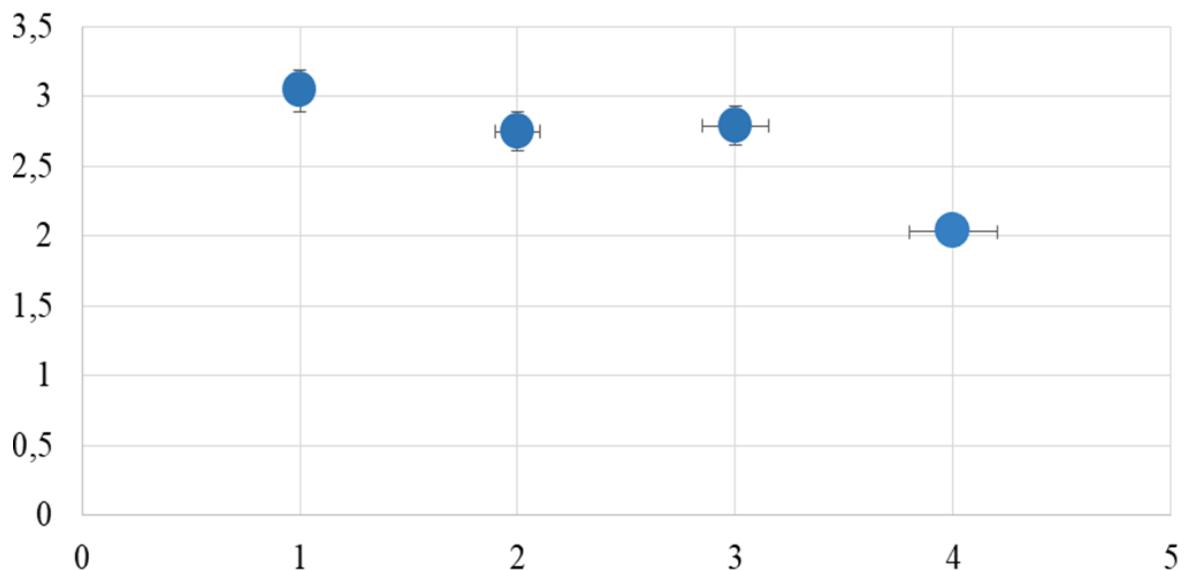


Рисунок 2 – Потеря массы за период экспозиции опыта *Eisenia foetida*, г

По величине потери массы участки образуют следующий ряд: 17,67 % < 20,23 % < 24,42 % < 37,67 %.

Таким образом, анализ результатов зоотестирования свидетельствует о неблагоприятном экологическом состоянии почвенного покрова города Белебей.

#### Список литературы

- 1 Прокофьева Т. В. Городские почвы / Т. В. Прокофьева [Электронный ресурс] // Большая российская энциклопедия: научно-образовательный портал. – 2023. – Режим доступа : <https://bigenc.ru/c/gorodskie-pochvy-cb1b0a/?v=8662454>.
- 2 Ерофеева, В. В. Оценка загрязнения почв урбанизированных экосистем (на примере г. Москвы) / В. В. Ерофеева, Е. В. Аникина [Электронный ресурс] // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – №4. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-pochv-ekosistem>.
- 3 ГОСТ Р 58595-2019 Почвы. Отбор проб. – Введ. 2019–10–10. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 10 с.
- 4 ГОСТ 33042-2014 Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Тест на репродуктивность дождевых червей. – Введ. 2015–08–01. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 15 с.
- 5 Резниченко, И. С. Аккумуляция тяжелых металлов почвенно-подстилочным типом дождевых червей на примере *Perelia diplotetratheca* (Perel, 1967) в условиях загрязнения точечным источником эмиссии / И. С. Резниченко [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 6. – Режим доступа : <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25507>.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АММИАКА И КИСЛОРОДА НА КОРРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В МЕТАЛЛАХ

Сариева Д.О., Ткачева Т.А., кандидат химических наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

**Аннотация:** в данной работе исследуется влияние аммиака и кислорода на коррозионные процессы в металлах. В ходе исследования рассмотрены как теоретические аспекты, так и экспериментальные данные, позволяющие определить глубину и степень коррозионных процессов.

**Ключевые слова:** коррозионные процессы, аммиак, кислород, установка катодной обработки образцов, железо, медь.

В результате взаимодействия металлов с веществами окружающей среды на границе раздела фаз происходит самопроизвольный процесс разрушения, приводящий к потере функциональных свойств изделия. Этот процесс назван коррозией. При этом металлы окисляются, образуются продукты, состав которых зависит от условий коррозии. Она приводит к большим потерям в результате разрушения трубопроводов, цистерн, металлических частей машин, корпусов и тому подобного.

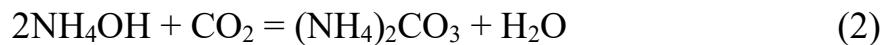
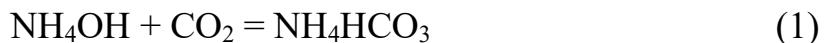
Причиной развития коррозии металлов является их термодинамическая неустойчивость в коррозионной среде. Мерой термодинамической неустойчивости служит изменение энергии Гиббса ( $\Delta G$ ), наблюдаемое при взаимодействии металла с веществами окружающей среды. С точки зрения термодинамики, коррозионный процесс возможен лишь при  $\Delta G < 0$  [1].

Коррозионные процессы протекают на границе раздела фаз при взаимодействии твердого вещества с газом или жидкостью. При этом процесс можно представить в виде следующих стадий – транспортировка реагирующего вещества к поверхности раздела фаз, взаимодействие вещества с металлом (или неметаллом) и отвод образовавшегося соединения из реакционной зоны.

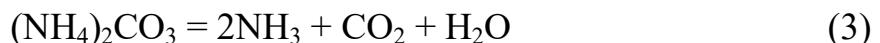
В конденсаторах турбин неконденсирующиеся газы удаляются эжекторами. Несмотря на это, часть  $\text{CO}_2$  переходит в конденсат, понижая его pH. Если имеются переохлаждение конденсата и высокое содержание углекислоты в паре, поступающем в конденсатор, концентрация  $\text{CO}_2$  в конденсате может оказаться достаточно высокой, чтобы вызвать коррозию конденсатопроводов. В пароводяной цикл теплосиловой установки углекислота поступает с химически обработанной водой и присосами охлаждающей воды в конденсаторах турбин в виде ионов  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{CO}_3^{2-}$ , которые в котельном агрегате распадаются с образованием  $\text{CO}_2$ . Наиболее вредным результатом углекислотной коррозии является загрязнение питательной воды окислами железа. Оно увеличивается с повышением температуры воды и длительностью контакта с конденсатом, обогащенным  $\text{CO}_2$ .

Для полного связывания углекислоты, содержащейся в конденсате, применяют амминирование, то есть ввод в питательную воду аммиака. В

котельном агрегате аммиак переходит в пар, при конденсации которого в подогревателях или конденсаторах турбин он вновь растворяется, повышая pH конденсата. Если в последнем присутствует углекислота, то она связывается аммиаком согласно следующим уравнениям реакций:



Конденсат приобретает щелочную реакцию (pH больше 8). Попадая в котельный агрегат, карбонат аммония разлагается:



В деаэраторе и конденсаторе турбин часть аммиака (около 10 %) удаляется из системы, поэтому необходим непрерывный ввод его в питательную воду. Аммиак вводится в виде водного раствора  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

Для кислорода характерно двоякое влияние на процесс коррозии. С одной стороны, кислород как пассиватор приводит к ослаблению коррозии вследствие образования защитной пленки на поверхности металла, окисления обнаженных участков поверхности и образования пассивирующих адсорбционных слоев [2].

С другой – кислород как активный деполяризатор вызывает усиление коррозии вследствие деполяризации катодных участков. При увеличении концентрации кислорода в растворе скорость коррозии сначала увеличивается, однако затем защитное действие кислорода становится преобладающим, и интенсивность общей коррозии уменьшается.

Особенно сильно скорость кислородной коррозии стали увеличивается при повышенных скоростях движения воды, так как это приводит к срыву с поверхности стали защитных пленок. Важнейшими показателями коррозионной активности стоков являются содержание в них растворенного кислорода, угольной кислоты и показатель pH.

Задача противокоррозионной обработки очищенных стоков заключается прежде всего в поддержании этих показателей в нормируемых пределах, позволяющих эксплуатировать трубопроводы и оборудование с приемлемой интенсивностью внутренней коррозии металла, не вызывающей понижения надежности их работы [3].

Метод катодного травления заключается в избирательном растворении поверхности металла под действием постоянного тока в электролите. При этом образец служит катодом, а растворение происходит за счет восстановительных процессов и выделения водорода, что приводит к удалению поверхностного слоя, включая оксиды и загрязнения. Метод используется для очистки внутренней поверхности трубок от оксидов металлов и накипи, а также для оценки глубины коррозионных процессов перед проведением химического анализа (рисунок 1).



Рисунок 1 – Установка катодной обработки образцов УКО–72

Электрохимический метод катодного травления обеспечивает практически полное снятие отложений обработкой образца в течение 30 минут. Исключение составляют массивные, плотные, силикатные отложения, для снятия которых предпочтителен механический способ очистки.

При наличии в отложениях меди содержащих соединений можно идентифицировать их по покраснению поверхности протравленного образца за счёт осаждения ионов меди.

Подготовленный образец трубы погружают в электролитическую ванну с раствором электролита – серной кислотой концентрацией 10 %. К образцу присоединяют отрицательный полюс источника постоянного тока, закрепляя в лапке-держателе. В качестве анода используется свинцовый стержень, опущенный в эту же электролитическую ванну. Для обеспечения равномерной катодной плотности тока анод тщательно центрируют относительно катода. С этой же целью анод опускают в электролит почти до дна электролитической ванны. Водород, выделяющийся на катоде (анализируемом образце), разрыхляет и отслаивает отложения с поверхности образца.

По окончании электролит сливают, а внутренние стенки образца обмывают водой. Если отложения сняты с поверхности не полностью, то можно протереть их стеклянной палочкой с резиновым наконечником [4].

По уменьшению массы образца после травления рассчитывают загрязнённость образца отложениями, которая составила  $0,245 \text{ г}/\text{см}^2$ .

Для определения количества общего железа отбирают от образца аликвоту  $200 \text{ см}^3$ , в которую добавляют  $2 \text{ см}^3$  концентрированной соляной кислоты и выпаривают до одной трети от объема. После приливают  $0,5 \text{ см}^3$  сульфосалициловой кислоты (30 %) и  $6 \text{ см}^3$  концентрированного аммиака. Далее доводят объем до  $100 \text{ см}^3$  и фотометрируют при длине волны 440 нм в кювете с длиной поглощающего слоя 50 мм. Массовая концентрация железа составляет  $2,060 \text{ мг}/\text{дм}^3$ .

Для того чтобы найти содержание меди, к  $10 \text{ см}^3$  пробы добавляют  $2 \text{ см}^3$  аммиачно-фосфатного буферного раствора,  $1 \text{ см}^3$  хлорида аммония

концентрацией 1 %, начиная с холостой пробы. Друг за другом прибавляют 1 см<sup>3</sup> гидрохинона 0,2М и 1 см<sup>3</sup> перекиси (3 %), через 1 минуту делают то же самое с анализируемой пробой. Фотометрируют через 20 минут в кювете с толщиной поглощающего слоя 20 мм при 490 нм. Концентрация меди равна 23,008 мг/дм<sup>3</sup>.

В рамках исследования было выявлено значительное воздействие аммиака и кислорода на коррозионные процессы в металлах, а также определены параметры среды, приводящие к ускорению коррозии. Анализ теоретических положений в совокупности с экспериментальными данными позволил количественно оценить глубину и степень протекания коррозии под воздействием этих веществ. Разработана методика оценки коррозионной стойкости металлов, а также получены результаты по загрязненности анализируемого образца отложениями и количественному содержанию в них железа и меди.

### Список литературы

1. Мещерский Н.А. Эксплуатация водоподготовительных установок электростанций высокого давления. — Л.: Энергия, 1965. — 464 с.
2. Томашов Н.Д., Чернова Г.П. Теория коррозии и защиты металлов. — М.: Наука, 1986. — 368 с.
3. Шрердер Л.М., Ольшанский В.А. Коррозия и защита химической аппаратуры. — Л.: Машиностроение, 1970. — 320 с.
4. Козлов И.А., Родионова И.Г. Коррозия металлов в агрессивных средах. — СПб.: Химия, 2001. — 288 с.

# РЕТРОСИНТЕЗ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**Сибгатова Р.Р., Мухаметшина К.Ш., Кунавина Е.А., кандидат химических наук, доцент, Строганова Е.А. кандидат химических наук**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация.** Статья посвящена рассмотрению стратегии ретросинтеза в органической химии. Приведены теоретические основы метода, рассмотрены основные возможности применения подхода, а также перспективы для его развития и использования. Статья представляет научный интерес для химиков-синтетиков.

**Ключевые слова:** *ретросинтез, органическая химия, анализ, целевая молекула, трансформы.*

Основной задачей современной органической химии является синтез соединений с заданной структурой. Поэтому перед химиком-синтетиком постоянно стоят задачи планирования многостадийных синтезов.

К 1964 году был разработан систематический подход к планированию синтеза. Основой нового метода стал анализ особенностей структуры целевой молекулы и проведение манипуляций с молекулярными структурами в направлении, обратном синтезу. Такой подход получил название «ретросинтетический анализ». Основоположником метода является Илиас Джеймс Кори, американский химик, лауреат Нобелевской премии 1990 г. Идеи И. Кори получили развитие и используются химиками-синтетики по сей день [1, 2].

В основе ретросинтетического анализа лежит идея постепенного уменьшения молекулярной сложности целевой молекулы (ТМ). С этой целью умозрительно проводят последовательное упрощение структуры ТМ, соблюдая определенные правила, до тех пор, пока в схеме не появится доступное соединение, либо такое соединение, способ синтеза которого известен. Мысленно проводимые реакции, обратные реакциям синтеза, называются трансформами (Tf).

Наиболее часто при анализе встречаются следующие типы трансформов:

- расчленение D: расчленение цепи (CHD – chain disconnection); расчленение цикла (RGD – ring disconnection); отщепление функциональной группы (FGD – functional group disconnection); отщепление ответвления (APD – appendage disconnection);
- сочленение (R – reconnection): сочленение, например, в цикл (RR – ring reconnection);
- введение функциональной группы (FGA – functional group addition);
- замена одной функциональной группы на другую (FGT – functional group interconversion);
- перегруппировка (Rt – rearrangement).

Чаще всего для того, чтобы удачно провести анализ, необходимо «разбить» целевую молекулы на более простые фрагменты при помощи трансформа «расчленение». Термин «расчленение» означает мысленно проводимый разрыв связей, дающий последовательно более простые молекулы-предшественники, но всегда таким путем, чтобы эти связи могли быть вновь созданы в известных или разумных химических реакциях. Идеализированный фрагмент (катион, анион, радикал, карбен), возникающий в результате трансформа расчленение (D), называется синтоном.

Можно сформулировать принципы подхода к планированию синтеза заданного исходного соединения при помощи ретросинтеза:

- определить положение остова исходного соединения в ТМ;
- провести расчленение связи, которая дает максимальное упрощение структуры. Лучше всего «малым укусом» (стратегия small bite) разбить молекулу на два крупных фрагмента;
- приписать продуктам расчленения заряды – при этом получатся синтоны;
- найти реагенты, соответствующие этим синтонам;
- выбрать наилучшую комбинацию синтонов с учетом соответствующих им реагентов;
- повторить процедуру до тех пор, пока не найдутся способы построения всех интересующих С-С-связей;
- обратить ретросинтетическую процедуру и написать схему синтеза.

Таким образом, ретросинтетический анализ подразумевает последовательное упрощение структуры посредством разрыва тех или иных связей, причем выбор места разрыва определяется как особенностями структуры, так и наличием синтетических методов, способных обеспечить образование этих связей в ходе построения данного фрагмента [3].

Активная разработка стратегии ретросинтеза открывает широкий круг возможностей для современной органической химии:

- систематизация синтеза;
- планирование сложных путей: становится возможным планирование синтеза таких сложных молекул, как витаминов или антибиотиков;
- сравнение альтернативных путей: для одной целевой молекулы можно разработать несколько ретросинтетических путей и выбрать подходящий (самый короткий, самый дешевый, с наименьшим количеством стадий);
- обучение: внедрение ретросинтетического анализа в учебный процесс поможет студентам-химикам развить навыки логического критического мышления и углубить знания о протекании органических реакций;
- экономия времени и ресурсов: позволяет заранее выявить невыгодные пути до начала дорогостоящих синтезов.

В настоящее время множество исследований не обходятся без применения стратегии ретросинтеза. При планировании синтеза, например, лекарственных средств, этот метод занимает важное место на ранних стадиях разработки методик получения препаратов. Рассмотрим несколько примеров.

Фенолгликозиды, являясь вторичными метаболитами растений, широко распространены в растительном мире, содержатся в различных частях растений семейства Ивовые (Salicaceae) и обладают обширным спектром биологической активности. Биологическая активность коры осины определяется ее химическим составом, основную часть которого составляют различные фенолгликозиды, в том числе сложные эфиры фенолокислот и фенолгликозидов (ЭФГ). Поэтому разработка синтетических путей синтеза ЭФГ представляет научный интерес. Для разработки методик синтеза ЭФГ исследователи использовали ретросинтетический анализ природного фенилгликозида салирепозида и выявили несколько перспективных путей его синтеза [4].

Одна из основных задач медицинской химии – поиск новых высокоаффинных лигандов – органических соединений, способных избирательно связываться с фармакологическими мишениями, – с целью разработки на их основе лекарственных веществ. Для этого может помочь формирование библиотек структурных фрагментов, которые будут использоваться для конструирования молекул с заданными свойствами и строением. Одним из методов, используемых для создания таких библиотек, является ретросинтез. Методы ретросинтеза базируются на поиске известных подструктур (сintonов) в базах данных химических реакций и разделении структур молекул на фрагменты для библиотек [5].

Пятичленные гетероароматические соединения, имеющие в цикле не менее двух гетероатомов, из которых, по крайней мере, один – атом азота, а также би- и полициклические соединения, включающие такой цикл, принято называть азолами. Так, направленный синтез и изучение тиадиазолов привели к получению целого ряда лекарственных средств с разнообразной биологической активностью. В планировании синтеза сложного соединения довольно часто используют ретросинтетический анализ, «разбивая» целевую молекулу на простые и легкодоступные сintonы. Такой сintonный подход позволяет осуществить дизайн макрогетероциклических систем, различающихся составом и количеством малых циклов. В результате были получены макрогетероциклические соединения, отличающиеся как составом, так и размерами координационной полости [6].

Более экологичная химия имеет решающее значение для разработки безопасных и эффективных терапевтических средств. Ученые ищут более экологичные способы синтеза, которые сокращают стадии реакции, максимизируют выход, выявляют более экологичные пути и сводят к минимуму количество побочных продуктов и примесей. В сочетании со стратегиями экологичного проектирования компьютерный ретросинтез может помочь исследователям решить проблемы планирования маршрутов, уменьшая потребность в традиционных интенсивных экспериментах и снижая затраты на разработку и производство.

Одной из главных перспектив ретросинтеза является разработка компьютерных программ, позволяющих осуществлять ретросинтетический анализ. Существуют мощные программы (например, Synthia, ICSYNTH, AiZynthFinder), которые используют алгоритмы искусственного интеллекта и машинного обучения для предложения путей синтеза. Искусственный интеллект

может проанализировать гигантские базы данных химических реакций (десятки миллионов соединений и реакций) и найти пути, которые могли ускользнуть от внимания даже опытного химика.

Также важнейшим направлением развития ретросинтеза является его интеграция с «зеленой химией». Современные ретросинтетические программы могут быть запрограммированы на поиск не только коротких, но и экологически безопасных путей: с меньшим количеством стадий, с использованием нетоксичных реагентов и растворителей.

Таким образом, стратегия ретросинтетического анализа не только получила быстрое развитие, внеся изменения в жизнь химиков-синтетиков, но и оставляет за собой возможности для дальнейшего усовершенствования. Будущее ретросинтеза в том, что, при помощи искусственного интеллекта и компьютерных технологий, появятся перспективы для скорейшего открытия новых лекарств и материалов, а также будет возможно сделать прогнозируемым и управляемым синтез соединений с большой молекулярной сложностью.

### Список литературы

- 1 Реутов, О. А. Органическая химия. В 4-х частях. Ч. 4: Учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению и специальности «Химия» / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 544 с. ISBN 5-94774-112-1.
- 2 Jiarui Yang, Basics of Retrosynthetic Analysis / Jiarui Yang // International Core Journal of Engineering. – 2020. – Volume 6, Issue 11. – 8 p.
- 3 Смит, В. А. Основы современного органического синтеза: учебное пособие / В. А. Смит, А. Д. Дильтман. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 750 с. ISBN 978-5-94774-941-0.
- 4 Степанова, Е. В. Сложные эфиры фенолокислот фенолгликозидов: общие методы синтеза и нахождение в коре *Populus tremula* (осины обыкновенной): автореф. дис. ... канд. хим. наук / Е. В. Степанова. – Томск, 2014. – 22 с.
- 5 Фильц, О. А. Конструирование молекул с заданными свойствами с использованием библиотек структурных фрагментов / О. А. Фильц, В. В. Поройков // Успехи химии. – 2012. – №81 (2). – С. 158 – 174.
- 6 Данилова, Е. А. Синтонный подход в дизайне макрогетероциклических соединений с использованием диаминотиадиазолов и триазолов / Е. А. Данилова, Т. В. Кудаярова, М. К. Ислайкин, О. И. Койфман // Российский химический журнал. – 2016. – №60 (2). – С. 59 – 74.

# **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СТУДЕНТОВ, НАСТАВНИЧЕСТВО ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**Сизенцов А.Н. кандидат биологических наук, доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** Передача знаний, опыта и умений в процессе реализации научных проектов является не только формой обучения, но критерием успеха в реализации поставленной цели исследования. Взаимодействие студентов в коллективе задействованном в проекте базируется формировании профессиональных компетенций с участием не только научного руководителя, но и более опытных коллег их числа студентов.

**Ключевые слова:** *наставничество, взаимодействие в коллективе, выполнение научных исследований*

Многогранность научных исследований базируется на сочетании разнообразных профессиональных навыков формирование которых связано с наличием опытного (компетентного) наставника. Так в период выполнения научных исследований студенту необходимо научиться работать в массиве литературных данных, что позволит ему сформировать базовое представление направленное на формирование гипотезы научного исследования, которая в конечном итоге ляжет в основу формирования цели. Ключевыми показателями формирования студента как молодого ученого является наличие компетенций направленных на реализацию проекта состоящего из цели, задач, моделирование эксперимента с учетом метааналитических литературных данных, подбора оптимальных методов исследования, постановки экспериментальных исследований, анализе и интерпретации полученных результатов.

Ключевая роль наставника на каждом из этапов исследования заключается прежде всего в консультировании и обучении навыкам необходимым для достижения поставленной цели с учетом собственного «багажа» знаний и умений. При этом не маловажным аспектом является форма поведения наставника, который должен наряду с компетентностью обладать такими чертами терпеливость, уверенность, способностью найти индивидуальный подход, а также умение мотивировать. В условиях реализации научных проектов в высших учебных заведениях основным наставником является научный руководитель из числа профессорско-преподавательского состава, который совместно со студентом определяет цель проводимого исследования, формирует перечень задач и методов исследования. При этом не маловажным является формирование студенческого научного коллектива направленного на реализацию проекта. В данном аспекте взаимодействия между студентами в формате «наставник - ученик». При этом в качестве наставника выступает студент, у которого сформированы базовые навыки в реализации проектов от этапа формирования цели до реализации проекта [1, 2].

Преимуществом наставничества в формате «студент - студент», является передача опыта в рамках неформального общения (партнерства) основанного прежде всего на доверии и взаимоуважении. При этом каждый из обучаемых является потенциальным наставником для вновь поступивших студентов (рисунок 1).

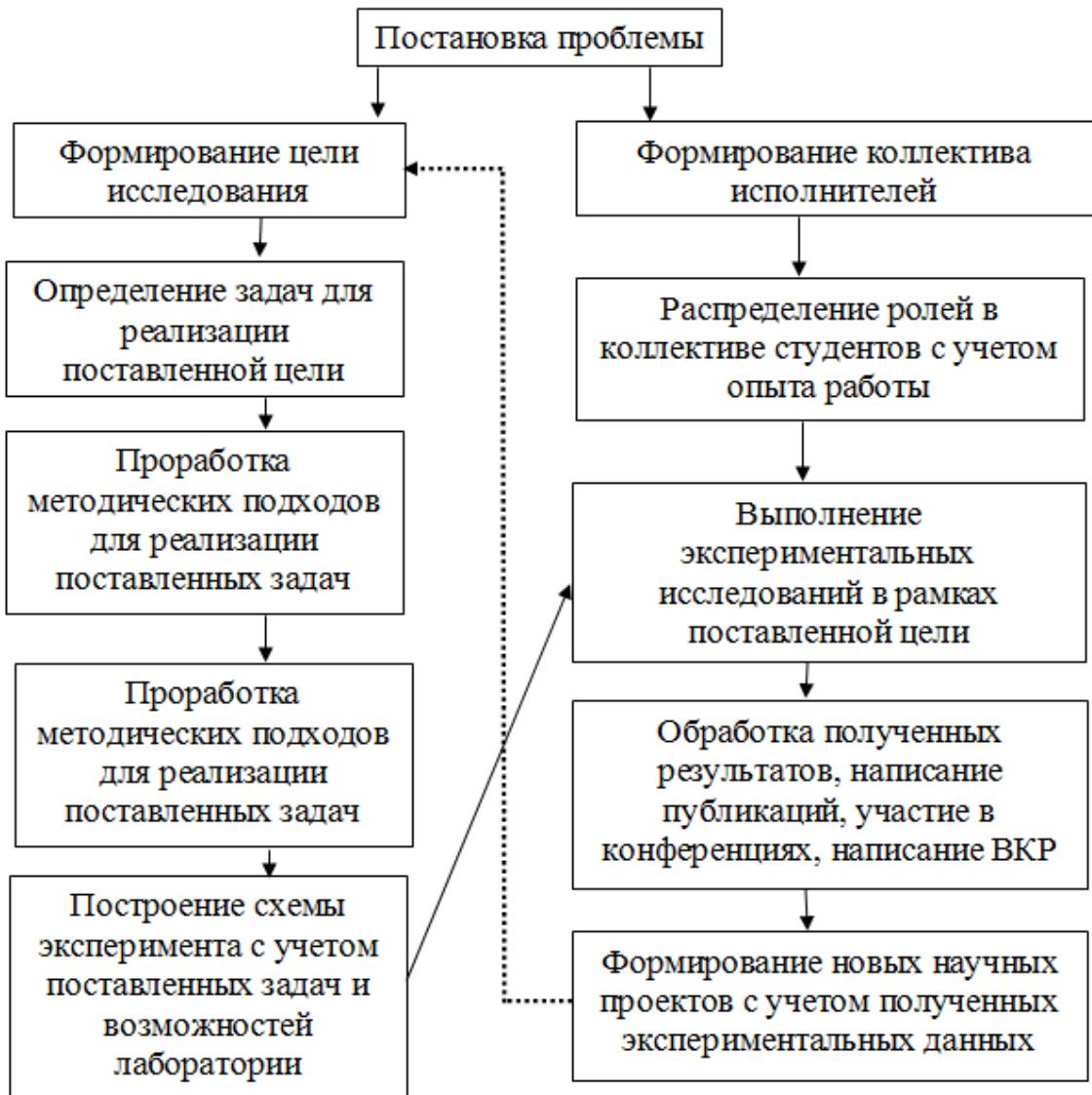


Рисунок 1 - Структура взаимодействия студентов в рамках выполнения научно-исследовательских работ

В обязанности наставника при выполнении научных исследований, представленных на рисунке 1 входит:

- знакомство студента со спецификой выполнения научных исследований в рамках реализации научных проектов;
- оценка уровня теоретических и практических знаний работы с биологическими объектами, используемыми в исследовании;
- обучение определённым навыкам и приёмам работы с оборудованием и объектами исследования;

- постановка задач новичку на период наставничества и помочь в достижении нужного результата;
- разбор ошибок и формулирование советов, как правильно поступить в той или иной рабочей ситуации;
- обучение и консультирование в анализе и интерпретации полученных результатов исследования.

Ключевым аспектом в построении данной модели эксперимента является не только взаимозаменяемость исполнителей проекта в коллективе в случае необходимости, но и формирование новых методических подходов с учетом постановки новых задач, а также накопленного опыта в том числе и недостатков методик для исследования конкретных объектов. Регулярное проведение собраний коллектива с научным руководителем для анализа и обобщения полученных результатов в форме «мозгового штурма», где каждый из студентов является активным участником формирует у них практические навыки анализа, формирования гипотез и оценки полученных результатов, которые не только используются при оформлении научных результатов (таблица 1), но и приводят к формированию новых целей в реализации которых будут участвовать вновь вводимые в коллектив студенты, с передачей опыта и навыков не только от руководителя но и более опытных коллег.

Таблица 1 - Анализ публикационной активности студентов в рамках выполнения научных проектов

показатели научной активности	Распределение по годам						
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Scopus, WoS	1	8	3	8	3	–	–
Вак	5	2	–	3	3	–	4
РИНЦ	21	22	4	8	22	19	25
патенты	1	–	–	1	–	–	1
участие в конкурсах / победитель	6 / 1	6 / 1	3 / 1	5 / 1	5	1 / 1	4 / 4

Представленные в таблице 1 данные показателей научной активности студентов в рамках реализации проектов: «Исследование биремедиационного потенциала микроорганизмов в экосистемах различного уровня организации», «Исследование антибактериальной активности комплексных антибактериальных соединений на основе пробиотических штаммов, экстрактов растений, эссенциальных элементов и антибактериальных препаратов» и «Моделирование, сборка и оценка эффективности бактерицидных систем» реализуемых на кафедре биохимии и микробиологии под руководством Сизенцова А.Н. свидетельствует о высоком уровне публикационной активности студенческого научного коллектива. При этом следует отметить, что отсутствие возможности взаимодействия и

выполнения научных исследований в лаборатории, обусловленные карантинными мероприятиями в 2020 году значительно снизили данные показатели, что свидетельствует о значимости коллaborации студентов при реализации научных проектов.

#### Список литературы

1. Наставничество в системе образования России. Практическое пособие для кураторов в образовательных организациях / под ред. Н.Ю. Синягиной, Т.Ю. Райфшнайдер. – М.: Рыбаков Фонд, 2020. – 153 с.
2. Гоманюк, О. Ю. Практика наставничества «Формирование мотивации профессиональной деятельности студентов в условиях практической подготовки» / О. Ю. Гоманюк, О. В. Ларина, М. П. Труляева. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2023. — № 29.1 (476.1). — С. 15-19. — URL: <https://moluch.ru/archive/476/104981/>.

# **ОСОБЕННОСТИ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И БИОЛОГИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА РАСТЕНИЙ *PORTULACA OLERACEA L.* *И THLASPI ARVENSE L.***

**Смирнова С. С., Науменко О. А., кандидат медицинских наук, доцент  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация.** В данной статье проведен сравнительный анализ биохимического состава двух широко распространенных растений: *Portulaca oleracea L.* и *Thlaspi arvense L.* Установлено, что такие компоненты, как беталаины портулака и глюкозинолаты ярутки, определяют их выраженные антиоксидантные, противовоспалительные и антибактериальные свойства и обосновывает перспективность применения в фармакологии и медицине.

**Ключевые слова:** *Portulaca oleracea L.*, *Thlaspi arvense L.*, биохимический состав, биологически активные вещества (БАВ), биологические эффекты.

В последние годы ученые проявляют все больший интерес к изучению биологически активных веществ, содержащихся в растениях. Особое внимание исследователей направлено на поиск и изучение веществ, обладающих выраженными антиоксидантными и антибактериальными свойствами. Эти природные соединения рассматриваются как перспективная альтернатива синтетическим препаратам и могут широко применяться в фармацевтике, пищевой промышленности и косметологии.

Портулак огородный (*Portulaca oleracea L.*) и Ярутка полевая (*Thlaspi arvense L.*) традиционно считающиеся сорняками, привлекают внимание современных ученых как источники уникальных фитохимических веществ.

Портулак огородный – однолетнее травянистое суккулентное растение семейства *Postulacaceae*. Оно считается одним из самых древнейших культурных растений, которое стали выращивать более 4000 лет назад. В трудах древнегреческого врача Диоскорида были обнаружены первые рекомендации по употреблению портулака в пищу не только для улучшения вкуса блюда, но и для лечения различных заболеваний. И сегодня это растение по-прежнему выращивают как овощную культуру во многих странах мира.

Фитохимический анализ листьев *Portulaca oleracea L.*, проведенный А. О. Зайнидиновым, В. Р. Хайдаровым и К. А. Убайдуллаевым, показал наличие следующих веществ: сапонинов, гликозидов, алкалоидов, флавоноидов, фенольных веществ, стероидов, ди- и три-терпеноидов и танинов[1]. Также растение содержит витамины А и С, некоторые витамины группы В и каротиноиды, минералы: магний, кальций, калий, железо и др. В нем также содержится два типа беталаиновых алкалоидов, пигменты, красноватый бетацианин и желтый бетаксантин. Оба вида этих пигментов являются мощными антиоксидантами и у них обнаружены антимутагенные свойства. В растении содержится множество различных биологически активных соединений, в том

числе алкалоиды, терпеноиды, органические кислоты, кумарины, флавоноиды, эфирные масла и полисахариды [1].

Последние исследования продемонстрировали, что портулак огородный обладает множеством биологических эффектов. В своей работе Р. Радхакришнан, М. Н. Закария доказали, что *Portulaca oleracea L.* оказывает разнообразное действие как на центральную, так и на периферическую нервную систему, в частности, значительно снижает локомоторную активность у мышей, демонстрирует антиноцицептивную активность у крыс и миорелаксантную активность у мышей, увеличивает время наступления судорог [2]. Также растение обладает обезболивающим и противовоспалительным действием [3]. В народной медицине свежие листья портулака используются против зуда при укусах различных насекомых, а также помогают при снижении потенции [4]. Также портулак огородный обладает выраженным гастропротекторным действием [5].

Ярутка полевая (*Thlaspi arvense L.*) – однолетнее травянистое растение семейства *Brassicaceae*. Ярутка, также, как и портулак, считается сорным растением. Но, несмотря на это, она имеет уникальный биохимический состав. Согласно данным качественного анализа *Thlaspi arvense L.*, проведенного Е. Ф. Королевой, в растении присутствуют первичные метаболиты: аскорбиновая кислота, витамин К, органические кислоты, полисахаридный комплекс, высшие жирные кислоты: пальмитиновая, олеиновая, стеариновая, бегеновая, эруковая и вторичные метаболиты: флавоноиды: апигенин, лютеолин, лютеолин-7-гликозид, рутин; гидроксикоричные кислоты: хлорогеновая, кофейная, феруловая; кумарины: кумарин, скополетин; дубильные вещества конденсированной природы, тритерпеновые соединения: эсцин, урсоловую кислоту; аллилглюкозинолат (синигрин); фитол; γ-ситостерол [6].

Ярутка полевая обладает различными биологическими эффектами благодаря содержанию большого комплекса биологически активных веществ. В работе Е. Ф. Королевой доказано, что *Thlaspi arvense L.* обладает выраженной противовоспалительной, антиоксидантной, антиагрегантной и антикоагуляционной активностью [6]. Также было выявлено, что применение настоя травы ярутки полевой оказывает простатопротекторное действие, положительно влияет на либидо, количество и подвижность сперматозоидов, выработку половых гормонов, сперматогенез и гипофизарно-гонадную ось [6]. Ярутка полевая широко используется в народной медицине как мочегонное, противовоспалительное, потогонное, антигистаминное, гемостатическое и вяжущее средство [7].

Оба растения имеют сложный и богатый биохимический состав, включающий широкий спектр веществ. Наличие жирных кислот и беталаиновых пигментов (бетацианин и бетаксантин) является уникальной чертой портулака и определяет его мощные антиоксидантные, нейропротекторные и антимутагенные свойства. Ярутка является источником специфического глюкозинолата (синигрина), который обуславливает ее фитонцидные свойства, а также фитостеролов, обеспечивающих ее фитоэстрогенные и потенциальные противоопухолевые свойства. Оба растения являются ценными источниками витамина С, флавоноидов, кумаринов и органических кислот.

Проведенный анализ литературы свидетельствует о перспективности дальнейшего изучения биохимического состава *Portulaca oleracea L.* и *Thlaspi arvense L.* Полученные данные могут быть использованы для разработки новых фармацевтических препаратов, биологически активных добавок и функциональных продуктов питания.

#### Список литературы

1. Зайнидинов, А. О. Предварительный фитохимический скрининг *Portulaca oleracea L.* [Электронный ресурс] / А. О. Зайнидинов, В. Р. Хайдаров, К. А. Убайдуллаев // Вестник магистратуры. – 2016. – № 4-1 (55). – С. 52–54. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/predvaritelnyy-fitohimicheskiy-skrining-portulaca-oleracea-1>. – 05.09.2025.
2. Neuropharmacological actions of *Portulaca oleraceae L v. sativa* (Hawk) [Электронный ресурс] / R. Radhakrishnan [et al.] // Journal of Ethnopharmacology. – 2001. – Vol. 76, iss. 2. – P. 171–176. – DOI: 10.1016/s0378-8741(01)00230-6. – Режим доступа: [https://doi.org/10.1016/s0378-8741\(01\)00230-6](https://doi.org/10.1016/s0378-8741(01)00230-6). – 07.09.2025.
3. The analgesic and anti-inflammatory effects of *Portulaca oleracea L. subsp. Sativa* (Haw.) Celak [Электронный ресурс] / K. Chan [et al.] // Journal of Ethnopharmacology. – 2000. – Vol. 73, iss. 3. – P. 445–451. – DOI: 10.1016/s0378-8741(00)00318-4. – Режим доступа: [https://doi.org/10.1016/s0378-8741\(00\)00318-4](https://doi.org/10.1016/s0378-8741(00)00318-4). – 07.09.2025.
4. Травник. Золотые рецепты народной медицины : уникальный справочник. – Москва, 2007. – 611 с.
5. Evaluation of the gastric antiulcerogenic effects of *Portulaca oleracea L.* extracts in mice [Электронный ресурс] / G. Karimi, H. Hosseinzadeh, N. Ettehad // Phytotherapy Research. – 2004. – Vol. 18, iss. 6. – P. 484–487. – DOI: 10.1002/ptr.1463. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1002/ptr.1463>. – 06.09.2025.
6. Королева, Е. Ф. Фармакогностическое исследование ярутки полевой (*Thlaspi arvense L.*) : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата фармацевтических наук : 14.04.02 [Электронный ресурс] / Е. Ф. Королева ; Самарский государственный медицинский университет. – Самара, 2024. – 24 с. – Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/farmakognosticheskoe-issledovanie-yarutki-polevoi-thlaspi-arvense/read>. – 07.09.2025.
7. Изучение влияния ярутки полевой (*Thlaspi arvense L.*) на характеристики репродуктивной системы самцов крыс [Электронный ресурс] / Р. Г. Фархутдинов [и др.] // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2024. – Т. 13, № 2. – С. 208–216. – DOI: 10.33380/2305-2066-2024-13-2-1677. – Режим доступа: <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2024-13-2-1677>. – 07.09.2025.

# **Анализ Распределения вещества между двумя несмешивающимися жидкостями**

**Симонова А.В., Степанов А.Д., Сальникова Е.В. доктор биологических наук, доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** Межфазное распределение – критически важный процесс, определяющий поведение веществ в гетерогенных системах, широко распространенных в природе и технологических процессах. Фундаментальные термодинамические принципы, включая минимизацию свободной энергии и выравнивание химических потенциалов, лежат в основе понимания равновесного распределения компонента между несмешивающимися жидкими фазами. На это распределение влияют не только природа взаимодействующих веществ (растворителя и растворенного вещества), но и такие факторы, как температура и концентрация. В идеальных условиях Закон Распределения Нернста-Шийлова предоставляет простую модель для оценки этого равновесия. Однако реальные системы часто демонстрируют отклонения от идеальности, требующие учета активностей и коэффициентов активности для более точного описания. Экспериментальные данные, полученные в данной работе, вносят вклад в углубленное понимание распределения уксусной кислоты между водой и бензолом, раскрывая особенности этого конкретного случая межфазного поведения.

**Ключевые слова:** межфазное распределение, термодинамическое равновесие, химический потенциал, закон распределения, активность, коэффициент распределения, экстракция, уксусная кислота, бензол.

Между двумя несмешивающимися жидкостями третий компонент в равновесном состоянии распределяется в соответствии с соотношением [1]:

$$\mu_i^{(1)} = \mu_i^{(2)}.$$

Если температура обеих жидких фаз одинакова и постоянна, то термодинамически распределение может быть охарактеризовано уравнение [2]:

$$\mu_2^{*(1)} + RT \ln C_2^{(1)} = \mu_1^{(2)} + RT \ln C_1^{(2)}$$

$$\ln \frac{C_2^{(1)}}{C_2^{(2)}} = \frac{\mu_2^{*(2)} - \mu_2^{*(1)}}{RT}$$

Процесс распределения растворенного вещества между двумя несмешивающимися жидкими фазами, например водой и органическим растворителем, является фундаментальным для многих химических процессов, от экстракции до разделения смесей. В основе этого явления лежит

термодинамический принцип минимизации свободной энергии. Система стремится к равновесию, когда химический потенциал растворенного вещества становится одинаковым во всех фазах [3].

Химический потенциал – это мера химической силы или склонности вещества участвовать в процессах. Для идеальных растворов он зависит от стандартной величины при определенных условиях и логарифма концентрации или мольной доли вещества [4].

При достижении равновесия между двумя фазами химические потенциалы растворенного вещества в обеих фазах становятся равными. Если предположить, что вещество присутствует в обеих фазах в одной и той же молекулярной форме и растворы близки к идеальным.

Константа распределения отражает относительную растворимость вещества в двух фазах при данной температуре. Она зависит от природы растворенного вещества и растворителей, поскольку определяется разницей в их стандартных химических потенциалах. Вещество будет накапливаться в той фазе, где оно более растворимо, то есть, где его химический потенциал ниже.

В реальных системах, особенно при более высоких концентрациях, растворы становятся неидеальными. В этом случае вместо простых концентраций используют понятие активности, которое учитывает отклонения от идеального поведения. Действительная константа распределения тогда основана на отношениях активностей, а не просто концентраций [5].

Таким образом, распределение вещества между двумя несмешивающимися жидкостями – это количественно описываемый термодинамический процесс, определяемый относительной стабильностью вещества в каждой фазе, что выражается через его химические потенциалы и, как следствие, через константу распределения [6-7].

Если при переходе третьего компонента в раствор имеет место его диссоциация или ассоциация, то уравнение приобретает следующий вид:

$$\frac{C_1}{C_2^n} = K,$$

В три конические колбы, объемом 50 см<sup>3</sup>, добавляли пипеткой по 5 см<sup>3</sup> бензола и 5 см<sup>3</sup> уксусной кислоты различной концентрацией. Колбы закрывали пробками и устанавливали на 20 минут в гнезда машины для взбалтывания. После взбалтывания, смени перенесли в делительную воронку для разделения органического и водного слоев. Затем из каждого слоя отбирали по 2 см<sup>3</sup> раствора. В водный раствор добавляли фенолфталеин и титровали гидроксидом натрия, концентрацией 0,5 н.

К органическому слою добавляли фенолфталеин и избыток 0,5 н раствора гидроксида натрия (до насыщенной малиновой окраски), затем избыток щелочи оттитровывали 0,02 н раствором соляной кислоты.

Результаты представим в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные и экспериментальные данные распределения вещества между двумя несмешивающимися жидкими фазами

№ раст- вора	Исходная концентрация $\text{CH}_3\text{COOH}$	Объем NaOH, пойшедши- й на титрован- ие, мл	Объем HCl, пойшедши- й на титрован- ие, мл	Равновесная концентрация $\text{CH}_3\text{COOH}$		Коэффициент распределения $K=C_1/C_2$
				в воде, $C_1$	в бензоле, $C_2$	
1	0,1	0,4	7,8	0,125	0,078	1,6
2	0,25	1,4	4,1	0,455	0,041	10,6
3	0,5	0,8	9,4	0,249	0,094	2,64

Получившееся данные показывают, что при нормальных условиях равновесная концентрация в воде имеет более высокие значения, что свидетельствует о возможности экстракции уксусной кислоты водой из бензола, также о высокой растворимости уксуса в воде.

### Список литературы

- 1 Физическая химия : учебное пособие / Н. М. Селиванова [и др.]; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. - Казань : Изд-во КНИТУ, 2016. - 188 с.
- 2 Воробьев, Н. К. Практикум по физической химии / Н. К. Воробьев [и др.]; - М.: «Химия». - 1964. - 384 с.
- 3 Жебентяев, А. И. Аналитическая химия : Практикум / А. И. Жебентяев, А. К. Жерносек, И. Е. Талуть. – Минск : Новое знание, 2013. – 429 с. – (Высшее образование).
- 4 Авторское свидетельство № 314762 А1 СССР, МПК C08B 3/06. Способ разделения отработанной ацетилирующей смеси : № 1260782/23-4 : заявл. 29.07.1968 : опубл. 21.09.1971 / Ш. М. Аршанский, Б. И. Кацен, В. Б. Коган [и др.] .
- 5 Лабораторный практикум по органической и физкolloидной химии. – Владикавказ : Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова, 2020. – 155 с.
- 6 Степанов, А. Д. Анализ концентрационного коэффициента распределения при экстракции уксусной кислоты бензолом / А. Д. Степанов, П. А. Пономарева // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : Материалы Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 01–03 февраля 2024 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2024. – С. 5002-5004.
- 7 Актуальные проблемы химии и образования, Астрахань, 20 ноября 2019 года / Составители и редакторы Л.А. Джигола, Ю.А. Очередко, О.С. Садомцева. – Астрахань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Астраханский государственный университет", 2019. – 101 с.

# **О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В РЕАКЦИЯХ ХЕЛАТИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ПОЛУЧЕНИЯ ГЛИЦИНАТА ЖЕЛЕЗА (II)**

**Степанов А.Д., Пешков С.А. кандидат химических наук, доцент,**

**Сальникова Е.В. доктор биологических наук, доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** В современном мире актуально использовать бинарные хелатные удобрения в качестве добавок для дополнительного питания растений микроэлементами. В данной работе разработана двухстадийная методика синтеза хелатного комплекса железа (II) с глицином через получение промежуточного глицинаты натрия. Кинетика и стехиометрия процессов контролировались потенциометрическим титрованием и pH-метрией. Установлены точки эквивалентности для обеих стадий: при образовании глицинаты натрия (1 мл 0,05 М NaOH, скачок потенциала в точке эквивалентности 217 мВ) и глицинаты железа (5,5 мл 0,1 М FeCl<sub>2</sub>, скачок потенциала в точке эквивалентности 124 мВ). Полученные экспериментальные значения электрохимических потенциалов находятся в близком согласии с расчётными данными, выполненными на основе литературных значений констант устойчивости комплексов. Показано, что предложенная методика позволяет получать целевые хелатные соединения, перспективные для создания высокобиодоступных микроудобрений.

**Ключевые слова:** *потенциометрическое титрование, хелатирование, аминокислоты, хелатные удобрения, продовольственная безопасность.*

В рамках разработки методик получения бинарных хелатных удобрений, включающих в себя микрокомпоненты, актуально использовать биодоступные формы. Одной из таких форм является хелатная, образованная аминокислотными лигандами [1-3].

В процессе хелатирования доминирует реакция координационного присоединения аминокислоты к металлу по атомам азота аминогруппы и кислорода карбоксильной группы. В зависимости от структуры аминокислоты координационная форма комплекса может значительно меняться. За счет хелатирования биодоступность металлов для клеток растений значительно увеличивается, особенно это обусловлено повышением подвижности ионов в биологических средах [4].

Для исследования данного процесса использована усовершенствованная методика синтеза, включающая в себя получение натриевой соли аминокислоты, а затем ее реакции с бинарной солью тяжелого металла, например галогенидом [5-6].

Происходящие реакции описываются следующими уравнениями:





Для эксперимента рассматривается раствор 0,05 М глицина, добавляемый к 0,05 М раствору NaOH. Потенциометрический контроль ведётся в рамках двух электродных систем.

1. Система контроля общего ЭДС раствора. Индикаторный электрод – платиновый, электрод сравнения – хлорсеребрянный.

2. Система контроля pH раствора. Комбинированный стеклянный электрод с внутренним хлорсеребряным электродом сравнения.

Кривая потенциометрического титрования представлена на рисунке 1. Зависимость pH раствора от объёма добавленного реагента представлена на рисунке 2.

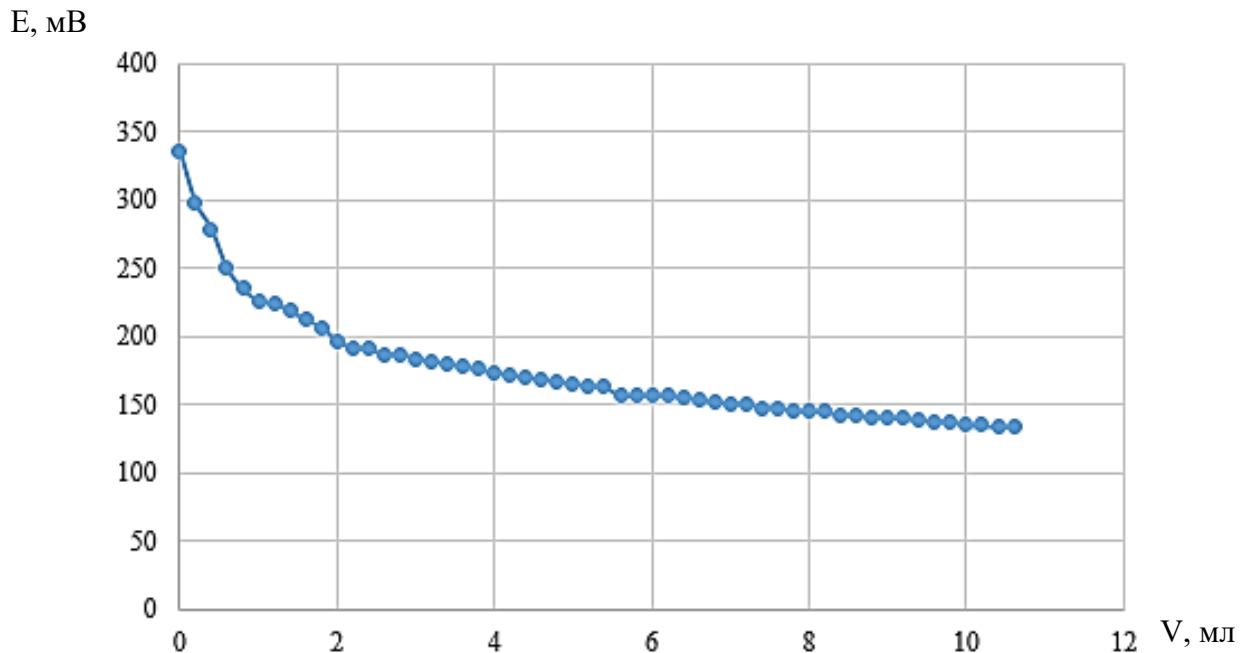


Рисунок 1 – Кривая потенциометрического титрования получения глицинатов натрия

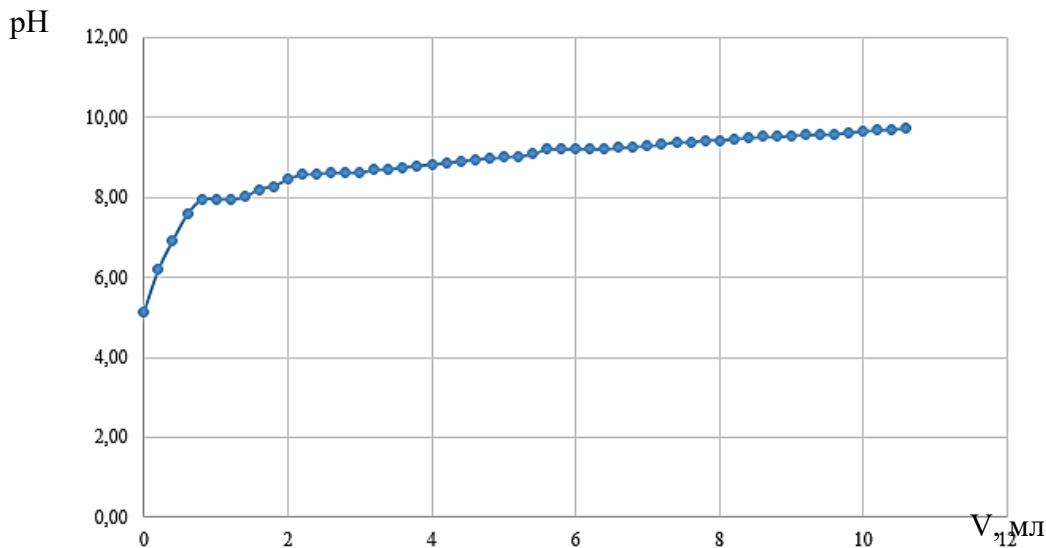


Рисунок 2 – Зависимость pH раствора от добавленного объёма глицинат атнрия

По полученным данным, прослеживается явный потенциометрический изгиб в области 217 мВ, при добавлении объёма 1 мл, что свидетельствует, о стехиометрическом эквимолярном процессе протекания реакции, при этом pH раствора значительно увеличивается после вступления в реакцию всех молекул глицина.

Следующим этапом является применение полученной соли аминокислоты – глицинат атнрия, для хелатирования микроэлемента, в нашем случае, хлорида железа (II). Реакция проводилась привнесением 0,1 М FeCl<sub>2</sub> в полученный раствор глицинат атнрия.

Кривая потенциометрического титрования представлена на рисунке 3. Зависимость pH раствора от добавленного объёма представлена на рисунке 4.

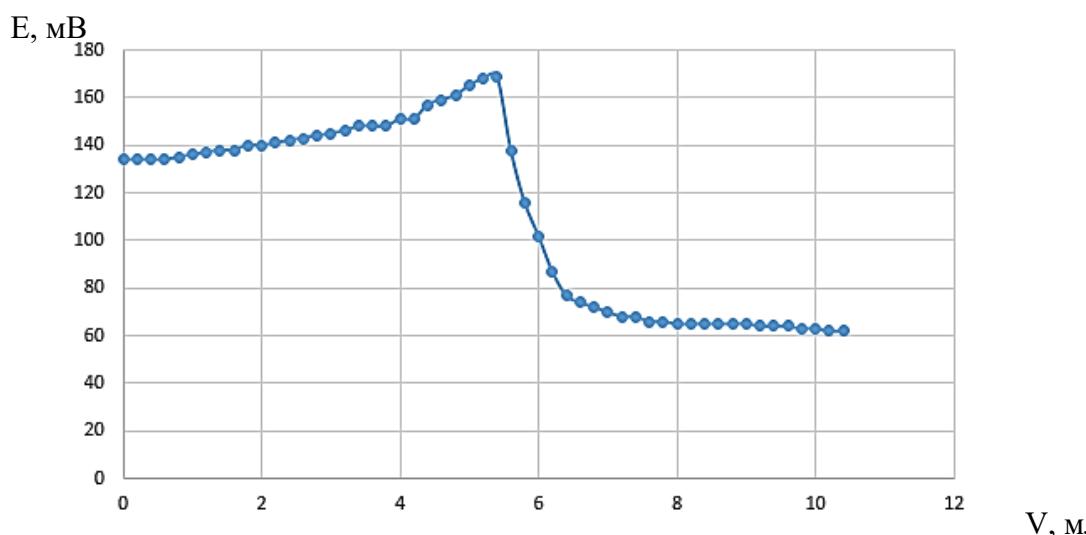


Рисунок 3 – Кривая потенциометрического титрования получения глицинат атнрия

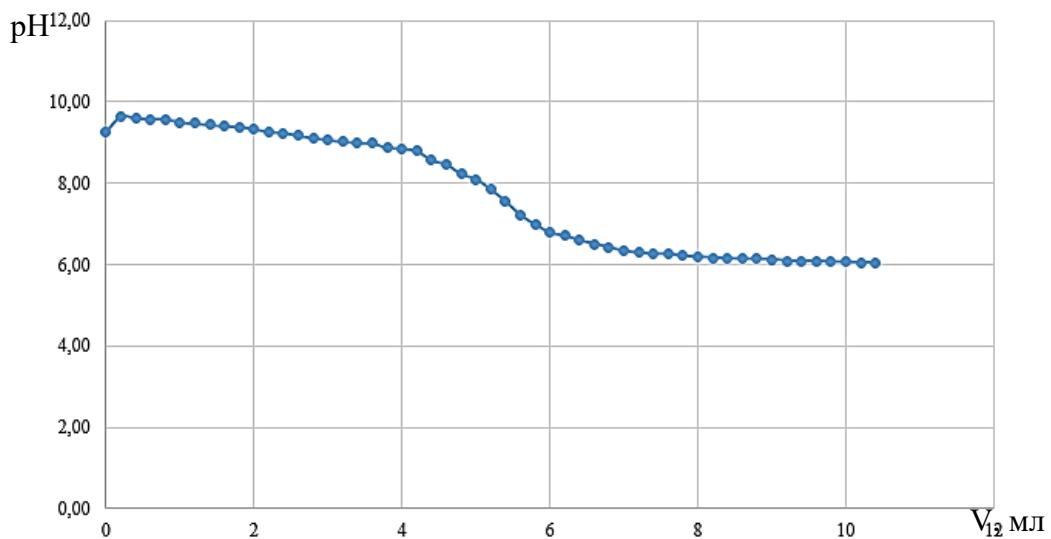


Рисунок 4 – Зависимость pH раствора при синтезе глицинатов железа

Из полученных потенциометрической кривой виден явный изгиб, свидетельствующий о протекании реакции при добавлении 5,5 мл хлористого железа, чем и сформирована точка эквивалентности, при этом данный процесс виден и на рисунке изменения pH. Полученные данные ЭДС были сопоставлены со справочными, рассчитанными на основе констант устойчивости комплексов [7], представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение полученных данных ЭДС раствора с литературными.

Реакция	ЭДС, мВ	Рассчитанное ЭДС, мВ	ε, %
1	217	230	5,9
2	124	130	4,8

Полученные данные сошлись с рассчитанными в близком доверительном интервале (при доверительной вероятности 95 %), что свидетельствует о получении необходимого хелатного комплекса. Полученный глицинат железа имеет возможность повысить биодоступность железа в удобрениях, содержащие необходимые микрокомпоненты для дополнительного питания растений.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект №24-76-10080)

#### Список литературы

- Адов, В. С. Влияние комплексных удобрений на морфобиометрические показатели и урожайность кукурузы / В. С. Адов, Ю. В. Пирогова, Т. С. Курносова // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России : сборник материалов Международной научно-практической конференции молодых ученых, Пенза, 28–29 марта 2019

года. Том I. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2019. – С. 8-11.

2. Семина, С. А. Приемы агротехники и биохимический состав кукурузы / С. А. Семина, И. В. Гаврюшина, Ю. А. Семина // Нива Поволжья. – 2020. – № 4(57). – С. 58-64. – DOI 10.36461/NP.2020.57.4.018.

3. Карпова, Л. В. Эффективность применения комплексных жидких удобрений в хелатной форме на фоне естественного и минерального питания растений яровой пшеницы / Л. В. Карпова, Г. А. Карпова, А. В. Строгонова // Нива Поволжья. – 2020. – № 4(57). – С. 51-57. – DOI 10.36461/NP.2020.57.4.015.

4. Ковалев, Н. И. Эффективность комплексного применения органо-минеральных и микроудобрений на зюзнике европейском (*Lycopus europaeus L.*) / Н. И. Ковалев // Молодые учёные и фармация XXI века : Сборник трудов шестой научной конференции с международным участием, Москва, 14 декабря 2018 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений", 2018. – С. 47-54.

5. Урожайность и качество сортов озимой пшеницы в зависимости от применения хелатных удобрений / Б. Г. Ахияров, Р. Р. Абдулвалеев, Л. М. Ахиярова, А. В. Валитов // Современная наука и образование : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Сибай, 15 февраля 2024 года. – Сибай: Уфимский университет науки и технологий, 2024. – С. 55-63.

6. Кшникаткина, А. Н. Влияние комплексных удобрений с микроэлементами в хелатной форме на продуктивность ярового тритикале / А. Н. Кшникаткина, А. Н. Долженко // Роль современной селекции и агротехники в мерах борьбы с засухой : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 140-летию со дня рождения академика ВАСХНИЛ П.Н. Константинова, г.о. Кинель Самарской обл., 11–13 июля 2017 года / Под редакцией В.Ф. Казарина [и др.]. – г.о. Кинель Самарской обл.: Общество с ограниченной ответственностью "Бук", 2017. – С. 225-230.

7. Лидин, Р.А. Константы неорганических веществ / Р.А. Лидин, В.А. Молочко, Л.Л. Андреева. – Москва : ДРОФА, 2006. – 691 с.

# **ХИМИЯ ПРОТИВ РАКА: КАК РАБОТАЕТ ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ**

**Хромова Ю. А., Ткачёва Т. А., кандидат химических наук**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** В статье рассматриваются химические механизмы лучевой терапии как одного из ключевых методов лечения онкологических заболеваний. Описаны история открытия рентгеновских лучей, которые сыграли важнейшую роль в терапии, процесс разрушения раковых клеток с точки зрения химии.

**Ключевые слова:** *лучевая терапия, ионизирующее излучение, онкология, рак, опухоль, радикал, ДНК, протонная терапия*

Раком болеют более 20 миллионов людей на планете. Это заболевание представляет собой опухоль (новообразование, бластому) – атипичное разрастание тканей организма, в основе которого лежит безграничное размножение клеток, при этом нарушение роста и дифференцировки клеток обусловлены изменениями их генетического аппарата. Опухоли могут возникнуть из клеток всех органов и тканей. [1]

До 16 века рак считался неизлечимым заболеванием. Единственным методом борьбы с ним являлось хирургическое вмешательство, но было установлено, что после операции опухоль возвращается снова. В методах лечения рака не наблюдалось никакого прогресса, что укрепило медиков того времени во мнении, что заболевание невозможно лечить. [2]

Раковые клетки непрерывно делятся, могут давать метастазы по всему организму, затрагивая не один орган, для борьбы с постоянно прогрессирующей опухолью выделяют несколько типов лечения:

- 1) хирургическое лечение;
- 2) химиотерапия;
- 3) радиотерапия;
- 4) фотодинамическое лечение;
- 5) гормональная терапия;
- 6) таргетная терапия;
- 7) комбинированная терапия. [3]

Подробнее рассмотрим метод лучевой терапии.

Выделяют 2 вида лучевой терапии:

- 1) внешнюю – телетерапию;
- 2) внутреннюю – брахитерапию.

Оба вида объединяет разрушение ДНК раковых клеток, которое происходит благодаря проникающей способности ионизирующего излучения.

В 1895 году В. К. Рентген, наблюдая за свечением платиносинеродистого бария при работе катодно-лучевой трубы, открыл рентгеновские лучи, которые позволяли «фотографировать человека». Рентгеновские лучи – вид ионизирующего излучения. Они являются не потоком частиц, а электромагнитной волной, чья энергия фотонов лежит на энергетической шкале между

ультрафиолетовым излучением и гамма-излучением (то есть в диапазоне  $10^{14} - 10^8$  м). [5]

Катодно-лучевая трубка (трубка Крукса) – почти лампочка, но без нити накаливания. Между электродами течёт ток, когда нагретый катод излучает электроны, летящие сквозь вакуум. Чтобы «сфотографировать человека», нужно создать вакуум, так как именно в вакууме у электронов нет торможения, то есть скорость значительно возрастает. Если возрастает скорость электронов, соответственно, скорость излучения тоже становится больше.

Американский студент Э. Г. Груббе работал с трубками Крукса и заметил, что у него и его коллег в местах облучения появляются кожные заболевания, выпадают волосы, опухают и ткани. Тогда он начал думать о том, что если ионизирующее излучение способно повреждать здоровые участки кожи, то оно может помочь разрушить и заражённую ткань – раковую опухоль. [6]

Дальнейшие эксперименты с облучением больных дали результаты. Опухоли уменьшались, боли становились не такими сильными, у одной пациентки получилось выйти в ремиссию.

В будущем учёные и врачи продолжали исследовать радиотерапию.

В обычном состоянии электроны не могут глубоко проникать в ткани. На небольшом расстоянии они могут облучить раковые клетки кожи, подкожной жировой клетчатки, поверхностные лимфатические узлы. В телетерапии, чтобы разогнать электроны, используется специальное устройство – линейный ускоритель (ЛУ). ЛУ разгоняет частицы электростатическим полем, создаваемым высоковольтным генератором. Заряженная частица проходит поле однократно: заряд  $q$ , проходя разность потенциалов  $\varphi_1 - \varphi_2$ , приобретает кинетическую энергию  $W_k = q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)$ . Таким способом частицы ускоряются до 10 МэВ. Их дальнейшее ускорение с помощью источников постоянного напряжения невозможно из-за утечки зарядов, пробоев и т. д. Далее высокоэнергетическое излучение собирается в пучок и проникает в клетку, сталкивается с молекулами воды (происходит радиолиз воды) и сбивает электроны из атомов. В результате этого образовываются свободные радикалы – очень нестабильные и высокоактивные частицы, которые повреждают генетический материал (ДНК), белки и другие клеточные структуры. [7, 8, 9]

Очень важно следить, чтобы к клеткам через кровь поступал кислород. Он нужен для окончательного разрушения раковых клеток. При активном делении клетки нуждаются в кислороде, что делает их радиочувствительными. Атомарный водород ( $H^+$ ) вступает в реакцию с молекулярным кислородом ( $O_2$ ), образуя высокоактивный радикал – гидропероксидный радикал ( $HO_2^-$ ):



Оставшийся радикал  $OH^-$  забирает электрон с цепи ДНК, с которой он взаимодействовал и соединяется с молекулярным кислородом ( $O_2$ ), в таком случае образуется пероксидный радикал ДНК (пероксидный радикал  $-OO^-$ )

присоединяется к сахарно-фосфатному скелету или азотистым основаниям ДНК) на цепи ДНК повреждается окончательно. [10]

Если поток кислорода ограничить, то клеточные системы могут отдать свой электрон радикалу ДНК, тем самым восстанавливая цепочку, после чего клетка снова может размножаться.

В брахитерапии облучение мишени происходит внутри организма с помощью небольших герметично упакованных титановых капсул с небольшим количеством радиоактивного изотопа. В этом виде терапии используются радиоактивные изотопы, например, иридий-192, йод-125. [11]

В этом виде терапии не используется линейный ускоритель, потому что используемые изотопы уже обладают энергией из-за нестабильных ядер и сами являются источником ионизирующего облучения.

Так как это излучение, то химический механизм такой же, как в телетерапии: сначала происходит радиолиз воды под воздействием бета-частицы или гамма-излучения, образуется гидроксильный радикал, который атакует ДНК, белки и липиды клеток. Большую роль играет кислородный эффект, потому что лечение происходит внутри организма, куда кислород поступает только через кровь.

Важным отличием брахитерапии от телетерапии заключается в том, что брахитерапия помещает источник излучения непосредственно в опухоль, и здоровые ткани не затрагиваются. Есть два вида имплантации капсул с радиоактивным изотопом:

- 1) временная;
- 2) постоянная.

В этих видах сначала проводится тщательная проверка и подготовка с помощью 3D-моделирования. Для временной брахитерапии в организм вводятся полые металлические трубы или пустые иглы-аппликаторы, чтобы повторить форму опухоли для дальнейшего перемещения в неё капсулы с радиоактивным изотопом. Далее с помощью автоматизированного аппарата капсулы из нержавеющей стали или сплава титана загружаются в ткань с раковыми клетками или в саму опухоль. Обычно используют такие высокоэнергетические изотопы, как кобальт-60 и цезий-137, потому что обладают высокой энергией гамма-излучения, достаточный период распада и более стабильные. Когда сеанс закончится, источник излучения удаляется из тела. [18 14]

Для постоянной терапии используют микрокапсулы из биосовместимого титана, внутри неё находятся низкоэнергетические изотопы, например, йод-125 или палладий-103. С помощью иглы-аппликатора в орган (внутриполостная брахитерапия), ткань опухоли (внутритканевая), на поверхность опухоли (поверхностная) или в просвет сосуда (внутрисосудистая).

Существует более безопасная терапия, кроме брахитерапии. Это протонная терапия. Она применяется для облучения опухолей, которые находятся очень близко к жизненно важным органам.

Впервые выдвинул идею использования протонов в медицине Р. Р. Уилсон в 1946 году.

Основной механизм заключается пике Брэгга, которого можно достичь с помощью протонного ускорителя, который открыл У. Г. Брэгга в 1903 году. Суть пика Брэгга: наибольшую дозу облучения получают не поверхностные ткани, а мишень – глубоко залегающая опухоль. На графике это ярко выраженный пик на кривой Брэгга (рисунок 1), который отображает потери энергии ионизирующего излучения во время его прохождения через вещество. Для протонов, а-лучей и других ионных лучей пик возникает непосредственно перед тем, как частицы приходят в состояние покоя. Когда быстрая заряженная частица движется сквозь тело, она даёт электронам достаточно энергии для разрыва связи с атомом, в котором он находился (происходит ионизация атомов), после чего создаются радикалы, которые разрушают цепи ДНК и не дают раковой клетке размножаться. Когда протон выходит из повреждённой клетки, он оставляет энергию излучения. [15]

Чтобы получился пик Брэгга, заряженная частица движется быстро, но очень редко сталкивается с электронами встречных атомов, благодаря чему теряет мало энергии. По пути к рассчитанной глубине протон ещё больше замедляется, так как входит в поле с большим числом электронов. В этом поле он отдаёт всю энергию – это и есть пик Брэгга. После него протон останавливается, энергия уже не выделяется, и ткани не получают облучения. [16]

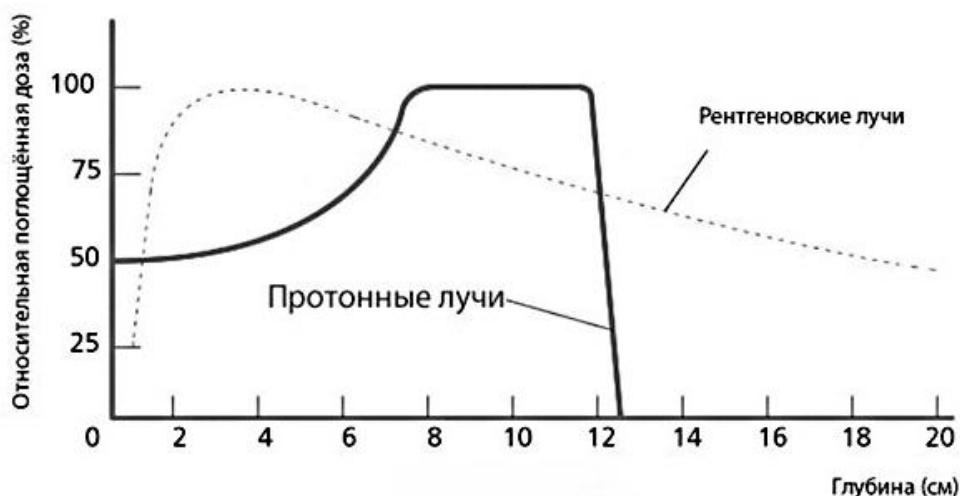


Рисунок 1 – Сравнение графиков рентгеновских и протонных лучей

Протонная терапия применяется нечасто, потому что такой метод лечения опухоли требует максимум точности

Подводя итоги, нужно сказать, что каждый метод лечения рака хорош для отдельных видов этого заболевания. Телетерапия применима для любой локализации и размера опухоли, также после процедуры человек не радиоактивен, процедура безболезненна и доступна. Однако здоровые ткани тоже подвержены облучению, из-за чего могут быть побочные эффекты.

Брахитерапия более точная, чем первый вид лучевой терапии, используя её можно увеличить дозы радиации. Лечение может проходить постоянно, потому

что капсулы всегда внутри организма, но из-за них нельзя находиться рядом с детьми или беременными женщинами, чтобы не спровоцировать мутации, рак или выкидыши.

Протонная терапия позволяет ещё точнее облучать опухоль, благодаря этому вероятность возникновения побочных эффектов намного ниже. Главные недостатки этого способа лечения заключаются в высокой стоимости из-за большого и мощного оборудования и его обслуживания.

#### Список литературы

1. Вахрушева, Т. И. Онкология: учебное пособие / Т. И. Вахрушева. — Красноярск: КрасГАУ, 2018. — 330 с.
2. Методы лечения рака от средневековья до наших дней [Электронный ресурс] // BBC NEWS Русская служба [сайт]. — URL: [https://www.bbc.com/russian/science/2016/02/160216\\_cancer\\_treatment\\_history](https://www.bbc.com/russian/science/2016/02/160216_cancer_treatment_history) (дата обращения: 07.09.2025)
3. Антиоксидантные, antimикробные свойства *Prangos ferulacea* и значение в лечении рака молочной железы / Н. К. Аббасов, N. Abbasov, С. А. Рахимова [и др.] // Бюллетень науки и практики. — 2024. — № 5. — С. 336-341. — ISSN 2414-2948.
4. Александрович, А. С. Лучевая диагностика и лучевая терапия: учебное пособие / А. С. Александрович, Т. В. Семенюк, Е. С. Зарецкая. — Гродно: ГрГМУ, 2022. — ISBN 978-985-595-671-7.
5. Вакуум [Электронный ресурс] // Проектируем электрику вместе [сайт]. — URL: [https://vgs-design-el.blogspot.com/p/blog-page\\_90.html](https://vgs-design-el.blogspot.com/p/blog-page_90.html) (дата обращения: 09.09.2025)
6. 27 января 1896 года родилась идея радиотерапии. [Электронный ресурс] // Драйв [сайт]. — URL: <https://drivems.by/news/27-yanvarya-1896-goda-rodilas-ideya-radioterapii/> (дата обращения: 09.09.2025)
7. Ерофеев, В. А. Методы и средства контроля газоаэрозольных выбросов: учебное пособие / В. А. Ерофеев. — 2-е изд., испр. и перераб. — Севастополь: СевГУ, 2020. — 167 с.
8. Радиолиз воды и водных растворов [Электронный ресурс] // StudFiled [сайт]. — URL: <https://studfile.net/preview/11193837/page:4/> (дата обращения: 09.09.2025)
9. Кузнецов, С. И. Курс физики с примерами решения задач: учебное пособие / С. И. Кузнецов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2022 — Часть II: Электричество и магнетизм. Колебания и волны — 2022. — ISBN 978-5-8114-1718-6.
10. Химия окружающей среды: учебное пособие / Я. И. Вайсман, Т. В. Нурисламова, Л. В. Рудакова [и др.]. — Пермь: ПНИПУ, 2010. — ISBN 978-5-398-00394-9.
11. Климанов, В. А. Радиобиологическое и дозиметрическое планирование лучевой и радионуклидной терапии: учебное пособие / В. А. Климанов. — Москва: НИЯУ МИФИ, [б. г.]. — Часть 2: Лучевая терапия пучками протонов, ионов, нейтронов и пучками с модулированной интенсивностью,

стереотаксис, брахитерапия, радионуклидная терапия, оптимизация, гаранти — 2011. — ISBN 978-5-7262-1491-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75876> (дата обращения: 11.09.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 275.).

12. Лучевая терапия [Электронный ресурс] // ИЯМ ХИМКИ [сайт]. – URL: [https://inuclear.ru/patsientam/articles/lushevaya\\_terapiya/](https://inuclear.ru/patsientam/articles/lushevaya_terapiya/) (дата обращения: 09.09.2025)

13. Радиация и здоровье [Электронный ресурс] // Гемотест [сайт]. – URL: <https://gemotest.ru/info/spravochnik/zabolevaniya/radiatsiya-i-zdorove> (дата посещения: 09.09.2025)

14. Астахов, А. В. Оптическое материаловедение: учебное пособие / А. В. Астахов, Е. В. Полякова, В. Е. Стригалев. — Санкт-Петербург: СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2014. — 96 с.

15. Рак: история борьбы [Электронный ресурс] // Подари Жизнь [сайт]. – URL: <https://podari-zhizn.ru/ru/publications/32048> (дата посещения: 07.09.2025)

16. Медицинская физика: учебник / В. А. Федоров, А. В. Яковлев, Т. Н. Плужникова [и др.]. — Тамбов: ТГУ им. Г. Р. Державина, 2023. — ISBN 978-5-00078-755-7.

17. Тепляков, Б. И. Сельскохозяйственная радиология: учебное пособие / Б. И. Тепляков. — Новосибирск: НГАУ, 2013. — 230 с.

18. Переход от 2D брахитерапии к 3D брахитерапии с высокой мощностью дозы [Электронный ресурс] // IAEA Международное агентство по атомной энергии [сайт]. – URL: <https://www.iaea.org/ru/publications/14982/perehod-ot-2d-brahiterapii-k-3d-brahiterapii-s-vysokoy-moshchnostyu-dozy> (дата посещения: 11.09.2025).

19. Брахитерапия рака простаты [Электронный ресурс] // ИЯМ ХИМКИ [сайт]. – URL: <https://inuclear.ru/therapy/brahiterapiya/prostaty/> (дата посещения: 11.09.2025).

20. Брахитерапия [Электронный ресурс] // Гемотест [сайт]. – URL: <https://gemotest.ru/info/spravochnik/zabolevaniya/brakhiterapiya/> (дата посещения: 10.09.2025).

21. Что такое протонная терапия? [Электронный ресурс] // МИБС [сайт]. – URL: <https://protherapy.ru/protonnaya-terapiya> (дата посещения: 10.09.2025).

22. Что такое лучевая терапия? [Электронный ресурс] // МИБС [сайт]. <https://www.atomic-energy.ru/articles/2023/07/10/1369> (дата посещения: 10.09.2025).

# **ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СЛЮНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА (ОБЗОР)**

**Троценко Ю.А., Бибарцева Е.В., кандидат медицинских наук**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** Слюна выполняет пищеварительные, защитные и иммунные функции, отражая физиологическое и патологическое состояние организма. Ее химический состав меняется под воздействием стресса, нагрузок, инфекций, заболеваний и медикаментов. Анализ слюны рассматривается как перспективный неинвазивный метод диагностики и мониторинга, позволяющий выявлять биомаркеры различных нарушений.

**Ключевые слова:** слюна, биомаркеры, химический состав, диагностика, стресс, заболевания, метаболизм.

Слюна представляет собой сложную смесь, состоящую преимущественно из воды (98–99 %), а также электролитов (натрия, калия, кальция, магния, хлоридов, бикарбонатов, фосфатов), органических молекул (глюкозы, мочевины, аминокислот), белков и ферментов. К числу ключевых компонентов относятся: а-амилаза, лизоцим, лактоферрин, муцины, пероксидазы, а также иммуноглобулины, в первую очередь IgA. Секреция слюны осуществляется крупными и малыми слюнными железами, при этом состав секрета зависит от типа железы и условий стимуляции. Физиологическая роль слюны включает формирование пищевого комка, начальный этап переваривания, поддержание гомеостаза ротовой полости и опосредованное участие в регуляции системных функций организма [1].

При физической нагрузке происходит увеличение уровня лактата, мочевины и свободных аминокислот, что связано с активизацией энергетического обмена. Концентрация кортизола и альфа-амилазы служит маркером стресса, а уровень электролитов отражает баланс жидкости и солей в организме. Во время сна секреция слюны снижается более чем в 2–3 раза, уменьшается количество белковых компонентов, что объясняет повышенную уязвимость зубов и слизистой ночью. При обезвоживании концентрация электролитов увеличивается, а вязкость секрета возрастает, что отражает общее водно-солевое состояние организма [2].

Психоэмоциональный стресс активирует гипotalамо-гипофизарно-надпочечниковую систему, что сопровождается повышением уровня кортизола, а-амилазы и некоторых провоспалительных цитокинов в слюне. Эти изменения могут использоваться для оценки острого и хронического стресса, а также уровня адаптационных возможностей организма [3]. Слюнные биомаркеры применяются в спортивной медицине, психологии и военных исследованиях для неинвазивной оценки стрессоустойчивости.

Анализ слюны приобретает все большее значение в диагностике различных заболеваний. У пациентов с сахарным диабетом II типа наблюдается повышение уровня глюкозы, кетоновых тел, а также окислительных метаболитов. При

воспалительных заболеваниях пародонта в слюне увеличивается концентрация матриксных металлопротеиназ, цитокинов (IL-1 $\beta$ , IL-6, TNF- $\alpha$ ), что отражает локальный воспалительный процесс. Онкологические заболевания сопровождаются появлением в слюне специфических белков, миРНК и других нуклеиновых маркеров, которые могут использоваться для ранней диагностики рака полости рта, поджелудочной железы и легких [4,8]. При инфекционных заболеваниях (например, COVID-19) слюна рассматривается как надежный источник вирусного материала для молекулярной диагностики.

Лекарственные препараты оказывают значительное влияние на секрецию и химический состав слюны. Антидепрессанты, антигистаминные и антигипертензивные средства вызывают ксеростомию (сухость во рту), снижение секреции и изменение белкового профиля. Препараты цитостатического ряда могут увеличивать уровень продуктов перекисного окисления липидов, а также изменять антиоксидантный потенциал слюны. Антибиотики влияют на микробиоту ротовой полости, что отражается на концентрации метаболитов и органических кислот [5].

Современные методы анализа слюны включают протеомные, метаболомные, геномные и микробиомные исследования. Разрабатываются портативные устройства для экспресс-анализа маркеров стресса, глюкозы, воспалительных белков. Особое внимание уделяется роли слюны в мониторинге состояния спортсменов, пациентов с хроническими заболеваниями, а также в педиатрии и гериатрии, где инвазивные методы затруднены [6, 7].

Изменение химического состава слюны является универсальным отражением физиологических и патологических процессов в организме. С учетом неинвазивности, простоты сбора и богатого набора биомаркеров, анализ слюны представляет перспективное направление для клинической диагностики, прогноза течения заболеваний и оценки эффективности терапии. В ближайшем будущем можно ожидать расширение применения слюны как диагностического материала в персонализированной медицине.

#### Список литературы

1. Pfaffe T., Cooper-White J., Beyerlein P., Kostner K., Punyadeera C. Diagnostic potential of saliva: current state and future applications
2. Javaid M.A., Ahmed A.S., Durand R., Tran S.D. Saliva as a diagnostic tool for oral and systemic diseases. *J Oral Biol Craniofac Res.*
3. Yoshizawa J.M., Schafer C.A., Schafer J.J., Farrell J.J., Paster B.J., Wong D.T. Salivary biomarkers: toward future clinical and diagnostic utilities.
4. Lima D.P., Diniz D.G., Moimaz S.A., Sumida D.H., Okamoto A.C. Saliva: reflection of the body. *Int J Infect Dis.*
5. Al Kawas S., Rahim Z.H.A., Ferguson D.B. Potential uses of human salivary protein and peptide analysis in the diagnosis of disease.
6. Cuevas-Córdoba B., Santiago-García J. Saliva: a fluid of study for OMICS. *OMICS. 2014;18(2):87-97.*
7. Wang Q., Yu Q., Lin Q. Application of salivary biomarkers in the diagnosis of diseases. *Chin Med J (Engl).*

8. Kaczor-Urbanowicz K.E., Martín Carreras-Presas C., Kaczor T., Tu M., Wei F., Garcia-Godoy F., Wong D.T. Emerging technologies for salivaomics in cancer detection. *J Cell Mol Med.*

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

**Тулеева З.С., Галактионова Л.В., кандидат биологических наук, доцент  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

Аннотация: в статье приводится информация о влиянии наночастиц металлов на растительные организмы, рассматриваются особенности их воздействия в процессе предпосевной обработки, а также особенности поступления, биохимического и физиологического влияния на взрослые сельскохозяйственные культуры.

*Ключевые слова:* наночастицы, растения, предпосевная обработка.

Нанометровые размеры и специфические свойства наночастиц, такие как, высокая реакционная способность, склонность к агрегации, усиленное взаимодействие с различными химическими соединениями, создали условия для их применения в различных отраслях промышленности, медицины и сельского хозяйства [1, 2].

В агропромышленном комплексе они могут использоваться в качестве наноудобрений и нанопестицидов, что может быть обусловлено их способностью оказывать воздействие на рост и развитие растений [1].

В процессе предпосевной обработки наночастицы металлов могут проникать через семенной покров, что оказывает влияние на образование активных форм кислорода, участвующих в процессе прорастания семян. Разрыхление клеточных стенок активными формами кислорода способно усиливать поглощение воды и расширение клеток.

В то же время, при чрезмерно высокой концентрации активных форм кислорода, в клетках семян возможно распространение интенсивных окислительных повреждений, препятствующих процессу их прорастания [3, 4].

Бактерицидные свойства таких наносоединений, как наночастицы меди, железа, цинка, золота, серебра, титана способны создавать условия, неблагоприятные для развития патогенной микрофлоры, что может дополнить и усиливать традиционные средства защиты предпосевного материала [5, 6, 7].

Отмечена способность наночастиц проникать через боковые корни, корневые волоски, клетки ризодермы и устьица зрелых растений. Нанометровый размер позволяет металлическим наночастицам беспрепятственно проникать через биологические барьеры, например, поры, каналы, плазмодесмы мембран или непосредственным перемещением амфи菲尔ных частиц сквозь билипидный слой [8, 9].

В настоящее время отмечено отсутствие однозначных экспериментальных данных о воздействии наноматериалов на растения, что может быть обусловлено влиянием не только их физической природы, размеров, структуры и концентрации, но и условиями произрастания и физиологического состояния растений [10].

В клетках растений наночастицы способны образовывать соединения с белками, нуклеиновыми кислотами, образуя, например, аддукты ДНК. Развитие токсического эффекта возможно при выделении и растворении ионов, например  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Cu}^{2+}$ , увеличении выработки активных форм кислорода, способных приводить к развитию окислительного стресса, что может проявляться как стимулированием, так и угнетением физиологических реакций клеток растений, в том числе путем выработки ферментативных и неферментативных средств защиты [11, 12, 13].

От состояния почвенной микрофлоры, в частности ризосферной и азотфикссирующей, во многом зависит развитие высших растений и урожайность сельскохозяйственных культур. Сокращение бактериального разнообразия и численности азотфиксаторов воздействием металлических наночастиц способно негативно сказаться на развитии растений [6].

В таблице 1 приведены сводные данные по воздействию наночастиц металлов на высшие растения [14].

Таблица 1 – Воздействие наночастиц металлов на высшие растения

Наночастицы	Условия эксперимента	Основные результаты	Ссылка
CuO 30-50 нм	[CuO] = 10 г /л, ультразвуковая обработка CuO + бидистиллированная вода. Среда: бидистиллированная вода, pH=5,6 Тест-растение: Семена ячменя ( <i>Hordeumsativum distichum</i> ) 25±2 °C Световой период: 16:8 ч. для проростков: 72 ч., для побегов 30 дней.	Высокие концентрации CuO в воде препятствуют росту ячменя, длина его корня значительно сокращается и подавляется фотосинтез. Поглощение наночастиц разрушает тилакоиды и пластиды, увеличивает плотность устьиц.	[15]

Продолжение таблицы 1

CuO 20-40 нм	[CuO] = 10...500 мг/л Среда: Дистиллированная вода УЗ (100 Вт, 40 кГц) 30 мин Тест-растение: помидор <i>Solanum lycopersicum</i> и капуста <i>Brassica oleracea var. Botrytis</i> . Культивация растений в чашках Петр, в темноте 8 дней.	Содержание пигмента и сахара в массе 2 культур снизилось. При концентрации 10 мг / л скорость прорастания семян увеличивается, а скорость роста максимальна. При концентрации 500 мг / л всхожесть томатов снижалась на 11 %, что оказывало ингибирующее действие на длину корня. Скорость роста корешка семян капусты снижалась с увеличением концентрации.	[16]
Ag 20, 40, 80нм	Среда: 15% NaOCl, раствора Хогланда [Ag] = (66.84, 133.68, 267.36 и 534.72 мкг/л) Тест-растение: арабидопсис.	При концентрации 133,68 мкг/л удлинение корней растений снижалось на 200, 160 и 30 % при обработке наночастиц с размером 20, 40 и 80 нм соответственно. Удлинение корней растений уменьшалось по мере уменьшения размера частиц. При обработке 20 нм Ag удлинение корней растений уменьшалось с увеличением их концентрации.	[17]
Cu 15-30 нм 25 мг/л	Среда: деионизированная вода. Тест-растение: высокоурожайный и абиотические стрессоустойчивые сорта пшеницы. Проращивание в почве.	Увеличивалось количество зеренна колос и вес 1000 зерен; интенсифицировался гликолиз и разложение крахмала в высокурожайном сорте; увеличивалось содержание сахара в семенах.	[18]

Таким образом, некоторые свойства наночастиц металлов, например, высокая степень отношения площади поверхности к объему, высокая каталитическая активность и проникающая способность создают условия для их воздействия на растительные организмы и микробиом почвы. Окислительный стресс, усиление программ ферментативной и неферментативной защиты могут являться ответной реакцией растений в ответ на проникновение наноматериалов из окружающей среды и проявление ими каталитических свойств.

#### Список литературы

1. Назарова, А. А. Нанобиопрепараты в технологии производства яровой и озимой пшеницы / А. А. Назарова, С. Д. Полищук, Д. Г. Чурилов, Ю. В. Доронкин, 2016. – С. 22-26.
2. Костин, Д. В. Классификация наноматериалов / Д. В. Костин // Auditorium. 2024. №3 (43) – Курский государственный университет. – 2014 – 5 с.
3. do Espírito Santo Pereira A, Caixeta Oliveira H, Fernandes Fraceto L, Santaella C. Nanotechnology Potential in Seed Priming for Sustainable Agriculture. Nanomaterials (Basel), 2021.

4. Романова, А. П. Особенности применения наноразмерных форм микроэлементов в сельском хозяйстве (обзор) / А. П. Романова, В. В. Титова, А.М. Макаева, 2018. – С. 237-247.
5. Югай, Ю. А. Использование клеточных культур растений для полу-чения биологически активных наночастиц металлов / Ю. А. Югай, Владивосток – 2021 – 140 с.
6. Анохина, Т. О. Свойства наночастиц оксидов железа и проблемы их применения в сельском хозяйстве / Т. О. Анохина, Т. В. Сиунова, О. И. Сизова [и др.] // Агрохимия. – 2017. – № 11. – С. 74-96.
7. Егоров, Н. П., Разработка и проведение экспериментальной оценки эффективности применения в растениеводстве новых видов удобрений, полученных с использованием нанотехнологий / Н. П. Егоров, О. Д. Шафронов, Д. Н. Егоров, Е. В. Сулейманов // Вестник ННГУ, 2008. – №6. – С. 94-99.
8. Венжик, Ю. В. Наночастицы золота в физиологии растений: основные эффекты и перспективы использования / Ю. В. Венжик, И. Е. Мошков, Л. А. Дыкман // Физиология растений. – 2021. – Т. 68, № 3. – С. 245-257.
9. Красочки, П. А. Анализ препаратов на основе наночастиц микроэлементов, применяемых в животноводстве и ветеринарии/ П. А. Красочки, Т. И. Лебедева, И. А. Красочки, А. Э. Станкуть, [и др.] // Сборник научных трудов СКНИИЖ, 2021. – С. 92-99.
10. Молчан, О. В. Влияние фуллерена на физиологико-биохимические параметры растений ячменя в гидропонной культуре / О. В. Молчан, Е. С. Зубей. Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск. – С 74-87.
11. Хлебникова, Д. А. Физиологические аспекты воздействия наночастиц на клетки растений и микроорганизмов / Д. А. Хлебникова, О. Б. Поливанова, М. В. Бойцова, И. И. Чеповой [и др.] // Тимирязевский биологический журнал. 2023. – №2. – С.77-92.
12. Буренина, А. А. Оценка воздействия высокодисперсных материалов на структурно-функциональные параметры растений на разных этапах развития / А. А. Буренина, Томск, – 2019 – 176 с.
13. Юрин, В. М. Нанофитофизиология – одно из перспективных направлений современной биологии / В. М. Юрин, О. В. Молчан // Известия Национальной академии наук Беларуси. Сериябиологическихнаук. – 2015. – № 4. – С. 122-128.
14. Хэ Яньни. Изучение агрегации наночастиц меди в водных суспензиях для прогнозирования ее влияния на корнеобразование высших растений / Яньни Хэ, Томск, 2021. – 64 с.
15. Rajput, V. Toxicity of copper oxide nanoparticles on spring barley (*Hordeum sativum distichum*) / V. Rajput, T. Minkina, A. Fedorenko, S. Sushkova [and others]. // Science of the Total Environment. – 2018. – Vol. 645.– P.1103-1113.
16. Ajey S. Effect of biologically synthesized copper oxide nanoparticles on metabolism and antioxidant activity to the crop plants *Solanum lycopersicum* and *Brassica oleracea* var. *Botrytis* / S. Ajey, N.B. Singh, H. Imtiyaz, S. Himani // Journal of Biotechnology. – 2017. – Vol. 262. – P.11-27.

17. Geisler-Lee J. Phytotoxicity, accumulation and transport of silver nanoparticles by *Arabidopsis thaliana* / J. Geisler-Lee, Q. Wang, Y. Yao, W. Zhang [and others] // Nanotoxicology. – 2017. – Vol. 7. – 323-337.

18. Farhat Y. Proteomic and physiological analyses of wheat seeds exposed to copper and iron nanoparticles / Y. Farhat, I. R. Naveed, R. Abdul, K. Setsuko // Biochimica et Biophysica Acta. – 2017. – Vol. 1865. – P. 28-42.

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ХИТИНА И ХИТОЗАНА ИЗ ПАНЦИРЕЙ РАКООБРАЗНЫХ И ПОДМORA МЕДОНОСНОЙ ПЧЕЛЫ *APIS MELLIFERA*

Уразова А.С., Стroganova Е.А., кандидат химических наук  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Аннотация: в статье проводится сравнительный анализ методов получения хитина и хитозана из двух источников: панцирей ракообразных и подмора медоносной пчелы *Apis mellifera*. Рассмотрены ключевые стадии процесса: деминерализация, депротеинизация и деацетилирование; выявлены особенности процессов для каждого типа сырья.

**Ключевые слова:** хитин, хитозан, деминерализация, депротеинизация, деацетилирование, панцири ракообразных, пчелиный подмор.

Хитозан – органическое вещество, принадлежащее классу полисахаридов. Хитозан является производным хитина – распространённого в природе биополимера, содержащегося в экзоскелете членистоногих, клеточных стенках грибов.

Хитин является линейным аминополисахародом, который состоит из N-ацетил-2-амино-2-дезокси-D-глюкопиранозных звеньев (рисунок 1).

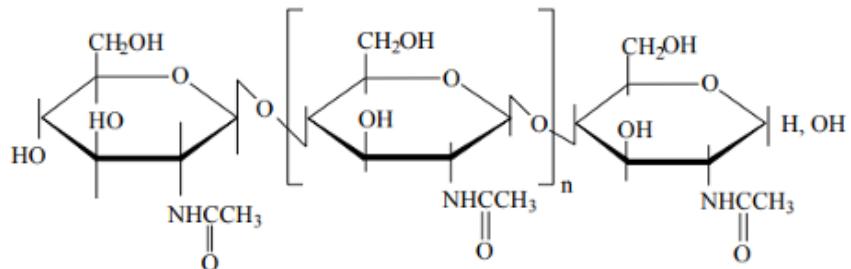
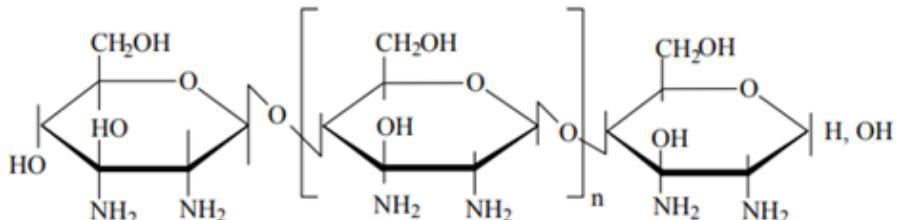


Рисунок 1 – Структурная формула хитина

Хитозан – это частично деацетилированный производный хитина, образующийся в результате удаления ацетильных групп из структуры N–ацетилглюказамина (рисунок 2) [1].

Получение хитина из панцирей ракообразных содержит два основных этапа: деминерализацию и депротеинизацию. Для этого предварительно сырьё высушивают и измельчают.



## Рисунок 2 – Структурная формула хитозана

В процессе деминерализации удаляются соли кальция, фосфаты и карбонаты. Деминерализация проводится путём обработки панцирём раствором соляной кислоты или других минеральных кислот, в качестве которых могут выступать азотная или серная кислоты, с концентрацией 1 – 3 М при комнатной температуре в течение 4 – 5 часов. Под действием кислоты нерастворимые в воде соединения кальция переходят в растворимые и удаляются вместе с фильтратом. Полученную массу фильтруют и промывают дистиллированной водой до нейтральной среды, сушат.

Депротеинизация осуществляется обработкой массы 1 М раствором гидроксида натрия для удаления белков панциря при температуре 60 – 100 °С в течение 2 часов. Полученная масса представляет собой хитин. Хитин промывают до нейтральной реакции промывных вод, сушат при температуре 50 °С.

Хитозан получают деацетилированием хитина обработкой концентрированным раствором гидроксида натрия при температуре 120 °С в течение 5 – 8 часов. По окончании процесса смесь фильтруют, промывают водой, на выходе сырьё представляет собой хитозан [2, 3].

Общая схема получения хитина и хитозана из панцирей ракообразных представлена ниже (рисунок 3).

Получение хитина и хитозана из подмора медоносной пчелы *Apis mellifera*. Процесс имеет существенные отличия, обусловленные составом сырья. Пчелиный подмор, помимо хитинового покрова, содержит большое количество белков, жиров, меланина и значительно меньше минеральных веществ. Благодаря малому содержанию минералов (около 3 – 6 %) в пчелином подморе по сравнению с панцирями ракообразных (около 30 – 50 %), этапом деминерализации можно пренебречь. Следы минералов удаляются на этапах с щёлочью, которая удаляет белки, попутно растворяя и незначительное количество солей [4].

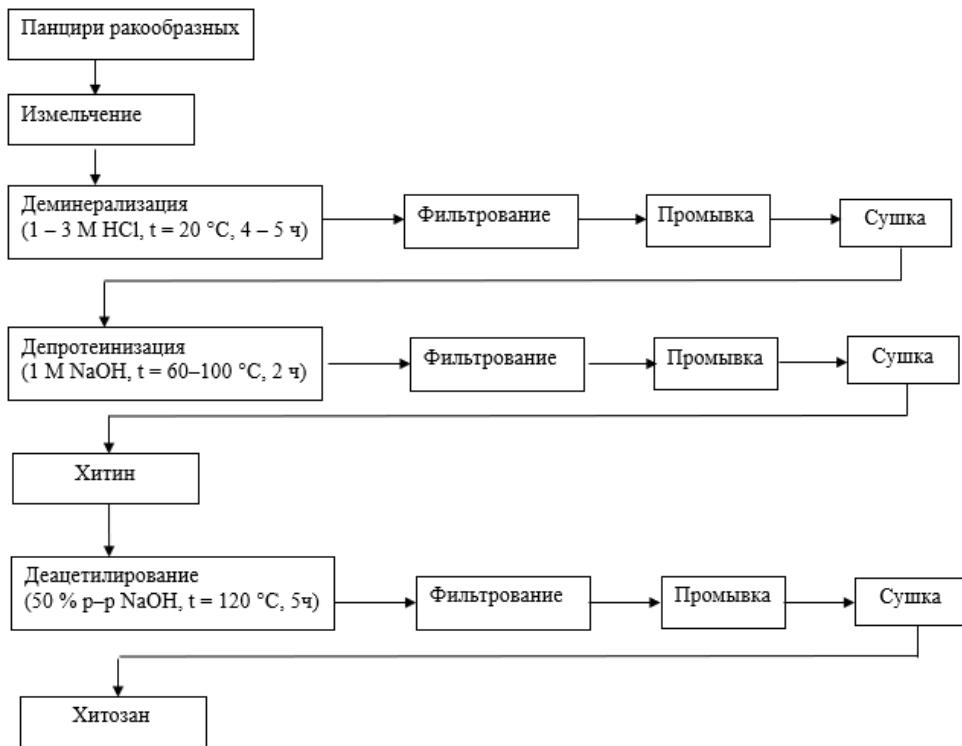


Рисунок 3 – Общая схема получения хитина и хитозана из панцирей ракообразных

Первым этапом осуществляется подготовка сырья. Для этого подмор тщательно просеивают от мусора, измельчают и обезжирают. Стадия обезжиривания является критически важной и проводится с использованием органических растворителей или щелочных растворов.

Депротеинизация является основной стадией, так как содержание белка в подморе очень высокое. Проводится путём обработки 2 – 4 М гидроксидом натрия при температуре 80 °C в течение 2 часов. Массу фильтруют, промывают до нейтральной среды и сушат при комнатной температуре.

Хитозан получали деацетилированием хитина аналогично процессу для ракообразных [5].

Общая схема получения хитина и хитозана из подмора медоносной пчелы *Apis mellifera* представлена на рисунке 4.

Проведенный анализ показывает, что оба источника пригодны для получения ценных биополимеров, но имеют свои преимущества и недостатки. Панцири ракообразных – это источник с высоким выходом конечного продукта и хорошо отработанной, предсказуемой технологией. Однако процесс является ресурсоемким: требует больших объемов кислот и щелочей. Процесс деминерализации в обработке пчелиного подмора проходит легче и требует меньше кислот. Ключевым недостатком является низкий выход хитина на единицу массы сырья и сложность удаления сопутствующих компонентов (жиров, меланина), которые могут придавать хитозану темный цвет и требовать дополнительных стадий очистки.

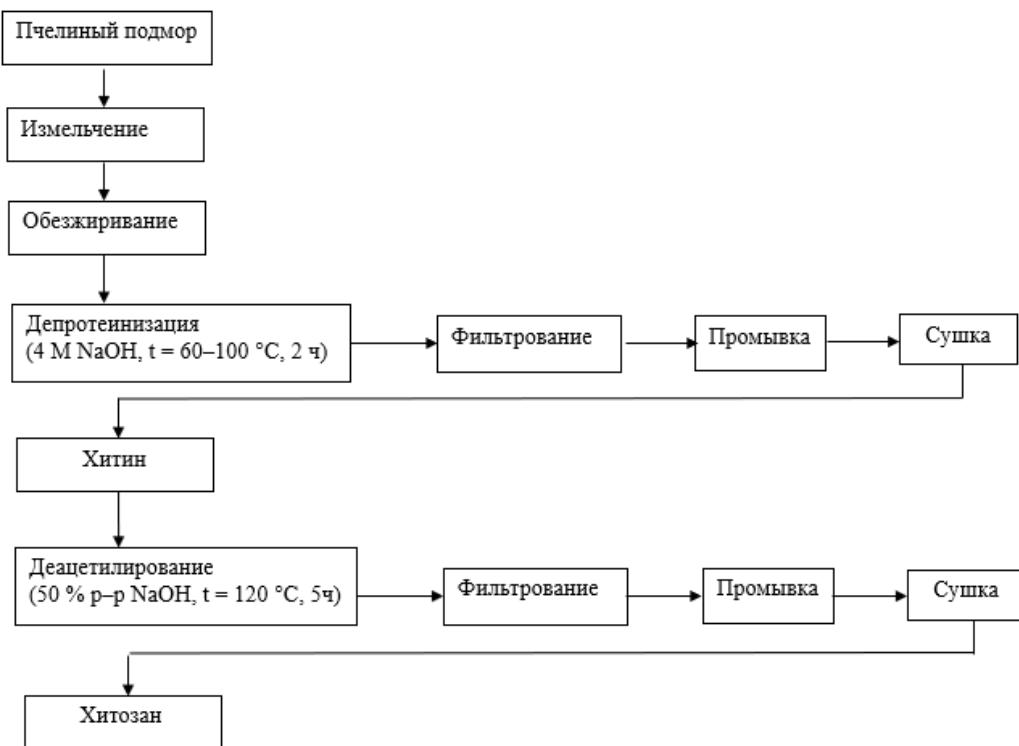


Рисунок 4 – Общая схема получения хитина и хитозана из подмора медоносной пчелы *Apis mellifera*.

Оба источника – панцири ракообразных и пчелиный подмор – являются перспективным сырьем для получения хитина и хитозана. Выбор источника зависит от целевого применения конечного продукта, доступности сырья и экономической целесообразности.

#### Список литературы

1. Скрябина, Г.К. Хитин и хитозан: получение, свойства и применение / К.Г. Скрябина, Г.А. Вихоревой, В.П. Варламова. – М.: Наука, 2002. – 368 с.
2. Погарская Н.В., Селионова М.И., Бинатова В.В. Получение хитозан меланинового комплекса из подмора пчел и определение его физико – химических и биологических характеристик // Веткорм. 2008. Т. 6. С. 28–29.
3. Draczynski Z. Honeybee Corpses as an Available Source of Chitin // J. Appl. Polym. Sci. 2008. V. 109. P. 1974–1981
4. Немцев, С. В. Комплексная технология хитина и хитозана из панциря ракообразных / С.В. Немцев. – М.: ВНИРО, 2006. – 134 с.
5. Ихтиярова Г.А. Новая технология получения воспроизводимых биополимеров хитина и хитозана из подмора пчел. Журнал Химия и химическая технология. – Ташкент, 2017. – №4. – С. 33-37.

# **МИКРОБНАЯ РЕМЕДИАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ**

**Федосеева В. Р., Хардикова С. В., кандидат биологических наук  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** работа посвящена исследованию восстановления загрязненных почв различных типов, микробной ремедиации нефтезагрязненных почв, механизму метаболизма углеводорода бактериями и применением ремедиации в условиях Оренбургской области.

**Ключевые слова:** *ремедиация, почвы, нефтепродукты, очистка почв, Оренбургская область, микроорганизмы.*

Разливы нефти и нефтепродуктов при эксплуатации месторождений, их перевозке и использовании приводят к негативным изменениям почвенного покрова. Его состояние является основополагающим для развития биоразнообразия. Влияние нефти и нефтепродуктов на почву может приводить к различной по степени деградации почв от ухудшения в той или иной степени ее свойств, утраты ею функций как элемента экосистемы до полного разрушения почвы.

При попадании нефти на почву происходит ее просачивание в глубокие слои, вплоть до подземных вод. В органогенных горизонтах высокомолекулярные соединения нефти, содержащие смолисто-асфальтеновые вещества и циклические соединения, аккумулируются, становясь мало разлагаемыми и ухудшая водный баланс почв. Легкие фракции проникают намного глубже, но они являются подвижными, и большая их часть разлагается в течение 1-2 лет. Также эксперименты показали, что легкие фракции нефти легко включаются в органическую составляющую гумусовых кислот, увеличивая содержание гумусовых веществ.

Поступление в почву нефти сказывается на всех свойствах почвы: изменяет свойства, стирает черты естественного профиля, происходит уплотнение сложения. Все это вызывает сокращение растительного и животного разнообразия на загрязненной территории, снижение или полную потерю плодородия почвы [1]. Для отчистки почв и возвращения им плодородных свойств без антропогенных следов был разработаны технологии ремедиации.

Ремедиация – комплекс мероприятий, направленных на очистку и восстановление свойств природных сред, в частности почв, грунтов, донных осадков [2].

Для ремедиации почв применяются технологии, основанные на окислении и разрушении токсического вещества или их связывании или трансформации в менее токсичные соединения.

Методы ремедиации принято делить на небиологические — механические (в том числе и термические), физико-химические и химические (стабилизация и отвержение), биологические и комбинированные. Также их делят по месту отчистки грунтов: требующие изъятия почв (on site, ex situ) и транспортировки

загрязненной почвы на специализированные полигоны или заводы для очистки и производящиеся на месте загрязнения (*in situ*).

Микробная ремедиация почв может происходить путем нескольких основных операций:

При слабом загрязнении – обработка почвы и воды *in situ*, путём стимулирования роста природных микроорганизмов деструкторов, аэрации и введения питательных веществ;

При среднем загрязнении – внесение в почву и воду *in situ* биокатализаторов на основе ферментов, суспензий или лиофилизованных бактерий деструкторов, иммобилизованных ферментов и бактерий-деструкторов или консорциумов микроорганизмов;

При сильном загрязнении – обработка почвы и воды *in situ* иммобилизованными ферментными препаратами с последующим внесением иммобилизованных бактерий-деструкторов, устойчивых к большим концентрациям экотоксикантов [3].

В случае, когда загрязнение является высокотоксичным (при среднем и сильном загрязнении) и глубина залегания токсиканта значительна, процессы самоочищения почв становятся неэффективны – приходится использовать биопрепараты и ферменты, такие как иммобилизованные клетки бактерий-деструкторов. Делают их высокоэффективными в условиях сильных загрязнений следующие качества: ферментативный процесс гидролиза токсичных соединений может происходить при любой среде будь она слабощелочная, слабокислая или нейтральная; скорость этих реакций достаточно высокая, что дает преимущество в условиях ограниченного времени; ферменты таких бактерий совместимы с любыми биологическими системами, что обеспечивает экологическую безопасность очистки.

Способность к питанию нефтяными субстратами у бактерий связана с их особенностями метаболизма и строения – наличием гидрофобной клеточной поверхности. При деструкции углеводородов необходим прямой контакт клетки с субстратом. Обеспечивается он липидами, содержащимися в клеточной стенке таких организмов. Более того, отмечается, что от величины количественного содержания липидов в клеточной стенке прямо зависит активность поглощения углеводородов. Если же бактерия не содержит достаточного количества липидов, то она выделяет биоэмультгатор, включающий в свой состав рамнозу (дезоксисахар), жирные кислоты и аминокислоты у *Pseudomonas* и галктозамин, аминоуроновую и жирные кислоты у *Acinobacter*. Также особенностью бактерий, способных окислять нефть и нефтепродукты, является содержание в клеточной стенке миколовые кислоты, которая обеспечивает транспорт молекул поллютанта в клетку. Углеводороды попадают в клетку бактерии при помощи пассивной диффузии и через ультрамикроскопические поры, заполненные электроноплотным веществом. Оба процесса не требуют энергетических затрат [4].

На данный момент при микробной ремедиации используются биопрепараты, содержащие споры отдельных штаммов микроорганизмов, способных окислять углеводороды, такие как «Путидойл» и «Олеворин», и

конгломерации бактерий – препарат «Деворойл». Для повышения эффективности биодеградации нефти и нефтепродуктов чаще используются смешанные культуры, состоящие из двух и более штаммов [5] из-за более стабильного поведения в различных условиях – при расширении интервала температуры, рН, солености и концентрации загрязнителя, к тому же полибактериальные препараты обладают более широким набором ферментов, которые способны более действенно разрушать различные составляющие нефти. Также в состав биопрепаратов-нефтедеструкторов могут входить различные добавочные компоненты, такие как сорбенты, носители, стабилизаторы, ферменты, различные органические и минеральные вещества [6].

Почвы Оренбургской области в основном составляют черноземы (самые распространенные – обыкновенные). На юге области представлены темно-каштановые почвы и солончаки, на севере же серые лесные. По причине такого разнообразия при загрязнении почв углеводородами, являющимися составляющими веществами нефти, наблюдаются различные изменения свойств почв и требуются различные препараты для микробиологической ремедиации.

Влияние углеводородных загрязнений на свойства черноземов были изучены в работе Шориной Т. С [7]. В данном исследовании было выявлено, что для черноземов подходит значительная часть биопрепаратов, содержащих бактерии. Они эффективно работают с малыми дозами дополнительных субстратов из-за значительного содержания питательных веществ в почве, а также приводят к резкому возрастаю азотобактерий на протяжении всего эксперимента. Ответ на микробиологическую ремедиацию черноземы дают положительный, конкуренции с обычной для них микрофлоры низкий.

#### Список литературы

1. Гоголева О. А., Немцева Н. В. Углеводородокисляющие микроорганизмы природных экосистем // БОНЦ УрО РАН. — 2012. — № 2. — Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/uglevodorodokislyayuschie-mikroorganizmy-prirodnyh-ekosistem> (дата обращения: 08.09.2025).
2. Кузнецов А. Е. Прикладная экобиотехнология. Т. 1 / А. Е. Кузнецов [и др.]. — 2-е изд. (эл.). — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 629 с.
3. Ветрова А. А., Иванова А. А., Филонов А. Е., Забелин В. А., Гафаров А. Б., Соколов С. Л., Нечаева И. А., Пунтус И. Ф., Боронин А. М. Биодеструкция нефти отдельными штаммами и принципы составления микробных консорциумов для очистки окружающей среды от углеводородов нефти // Известия ТулГУ. Естественные науки. — 2013. — № 2-1. — Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/biodestruktsiya-nefti-otdelynymi-shtammami-i-principsy-sostavleniya-mikrobnyh-konsortsiumov-dlya-ochistki-okrughayuschey-sredy-ot> (дата обращения: 08.09.2025).
4. Коршунова Т. Ю., Четвериков С. П., Бакаева М. Д., Кузина Е. В., Рафикова Г. Ф., Четверикова Д. В., Логинов О. Н. Биоремедиация нефтезагрязнённых почв // Прикладная биохимия и микробиология. — 2019. — Т. 55, № 4. — С. 338–349.

5. Влияние нефтяного загрязнения на биоразнообразие и плодородие почв [Электронный ресурс] // Институт степи. — Режим доступа : <https://orensteppe.org/content/vliyanie-neftyanogo-zagryazneniya-na-bioraznoobrazie-i-plodorodie-pochv> (дата обращения: 08.09.2025).

6. Григориади А. С., [и др.]. Использование микробного препарата для рекультивации нефтезагрязнённой почвы различных типов // Вестник Башкирского университета. — 2011. — № 4. — Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-mikrobnogo-preparata-dlya-rekultivatsii-neftezagryaznennoy-pochvy-razlichnyh-tipov> (дата обращения: 08.09.2025).

7. Капля В. Н., Околелова А. А., Нефедьева Е. Э., Егорова Г. С., Белопухов С. Л. Биоаугментация нефтезагрязнённых почв [Электронный ресурс] // АгроЭкоИн-фо: электронный научно-производственный журнал. – 2023. — № 6. — Режим доступа : [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/6/st\\_630.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/6/st_630.pdf). — DOI: <https://doi.org/10.51419/202136630> (дата обращения: 09.09.2025).

## **Влияние нефтяных загрязнений на оптические свойства почв**

**Юдин А.А., Каныгина О.Н., доктор физико-математических наук,  
профессор, Сальникова Е.В., доктор биологических наук, доцент, Пелих В.В.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** Предложен способ определения массовой концентрации нефтепродуктов в различных типах почв путем оценки вариации значений коэффициентов отражения изображений, полученных с помощью смартфона.

Показано, что в пределах до 15% (масс.) наблюдается антибатная линейная зависимость при хорошей корреляции. Метод может быть разработан для конкретных типов почв. Метод является прямым, экспрессным.

**Ключевые слова:** почва, чернозем, нефть, изображения, коэффициенты отражения

Нефть – один из самых распространенных техногенных загрязнителей, поступающих в почву. С развитием нефтедобывающей промышленности возрастаёт ущерб, который наносится окружающей среде аварийными разливами нефти [1, 2]. Опасность химического загрязнения почвенного покрова приводит к необходимости экспрессного мониторинга содержания нефти в почве. Экологические последствия загрязнения зависят от того, как много и какочно почва удерживает поллютанты, как изменения влияют на плодородие почв и их экологические функции в биосфере [3,4].

Почва представляет собой многофазную, высокореакционную систему, в пределах которой происходят сложные процессы создания, миграции, разрушения разнообразных органических и неорганических [5,6] объектов. Изменения, возникающие в почве при загрязнении нефтью и нефтепродуктами (НП) зависят от количества загрязняющих веществ. Для загрязненных почв характерен более темный цвет по сравнению с фоновыми аналогами, большая плотность, наличие маслянистых и радужных пленок по граням структурных отдельностей в иллювиальных горизонтах, появление столбчатой структуры в нижней части профиля [7,8].

Экологический мониторинг – это комплекс мероприятий и инструментов для оценки экологического состояния окружающей среды, в том числе отдельных составляющих объектов биосферы [9], непосредственно касаются данной работы. Наукометрический анализ проблемы мониторинга состояния почв при опасности загрязнения нефтепродуктами показывает, что практически нет экспрессных и достоверных методов мониторинга почв в ареале нефтепроводов [6 – 8].

Цель настоящей работы – разработка экспрессного метода определения количества нефтяных загрязнений в почвах, оценка влияния загрязнения почв нефтепродуктами на значения интегральных коэффициентов отражения.

Оренбургская область почти целиком лежит в зоне черноземных почв (Ч), однако содержит и месторождения каолиновых (К), монтмориллонит

содержащих (М) и полиминеральных (ПМ) глин. Они выбраны объектами исследования [10].

Цветометрия – наука о методах измерения и количественного выражения цвета. Физической основой цветовосприятия является наличие специфических светочувствительных клеток в центральном участке сетчатки глаза с максимумами спектральной чувствительности в трех разных спектральных участках: красном (R), зелёном (G) и синем (B) [11]. Цветовая модель RGB [12, 13] широко используется в компьютерной индустрии, в изучении структуры керамических материалов [14]. В этой модели основным параметром считается интегральный коэффициент отражения (КО), измеряемый в процентах, рассчитывающийся по простой формуле:

$$KO = (R + G + B) / 3,$$

где значения компонент: R – красная, G – зеленая и B – голубая цветовых параметров, определяемые программно с помощью персонального компьютера в рамках 256 каналов.

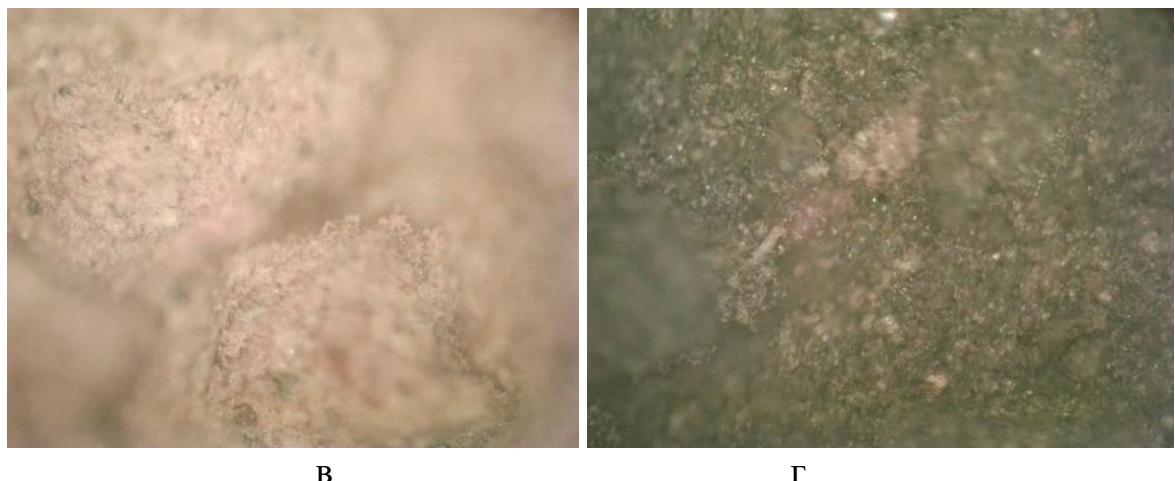
Изображения проб почв получали в двух режимах: с помощью оптического микроскопа (ОМ) при увеличении 90 крат (наблюданная площадь 5  $\text{мм}^2$ ) в отраженном свете и с помощью смартфона (СМАРТ), (наблюданная площадь 4  $\text{см}^2$ ). Типичные изображения поверхностей образцов показаны на рисунке 1. Значения коэффициентов отражения (КО), приведены на рисунке 2.

Изображения почв различаются цветом и коэффициентами отражения. При этом, съемка образцов с помощью смартфона более целесообразна, поскольку увеличиваются значения КО для каолина и, самое главное, чернозема, и кроме того, информацию можно получать сразу в месте разлива нефти. Эксперимент показал, что содержание нефти в почве до 15 % масс. Антибатны значениям КО (рисунок 3) и описываются линейными зависимостями с коэффициентами корреляции выше 0,95.



а

б



В

Г

Рисунок 1 – Изображения поверхностей проб каолиновой (а), монтмориллонит содержащей (б), полиминеральной (в) глин и чернозема (г), полученные с помощью оптического микроскопа; X90

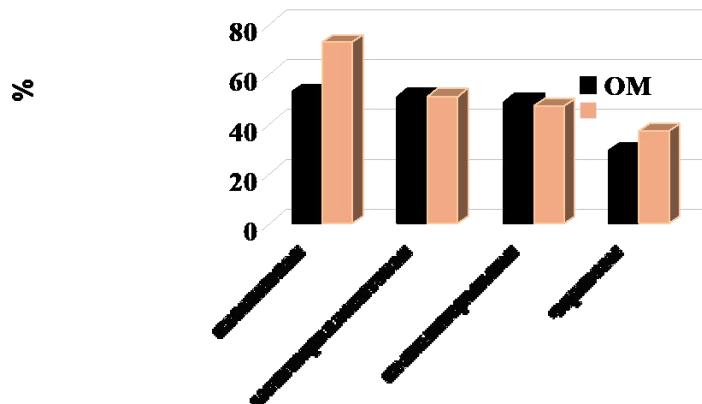


Рисунок 2 – Значения КО для исследованных образцов почв

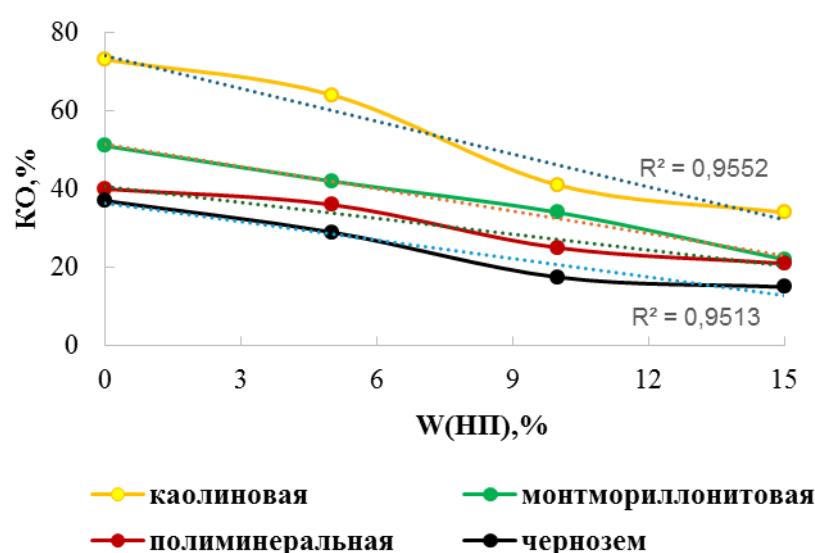


Рисунок 3 – Концентрационные зависимости значений КО от содержания нефтепродуктов в почвах

Среднее разрешение составляет от 4 до 1,5 канала на 1 %. Дальнейшая разработка метода для конкретных почв представляется весьма полезной.

### Список литературы

1. Белозерова, О. В. Химия нефти и газа / О. В. Белозерова. – Иркутск: Издательство ИрГТУ, 2011. – 96 с.
2. Пелих В. В., Биксентеев А. Р., Каныгина О. Н. Экологические проблемы при эксплуатации нефте-и газопроводов//сб.: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции, посвященной 70-летию Оренбургского государственного университета. Оренбург, 2025. – С.4766 – 4769.
3. Международная научная конференция «Современные проблемы загрязнения почв»// Почвоведение. 2005. №5. – С.634–637.
4. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2003 году. – Иркутск: Изд-во «Облмашинформ», 2004. – 296 с.
5. Добровольский, Г. В. Функция почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв) / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – Москва: Наука, 1990. – 261 с.
6. Добровольский, Г. В. Экология почв / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – Москва : Наука, МГУ, 2006. – 362 с.
7. Трофимов С. Я., Розанова М. С. Изменение свойств почв под влиянием нефтяного загрязнения // Деградация и охрана почв. М., 2002. – С. 359 – 373.
8. Спицин, Д. А. Химия нефти / Д. А. Спицин, Т.Л. Андреева. – Л.: Химия Ленингр. Отд-ние, 1984. – 360 с.
9. Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ (ред. от 21.11.2011) «Об охране окружающей среды» (принят ГД ФС РФ 20.12.2001).
10. Пелих В. В., Юдин А. А., Каныгина О. Н. Особенности экспресс-мониторинга состояния почв в ситуации экологических катастроф // сб.: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции, посвященной 70-летию Оренбургского государственного университета. Оренбург, 2025. – С.4760 – 4765.
11. Четверикова, А. Г. Структурные трансформации в оксидах, составляющих природные глины, под воздействием СВЧ-поля/ монография / А. Г. Четверикова, О. Н. Каныгина, М. М. Филяк; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, ФГБОУ "Оренбург. гос. ун-т". – Оренбург : ОГУ, 2021. – 208 с. : ил. – ISBN 978-5-7410-2621-2.
12. М. Д. Фершильд. Модели цветового восприятия, 2-е издание / John Wiley & Sons, Ltd, 2004 г. Режим доступа: [http://media-shoot.ru/books/Fershild Modeli\\_cvetovogo\\_vosprijatia.pdf](http://media-shoot.ru/books/Fershild Modeli_cvetovogo_vosprijatia.pdf).

13. Каныгина О.Н., Четверикова А.Г. Способ неразрушающего контроля структуры керамики. Патент ЕА №007190. Заявлено 21.02.2005; опубл. 25.08.2006.