

ISSN 2713-1572

2021

Том 11. № 2

ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ И РЕСУРСЫ



NATURAL SYSTEMS AND RESOURCES

Volume 11. No. 2

ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

VOLGOGRAD STATE UNIVERSITY

ISSN 2713-1572



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ
И РЕСУРСЫ**

2021

Том 11. № 2

**MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
OF THE RUSSIAN FEDERATION**

**NATURAL SYSTEMS
AND RESOURCES**

2021

Volume 11. No. 2



NATURAL SYSTEMS AND RESOURCES

2021. Vol. 11. No. 2

Academic Periodical

First published in 2011

4 issues a year

Founder:

Federal State Autonomous
Educational Institution
of Higher Education
“Volgograd State University”

The journal is registered in the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media (Registration Number **ПН № ФС77-74483** of November 30, 2018)

The journal is included into the **Russian Science Citation Index**

The journal is also included into the following Russian and international databases: **DOAJ** (Sweden), **Google Scholar** (USA), **Open Academic Journals Index** (Russia), **ProQuest** (USA), **VINITI Database RAS** (Russia), **“CyberLeninka” Scientific Electronic Library** (Russia), **“Socionet” Information Resources** (Russia), **IPRbooks E-Library System** (Russia), **E-Library System “University Online Library”** (Russia)

Editorial Staff:

Prof., Dr., Acad. of RAS *A.S. Rulev* – Chief Editor (Volgograd)

Prof., Dr. *V.V. Novochadov* – Deputy Chief Editor (Volgograd)

Assoc. Prof., Cand. *P.A. Krylov* – Executive Secretary and Copy Editor (Volgograd)

Editorial Board:

Prof., Dr. *L.A. Anisimov* (Volgograd); Prof., Dr. *S.A. Bartalev* (Moscow); Prof., Dr. *Yu.K. Vinogradova* (Moscow); Prof., Acad. of RAS *I.F. Gorlov* (Volgograd); Assoc. Prof., Dr. *E.A. Ivantsova* (Volgograd); Prof., Dr. *V.M. Klimenko* (Saint Petersburg); Prof., Acad. of RAS *K.N. Kulik* (Volgograd); Prof., Dr. *A.B. Mulik* (Saint Petersburg); Assoc. Prof., Dr., Acad. of RANH *M.G. Mustafayev* (Baku, Azerbaijan); Prof., Dr. *A.A. Okolelova* (Volgograd); Dr., Senior Researcher *M.V. Postnova* (Volgograd); Cand. *A.M. Pugacheva* (Volgograd); Assoc. Prof., Dr. *V.A. Sagalaev* (Volgograd); Prof., Dr., Corr. Member of RAS *M.I. Slozhenkina* (Volgograd); Prof., Dr. *V.V. Tanyukevich* (Novocherkassk); Prof., Dr. *A.V. Khoperskov* (Volgograd); Prof., Dr. *F.A. Shukurov* (Pishkek, Tajikistan)

Editor of English texts *E.A. Agarkova*

Making up: *Yu.A. Uskova*

Technical editing: *N.M. Vishnyakova*,
E.S. Reshetnikova

Passed for printing: Apr. 29, 2021.

Date of publication: June 4, 2021.

Format 60×84/8. Offset paper. Typeface Times.

Conventional printed sheets 7.0. Published pages 7.5.

Number of copies 500 (1st duplicate 1–56).

Order 98. «C» 11.

Address of the Editorial Office and the Publisher:

Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd.

Volgograd State University.

Tel.: (8442) 46-16-39. Fax: (8442) 46-18-48

E-mail: vestnik11@volsu.ru

Journal website: <https://ns.jvolsu.com>

English version of the website:

<https://ns.jvolsu.com/index.php/en/>

Open price

Address of the Printing House:

Bogdanova St, 32, 400062 Volgograd.

Postal Address:

Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd.

Publishing House of Volgograd State University.

E-mail: izvolgu@volsu.ru

ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ И РЕСУРСЫ

2021. Т. 11. № 2

Научно-теоретический журнал

Основан в 2011 году

Выходит 4 раза в год

Учредитель:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный университет»

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (регистрационный номер **ПИ № ФС77-74483** от 30 ноября 2018 г.)

Журнал включен в базу **Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)**

Журнал также включен в следующие российские и международные базы данных: **DOAJ** (Швеция), **Google Scholar** (США), **Open Academic Journals Index** (Россия), **ProQuest** (США), **ВИНИТИ** (Россия), **Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»** (Россия), **Соционет** (Россия), **Электронно-библиотечная система IPRbooks** (Россия), **Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»** (Россия)

Редакционная коллегия:

д-р с.-х. наук, проф., академик РАН **А.С. Рулев** – главный редактор (г. Волгоград)
д-р мед. наук, проф. **В.В. Новочадов** – зам. главного редактора (г. Волгоград)
канд. биол. наук, доц. **П.А. Крылов** – ответственный и технический секретарь (г. Волгоград)

Редакционный совет:

д-р геол.-минер. наук, проф. **Л.А. Анисимов** (г. Волгоград); д-р техн. наук, проф. **С.А. Барталев** (г. Москва); д-р биол. наук, проф. **Ю.К. Виноградова** (г. Москва); проф., академик РАН **И.Ф. Горлов** (г. Волгоград); д-р с.-х. наук, доц. **Е.А. Иванцова** (г. Волгоград); д-р мед. наук, проф. **В.М. Клименко** (г. Санкт-Петербург); проф., академик РАН **К.Н. Кулик** (г. Волгоград); д-р биол. наук, проф. **А.Б. Мулик** (г. Санкт-Петербург); д-р с.-х. наук, доц., академик РАН **М.Г. Мустафаев** (г. Баку, Азербайджан); д-р биол. наук, проф. **А.А. Околелова** (г. Волгоград); д-р биол. наук, ст. науч. сотр. **М.В. Постнова** (г. Волгоград); канд. с.-х. наук **А.М. Пугачева** (г. Волгоград); д-р биол. наук, доц. **В.А. Сагалаев** (г. Волгоград); д-р биол. наук, проф., чл.-кор. РАН **М.И. Сложеникина** (г. Волгоград); д-р с.-х. наук, проф. **В.В. Таниокевич** (г. Новочеркасск); д-р физ.-мат. наук, проф. **А.В. Хоперсков** (г. Волгоград); д-р мед. наук, проф. **Ф.А. Шукуров** (г. Пишкек, Таджикистан)

Редактор английских текстов **Е.А. Агаркова**

Верстка **Ю.А. Усковой**

Техническое редактирование **Н.М. Вишняковой,**

Е.С. Решетниковой

Подписано в печать 29.04 2021 г.

Дата выхода в свет: 04.06 2021 г.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 7,0. Уч.-изд. л. 7,5.

Тираж 500 экз. (1-й завод 1–56 экз.).

Заказ 98. «С» 11.

Свободная цена

Адрес редакции и издателя:

400062 г. Волгоград, просп. Университетский, 100.

Волгоградский государственный университет.

Тел.: (8442) 46-16-39. Факс: (8442) 46-18-48

E-mail: vestnik11@volsu.ru

Сайт журнала: <https://ns.jvolsu.com>

Англояз. сайт журнала: <https://ns.jvolsu.com/index.php/en/>

Адрес типографии:

400062 г. Волгоград, ул. Богданова, 32.

Почтовый адрес:

400062 г. Волгоград, просп. Университетский, 100.

Издательство

Волгоградского государственного университета.

E-mail: izvolgu@volsu.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ И БИОЛОГИЯ

Лызо Т.С., Корчагина А.А., Крылов П.А.
Морфофункциональная характеристика
пролиферации хондроцитов
при экспериментальном остеоартрозе у крыс 5

*Баранов С.Р., Деревщицова Л.В., Самитова А.Ф.,
Крылов П.А.* Влияние глюкозы
на морфофункциональные свойства
хондроцитов *in vitro* 12

Лызо Т.С., Корчагина А.А., Крылова А.С.
Экологические аспекты дентальной имплантации
в крупном промышленном центре
(на примере г. Волгограда) 19

Холоденко А.В., Горбова П.С. Оценка
экологических последствий изменения
пространственной организации природного парка
«Нижнехоперский» Волгоградской области 27

ГЕОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА

*Замяткина Ю.А., Кашин А.А., Кондратьева О.А.,
Мухаметшин И.Р.* Реконструкция кампуса
«Фертики» Удмуртского госуниверситета:
ландшафтное обоснование дизайн-проекта 35

РЕСУРСОВЕДЕНИЕ

*Аманбаева Б.Ш., Жапаркулова Е.Д., Мустафаев М.Г.,
Мосиеж Д.* Оценка и метод управления
водными ресурсами в бассейне реки Аса 49

НОВЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

*Захарова О.А., Мусаев Ф.А., Мустафаев М.Г.,
Кучер Д.Е., Мустафаев Ф.М.* Производство
экологически безопасной продукции при обработке
растений препаратом на основе биогумуса 56

Оганесян Е.А., Колесниченко Ю.В., Срослова Г.А.
Прогрессивные схемы
и способы получения спирта-ректификата,
применяемые в России и за рубежом 66

CONTENTS

ECOLOGY AND BIOLOGY

Lyzo T.S., Korchagina A.A., Krylov P.A.
Morphofunctional Characteristics
of Chondrocyte Proliferation
in Experimental Osteoarthritis in Rats 5

*Baranov S.R., Derevshchikova L.V., Samitova A.F.,
Krylov P.A.* Effect of Glucose
on Morphofunctional Properties
Chondrocytes in Vitro 12

Lyzo T.S., Korchagina A.A., Krylova A.S.
Environmental Aspects of Dental Implantation
in a Large Industrial Center
(On the Example of Volgograd) 19

Kholodenko A.V., Gorbova P.S. Environmental Impact
Assessment of the Spatial Organization
of the Nizhnekhopersky Natural Park
of the Volgograd Region 27

GEOGRAPHY AND GEOINFORMATICS

*Zamjatina Yu.A., Kashin A.A., Kondrat'eva O.A.,
Muhametshin I.R.* Reconstruction
of the Fertiki Campus of the Udmurt State University:
Landscape Justification of the Design Project 35

RESOURCE STUDIES

*Amanbayeva B.S., Zhaparkulova E.D., Mustafayev M.G.,
Mosiej J.* Assessment and Method of Water Resources
Management in the Asa River Basin 49

NEW BIOTECHNOLOGIES IN THE AGROINDUSTRIAL COMPLEX

*Zakharova O.A., Musaev F.A., Mustafayev M.G.,
Kucher D.E., Mustafayev F.M.* Production
of Ecologically Safe Products When Processing Plants
with a Preparation Based on Biohumus 56

Oganesyanyan H.A., Kolesnichenko Yu.V., Sroslova G.A.
Progressive Schemes and Methods
of Obtaining Rectified Alcohol Applied
in Russia and Abroad 66



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.1>

UDK 576.7

LBC 28.06

MORPHOFUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF CHONDROCYTE PROLIFERATION IN EXPERIMENTAL OSTEOARTHRITIS IN RATS

Tatyana S. Lyzo

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Anastasia A. Korchagina

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Pavel A. Krylov

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. Osteoarthritis is one of the most common degenerative joint diseases. The study of the causes of its occurrence and development is relevant to this day. The lack of data on the causes of its occurrence and development complicates the treatment process. It is known that with the development of this disease, the proliferation of chondrocytes in the articular cartilage progresses at different stages, but the mechanism of this process is poorly understood. An increase in proliferation leads to a sharp increase in the process of autophagy, which in turn affects a decrease in the lubricating function of both cartilage and synovial fluid, which leads to an irreversible stage of joint degeneration. The problem of reducing the viscoelastic properties of cartilage can be solved by introducing natural chondroprotectors, one of which is surfactant proteins. To study the proliferative properties, a research work was carried out, during which osteoarthritis was experimentally simulated in Wistar rats by introducing a solution of medical talc. This led to a decrease in the lubricating function of the synovial fluid and an increase in the number of chondrocytes. However, when using a lubricant based on a substance containing surfactant proteins, the lubricating function of the synovial fluid improved, which contributed to the restoration of cartilage in osteoarthritis.

Key words: osteoarthritis, proliferation, chondrocytes, articular cartilage, synovial fluid, surfactant.

Citation. Lyzo T.S., Korchagina A.A., Krylov P.A. Morphofunctional Characteristics of Chondrocyte Proliferation in Experimental Osteoarthritis in Rats. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 5-11. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.1>

УДК 576.7

ББК 28.06

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЛИФЕРАЦИИ ХОНДРОЦИТОВ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ОСТЕОАРТРОЗЕ У КРЫС

Татьяна Сергеевна Лызо

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Анастасия Александровна Корчагина

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Павел Андреевич Крылов

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Остеоартроз является одним из распространенных дегенеративных заболеваний суставов. Изучение причин его возникновения и развития актуально и по сей день. Отсутствие данных о причинах его возникновения и развития усложняет процесс лечения. Известно, что при развитии данного заболевания пролиферация хондроцитов в суставном хряще прогрессирует на разных стадиях, однако механизм данного процесса малоизучен. Повышение пролиферации приводит к резкому увеличению процесса аутофагии, что в свою очередь влияет на уменьшение смазочной функции как у хряща, так и у синовиальной жидкости, что приводит к необратимой стадии дегенерации сустава. Решить проблему снижения вязко-эластичных свойств хряща можно при помощи введения природных хондропротекторов, одними из которых являются белки сурфактанты. Для изучения пролиферативных свойств была проведена исследовательская работа, в ходе которой было у крыс линии вистар был экспериментально смоделирован остеоартроз путем введения раствора медицинского талька. Это приводило к снижению лубрикативной функции синовиальной жидкости и увеличению численности хондроцитов. Однако при использовании лубриканта на основе субстанции, содержащей белки сурфактанта, улучшилась смазочная функция синовиальной жидкости, что способствовало восстановлению хряща при остеоартрозе.

Ключевые слова: остеоартроз, пролиферация, хондроциты, суставной хрящ, синовиальная жидкость, сурфактант.

Цитирование. Лызо Т. С., Корчагина А. А., Крылов П. А. Морфофункциональная характеристика пролиферации хондроцитов при экспериментальном остеоартрозе у крыс // Природные системы и ресурсы. – 2021. – Т. 11, № 2. – С. 5–11. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.1>

Введение

Остеоартрозом называют заболевание суставов, которое затрагивает субхондральную кость, суставной хрящ, синовиальную оболочку и связки и приводит к таким последствиям, как повреждение хряща, образование остеофитов и изменение субхондральной кости и мениска [7; 11].

Суставной хрящ – это упругая эластичная ткань, которая выполняет смазочную функцию для соединения и смягчения нагрузки на субхондральную кость [8; 10]. Он состоит из хондроцитов, заключенных во внеклеточный матрикс, которые располагаются в четырех зонах: поверхностной, средней, глубокой и кальцинированной (кальцифицированной) [1; 13]. В нормальном состоянии они синтезируют матричные белки: коллагеновые волокна, обеспечивающие прочность хряща, и протеогликаны отвечающие за устойчивость к давлению. При развитии остеоартроза хрящевая матрица видоизменяется. Первоначально у хондроцитов наблюдается повышение пролиферативных способностей, но в последствии они деградируют, что приводит к патологическому процессу [2; 3; 5]. За счет повышенной пролиферации развивается аутофагия – процесс апоптоза при наличии гиперклеточности

хондроцитов, который сначала резко усиливается, а затем уменьшается в клетках, измененных остеоартрозом [4; 5; 14].

Помимо суставного хряща остеоартроз воздействует также и на синовиальную жидкость, которая заполняет полость суставов и выполняет роль смазочного покрытия и источника питания для поверхностей суставов [6; 12]. При развитии остеоартроза в синовиальной жидкости скапливаются медиаторы воспаления и продукты разрушения хряща, а также вырабатываемые при синовиальном воспалении противовоспалительные медиаторы и, следовательно, протеолитические ферменты, приводящие к разрушению хряща. Это приводит к потере функциональных способностей синовиальной жидкости, что мешает нормальному функционированию и физическому ограничению движения сустава [2; 9].

Материалы и методы

Работа проводилась на 15 белых крысах линии Wistar. Содержание животных и выведение их из опыта осуществлялось согласно приказу «Правила проведения работ с использованием экспериментальных животных» и директиве Европейского Парламента и Сове-

та Европейского Союза 2010/63/ЕС о защите животных, используемых в научных целях.

Для экспериментальной части изымались обе пары коленных суставов у всех особей. Были сформированы 4 группы: интактная группа, ОА 3 недели, ОА 6 недель и ОА 6 недель с добавлением сурфактант-ассоциированных белков.

Были изучены: норма, введение медицинского талька и введение вещества, содержащего белки-сурфактанты. Для ускорения стирания суставной поверхности, в коленный сустав вводился медицинский тальк. Для улучшения смазочной функции синовиальной жидкости в остеоартрозный сустав вводились белки-сурфактанты, для контроля проводилась ложная операция – введение стерильного физиологического раствора.

При введении в суставной хрящ медицинского талька, физраствора, смазывающей субстанции, а также выведении животных из эксперимента использовалось миорелаксирующее вещество «Рометар».

Целью первой серии исследования являлось моделирование экспериментального ОА путем внутрисуставного введения раствора медицинского талька. Медицинский тальк («АГАТ-МЕД», Россия) вводили в суставную полость в соотношении физиологического раствора к стерильному медицинскому тальку 5:1. Непосредственно в сустав инъецировали раствор в объеме 0,2 миллилитра. В этой модели экспериментов животных выводили из него через 3 недели и 6 недель.

Для второй серии экспериментов в суставную полость вводили смесь, содержащую сурфактант-ассоциированные белки и фосфолипиды. Сначала животным моделировали остеоартроз путем введения раствора медицинского талька. Через 3 недели вводили смесь, содержащую белки сурфактанта в концентрации 40 миллиграмм на миллилитр. Одну группу выводили сразу, вторую – через 3 недели.

Протокол подготовки суставного материала для гистологического исследования:

1. После выведения животных из эксперимента изымался коленный сустав.

2. С боковой стороны делали надрез до суставной полости.

3. В растворе 10%-го формалина коленные суставы фиксировали в течение 24–48 часов.

4. Суставы очищали от раствора формалина проточной водой в течение 2–3 часов, затем оставляли в воде на 12–24 часа.

5. Декальцинация. Объем декальцинирующего раствора должен минимум в 25 раз преобладать над объемом декальцинируемого материала. Раствор меняли каждые 48 часов и постоянно перемешивали.

6. Декальцинированный материал подрезали при необходимости.

7. Полученную костную ткань разрезали на микротоме.

8. Для этапа демаскировки антигена использовали 10 мМ цитратный буфер. Стекла с нарезанным микропрепаратом упаковали в пластиковые держатели и поместили в ванночку. Демаскировку антигена провели в микроволновой печи мощностью 700 Вт, при температуре 90–95 градусов, в течение 20 минут.

9. Остужали при комнатной температуре в течение 15–20 минут.

10. Полученные гистологические срезы окрашивали сафранином–О и гематоксилин–эозин.

Морфофункциональное исследование. В качестве основных морфометрических критериев использовали следующие параметры: радиальную толщину хрящ (мкм.), численную плотность хондроцитов ($1/\text{мм}^2$), площадь лакун (мкм^2) и количество хондроцитов в лакунах (ед.), ядерно-цитоплазматическое отношение (безразмерная величина).

Для оценки степени развития ОА использовали шкалу полуколичественной оценки Н. Mankin в модификации V.B. Krauset et al.

Результаты и обсуждение

1. Снижение лубрикативных свойств синовиальной жидкости при экспериментальном ОА привело к структурным изменениям суставного хряща.

В промежуточной зоне зафиксировано увеличение размеров и численной плотности клеток, пикноз ядер, усиленная пролиферация клеток. В одной изогенной группе количество хондроцитов было в 2 раза больше, чем у интактных животных.

Радиальная толщина хряща на всех неделях эксперимента в 2 раза меньше в сравнении с интактным суставным хрящом.

Численная плотность хондроцитов выросла в 2,5 раза на 3-й неделе во всех зонах. На 6-й неделе численная плотность в промежуточной и глубокой зонах по отношению к интактным животным выросла почти в 5 раз, а в промежуточной зоне была в 3,75 раз выше.

На 6-й неделе эксперимента ядерно-цитоплазматическое отношение было в 3 раза меньше, чем в суставном хряще интактных животных. С уменьшением данного показателя возрастало количество хондроцитов.

2. После введения лубриканта на основе субстанции, содержащей белки сурфактанта, в суставном хряще наблюдалось увеличение концентрации компонентов хрящевого матрикса в промежуточной зоне. На изображениях суставного хряща коленного сустава крысы в группе с экспериментальным ОА на 3-й неде-

ле были выявлены патологические изогенные группы хондроцитов. На 6-й неделе эксперимента после введения субстанции было заметно снижение повреждений поверхностной зоны. К 6-й неделе в промежуточной зоне снизилось количество патологических изогенных групп (рис. 1).

Радиальная толщина хряща незначительно выросла после введения субстанции, содержащей сурфактантные белки, по сравнению с контрольной и экспериментальной группой (ОА6). Численная плотность хондроцитов в промежуточной зоне не отличалась от экспериментальной группы, но при этом была в 2 раза выше по сравнению с контрольной. Численная плотность в промежуточной и глубокой зонах после введения смазывающей субстанции снизилась в 1,5 раза, в сравнении с

Таблица 1

Модель экспериментального ОА

Модель	Временной интервал	Количество животных	Количество суставов
Интактные животные	Начальный этап	3	6
Снижение смазочной функции синовиальной жидкости, для ускорения стирания суставной поверхности			
Введение медицинского талька	3 недели	3	6
	6 недель	3	6
Повышение смазочной функции синовиальной жидкости при экспериментальном остеоартрозе			
Введение вещества, содержащего белки сурфактанта	Контроль	3	6
	6 недель	3	6

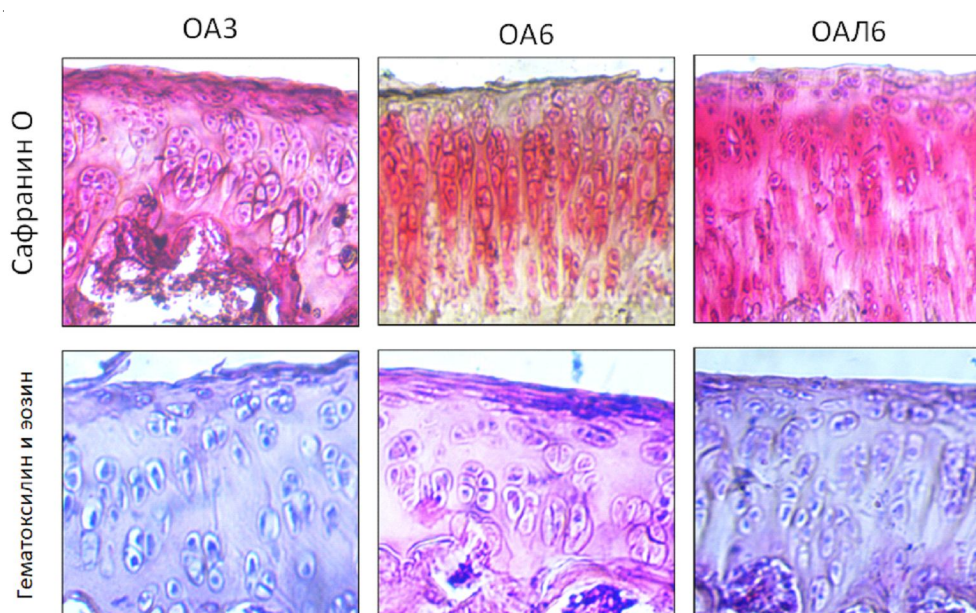


Рис. 1. Суставной хрящ коленного сустава крысы при разных условиях эксперимента. Окраска Сафранином О, Гематоксилином и эозином. Увеличение x240

экспериментальной группой, но при этом в 2 раза выше, чем в контрольной. Ядерно-цитоплазматическое соотношение незначительно возросло на 6-й неделе после введения субстанции (см. рис. 2).

Выводы

Выявлено, что снижение лубрикативной функции синовиальной жидкости приводит к развитию остеоартроза, и на 6-й неделе был получен самый высокий балл по шкале V.B. Kraus. Происходит сильное повреждение поверхност-

ной зоны суставного хряща, при этом численная плотность хондроцитов значительно возрастает со сроком эксперимента. Повышается пролиферативная активность хондроцитов, но она обладает дегенеративным эффектом.

Также выявлено, что при введении субстанции, содержащей белки сурфактанта, происходит усиленная пролиферация хондроцитов.

Повышенная скорость деления клеток приводит к дегенерации сустава. Белки-сурфактанты в свою очередь являются природным хондропротекторами. Они способны улучшать смазочную функцию синовиальной жид-

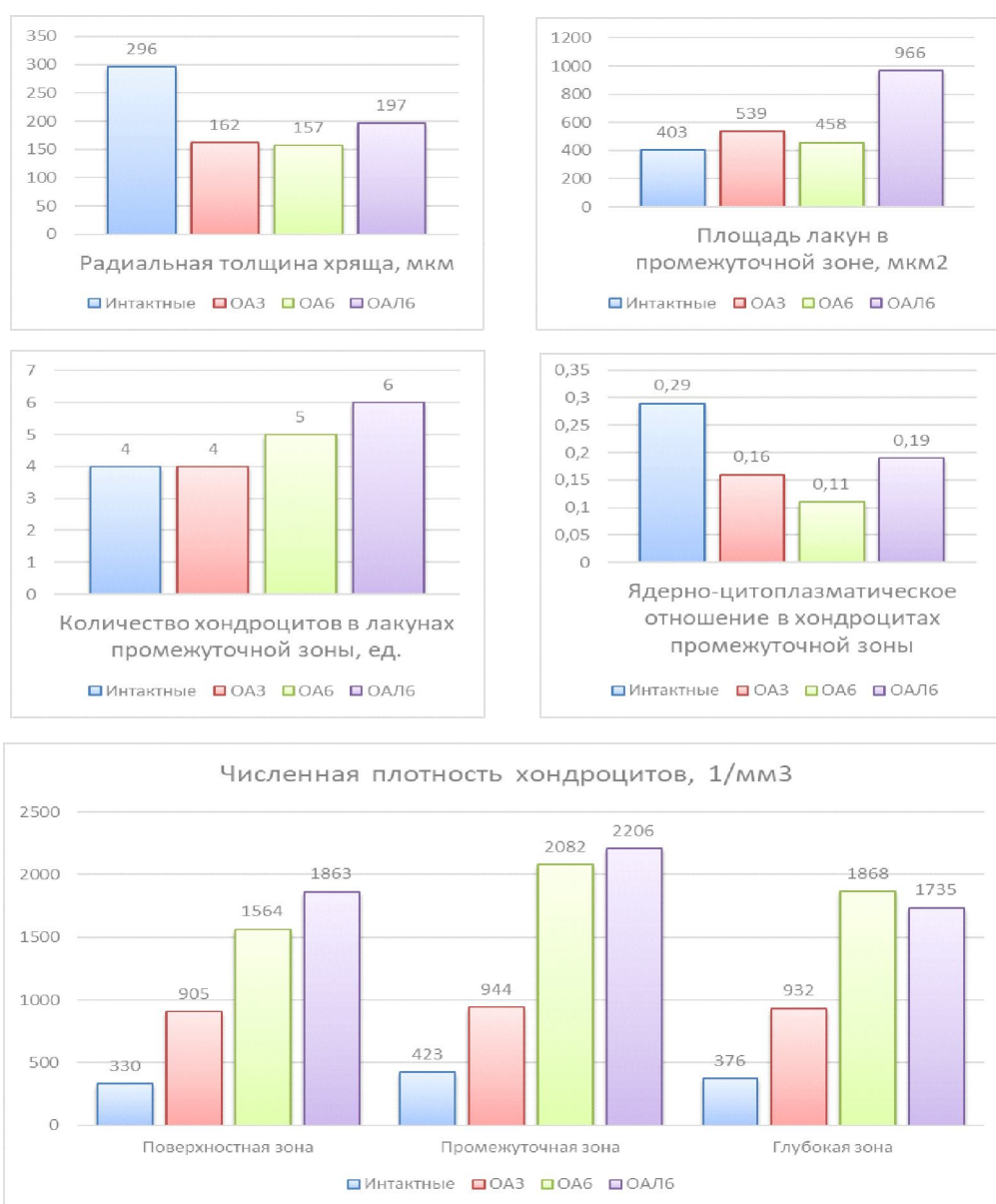


Рис. 2. Морфологические изменения параметров суставного хряща и изогенных хондроцитов промежуточной зоны при разных условиях эксперимента

кости. Сурфактантные белки могут быть использованы в качестве собственного хондропротектора, стимулирующего процесс восстановления при остеоартрозе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гайворонский, И. В. Анатомия и физиология человека / И. В. Гайворонский, Г. И. Ничипорук, А. И. Гайворонский. – М. : Академия. – 2011. – 495 с.

2. Морфология суставного хряща при экспериментальном остеоартрозе при коррекции состава синовиальной жидкости сурфактант-ассоциированными белками / П. А. Крылов [и др.] // Клиническая и экспериментальная морфология. – 2017. – Том. 23, № 3. – С. 50–55.

3. Basic Science of Articular Cartilage / C. Carballo [et al.] // Clinics in Sports Medicine. – 2017. – Vol. 36, № 3. – P. 413–425. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csm.2017.02.001>.

4. Biomarkers of Chondrocyte Apoptosis and Autophagy in Osteoarthritis / G. Musumeci [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2015. – Vol. 16, № 9. – P. 20560–20575. – DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms160920560>.

5. CircGcN1L1 Promotes Synoviocyte Proliferation and Chondrocyte Apoptosis by Targeting miR-330-3p and TNF- β in TMJ Osteoarthritis / Z. Huimin [et al.] // Cell Death & Disease. – 2020. – Vol. 11, № 4. – P. 284. – DOI: <https://doi.org/10.1038/s41419-020-2447-7>.

6. Compromised Autophagy Precedes Meniscus Degeneration and Cartilage Damage in Mice / J. Meckes [et al.] // Osteoarthritis and Cartilage. – 2017. – Vol. 25, № 11. – P. 1880–1889. – DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.joca.2017.07.023>.

7. D'Arcy, M. Cell Death: A Review of the Major Forms of Apoptosis, Necrosis and Autophagy / M. D'Arcy // Cell Biology International. – 2019. – Vol. 43, № 6. – P. 482–492. – DOI: <https://doi.org/10.1002/cbin.11137>.

8. Fibroblast-Like Synoviocyte Metabolism in the Pathogenesis of Rheumatoid Arthritis / M. F. Bustamante [et al.] // Arthritis Research & Therapy. – 2017. – Vol. 19, № 110. – DOI: <https://doi.org/10.1186/s13075-017-1303-3>.

9. Geyer M., Schönfeld C. Novel Insights into the Pathogenesis of Osteoarthritis / M. Geyer, C. Schönfeld // Current Rheumatology Reviews. – 2018. – Vol. 12, № 2. – P. 98–107. – DOI: <https://doi.org/10.2174/1573397113666170807122312>.

10. Inflammation and Epigenetic Regulation in Osteoarthritis / J. Shen [et al.] // Connective Tissue

Research. – 2017. – Vol. 58, № 1. – P. 49–63. – DOI: <https://doi.org/10.1080/03008207.2016.1208655>.

11. Multi-Omics Analysis of Synovial Fluid: A Promising Approach in the Study of Osteoarthritis / G. Vicenti [et al.] // Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents. – 2018. – Vol. 32, № 6. – P. 9–13.

12. Osteoarthritis Biomarker Responses and Cartilage Adaptation to Exercise: A Review of Animal and Human Models / M. Mazor [et al.] // Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. – 2019. – Vol. 29, № 8. – P. 1072–1082. – DOI: <https://doi.org/10.1111/sms.13435>.

13. Osteoarthritis: Implementation of Current Diagnostic and Therapeutic Algorithms / G. Meza-Reyes [et al.] // Revista medica del Instituto Mexicano del Seguro Social. – 2017. – Vol. 55, № 1. – P. 67–75.

14. T-Cells Interact with B Cells, Dendritic Cells, and Fibroblast-Like Synoviocytes as Hub-Like Key Cells in Rheumatoid Arthritis / X. Hu [et al.] // International Immunopharmacology. – 2019. – Vol. 70. – P. 428–434. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2019.03.008>.

REFERENCES

1. Gaivoronskii I.V., Nichiporuk G.I., Gaivoronskii A.I. *Anatomia i fiziologiya cheloveka* [Human Anatomy and Physiology]. Moscow, Academia Publ., 2011. 495 p.

2. Krylov P.A., Baydova K.V., Emelyanov N.V., et al. Morfologiya sustavnogo khryashcha pri eksperimental'nom osteoartroze pri korrektsii sostava sinovial'noy zhidkosti surfaktant-assotsiirovannymi belkami [Articular Cartilage Morphology in Experimental Osteoarthritis With and Without Modification of Synovial Fluid by Surfactant-Associated Proteins]. *Zhurnal klinicheskoy i eksperimental'noy morfologii* [Journal of Clinical and Experimental Morphology], 2017, vol. 23, no. 3, pp. 50-55.

3. Carballo C., Nakagawa Y., Sekiya I., et al. Basic Science of Articular Cartilage. *Clinics in Sports Medicine*, 2017, vol. 36, no. 3, pp. 413-425. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csm.2017.02.001>.

4. Musumeci G., Castrogiovanni P., Maria Trovato F., et al. Biomarkers of Chondrocyte Apoptosis and Autophagy in Osteoarthritis. *International Journal of Molecular Sciences*, 2015, vol. 16, no. 9, pp. 20560-20575. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms160920560>.

5. Huimin Z., Yihui H., Wang C., et al. CircGcN1L1 Promotes Synoviocyte Proliferation and Chondrocyte Apoptosis by Targeting miR-330-3p and TNF- β in TMJ Osteoarthritis. *Cell Death & Disease*, 2020, vol. 11, no. 4, p. 284. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41419-020-2447-7>.

6. Meckes J., Caramés B., Olmer M., et al. Compromised Autophagy Precedes Meniscus Degeneration and Cartilage Damage in Mice. *Osteoarthritis and Cartilage*, 2017, vol. 25, no. 11, pp. 1880-1889. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.joca.2017.07.023>.
7. D'Arcy M. Cell Death: A Review of the Major Forms of Apoptosis, Necrosis and Autophagy. *Cell Biology International*, 2019, vol. 43, no. 6, pp. 482-492. DOI: <https://doi.org/10.1002/cbin.11137>.
8. Bustamante M.F., Garcia–Carbonell R., Whisenant K.D., et al. Fibroblast–Like Synoviocyte Metabolism in the Pathogenesis of Rheumatoid Arthritis. *Arthritis Research & Therapy*, 2017, vol. 19, no. 110. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13075-017-1303-3>.
9. Geyer M., Schönfeld C. Novel Insights into the Pathogenesis of Osteoarthritis. *Current Rheumatology Reviews*, 2018, vol. 12, no. 2, pp. 98-107. DOI: <https://doi.org/10.2174/1573397113666170807122312>.
10. Shen J., Abu–Amer Y., O'Keefe R., et al. Inflammation and Epigenetic Regulation in Osteoarthritis. *Connective Tissue Research*, 2017, vol. 58, no. 1, pp. 49-63. DOI: <https://doi.org/10.1080/03008207.2016.1208655>.
11. Vicenti G., Bizzoca D., Carrozzo M., et al. Multi–Omics Analysis of Synovial Fluid: A Promising Approach in the Study of Osteoarthritis. *Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents*, 2018, vol. 32, no. 6, pp. 9-13.
12. Mazor M., Best T., Cesaro A., et al. Osteoarthritis Biomarker Responses and Cartilage Adaptation to Exercise: A Review of Animal and Human Models. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2019, vol. 29, no. 8, pp. 1072-1082. DOI: <https://doi.org/10.1111/sms.13435>.
13. Meza–Reyes G., Aldrete–Velasco J., Espinosa–Morales R., et al. Osteoarthrosis: Implementation of Current Diagnostic and Therapeutic Algorithms. *Revista Medica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 2017, vol. 55, no. 1, pp. 67-75.
14. Hu X., Wu Y., Zhang J., et al. T–Cells Interact with B–Cells, Dendritic Cells, and Fibroblast–Like Synoviocytes as Hub–Like Key Cells in Rheumatoid Arthritis. *International Immunopharmacology*, 2019, vol. 70, pp. 428-434. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2019.03.008>.

Information About the Authors

Tatyana S. Lyzo, Student, Department of Bioengineering and Bioinformatics, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, fkbcf-fkbcf@inbox.ru

Anastasia A. Korchagina, Student, Department of Bioengineering and Bioinformatics, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, nastya.korchagina09@gmail.com

Pavel A. Krylov, Candidate of Sciences (Biology), Associate Professor, Department of Bioengineering and Bioinformatics, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, krylov.pavel@volsu.ru

Информация об авторах

Татьяна Сергеевна Лызо, студент кафедры биоинженерии и биоинформатики, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, fkbcf-fkbcf@inbox.ru

Анастасия Александровна Корчагина, студент кафедры биоинженерии и биоинформатики, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, nastya.korchagina09@gmail.com

Павел Андреевич Крылов, кандидат биологических наук, доцент кафедры биоинженерии и биоинформатики, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, krylov.pavel@volsu.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.2>

UDC 576

LBC 22.311

EFFECT OF GLUCOSE ON MORPHOFUNCTIONAL PROPERTIES CHONDROCYTES IN VITRO

Sergey R. Baranov

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Lyudmila V. Derevshchikova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Alina F. Samitova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Pavel A. Krylov

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. Articular cartilage is a highly specialized dense connective tissue, and can be considered as a composite gel with a relatively low content (5%) of cells, chondrocytes, embedded in the extracellular matrix. Chondrocytes are the only cell type in articular cartilage and are responsible for the biosynthesis and catabolism of the extracellular matrix. Osteoarthritis, the most common cartilage disease, has many independent risk factors, among which is diabetes mellitus, which allows us to hypothesize that different glucose concentrations have a huge effect on the morphofunctional properties of chondrocytes in general and on the formation of osteoarthritis in particular. Despite numerous studies, the question of the effect of glucose on cartilage function is still open. In this regard, the study of morphofunctional changes in chondrocytes under the influence of various glucose concentrations is an urgent problem. The following results were obtained: an increase in the concentration of glucose in cell culture has a positive effect on cell viability and proteoglycan synthesis, but at an external glucose concentration of 25 mM, cells die, while the synthesis of proteoglycans remains at a high level. The higher the concentration of glucose in the nutrient medium, the larger the cell size, which is probably due to hypertrophy of chondrocytes. In the future, the results obtained will be useful for understanding the process of hypertrophy and identifying ways to control it, as well as for a detailed study of other biochemical processes.

Key words: morphology, chondrocyte, cell culture, glucose, proteoglycans.

Citation. Baranov S.R., Derevshchikova L.V., Samitova A.F., Krylov P.A. Effect of Glucose on Morphofunctional Properties Chondrocytes in Vitro. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 12-18. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.2>

УДК 576

ББК 22.311

ВЛИЯНИЕ ГЛЮКОЗЫ НА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ХОНДРОЦИТОВ *IN VITRO*

Сергей Романович Баранов

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Людмила Владимировна Деревщикова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Алина Фаритовна Самитова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Павел Андреевич Крылов

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Суставной хрящ представляет собой высокоспециализированную плотную соединительную ткань и может рассматриваться как композитный гель с относительно малым содержанием (5 %) клеток хондроцитов, внедренных во внеклеточный матрикс. Хондроциты являются единственным типом клеток в суставном хряще и отвечают за биосинтез и катаболизм внеклеточного матрикса. Остеоартроз – самое распространенное заболевание хрящей – имеет множество независимых факторов риска, среди которых есть сахарный диабет, что позволяет нам выдвинуть гипотезу об огромном влиянии различных концентраций глюкозы на морфофункциональные свойства хондроцитов в целом и на образование остеоартроза в частности. Несмотря на многочисленные исследования, до сих пор остается открытым вопрос о влиянии глюкозы на функции клеток хряща. В связи с этим изучение морфофункциональных изменений хондроцитов под влиянием различных концентраций глюкозы представляет актуальную задачу. Были получены следующие результаты: повышение концентрации глюкозы в клеточной культуре положительно влияет на жизнеспособность клеток и синтез протеогликанов, но при внешней концентрации глюкозы 25мМ клетки гибнут, при этом синтез протеогликанов остается на высоком уровне. Чем выше концентрация глюкозы в питательной среде, тем больше и размер клеток, что, вероятно, связано с гипертрофией хондроцитов. В дальнейшем полученные результаты пригодятся для понимания процесса гипертрофии и выявления способов ее контроля, а также для подробного изучения других биохимических процессов.

Ключевые слова: морфология, хондроцит, клеточная культура, глюкоза, протеогликаны.

Цитирование. Баранов С. Р., Деревщикова Л. В., Самитова А. Ф., Крылов П. А. Влияние глюкозы на морфофункциональные свойства хондроцитов *in vitro* // Природные системы и ресурсы. – 2021. – Т. 11, № 2. – С. 12–18. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.2>

Введение

Суставной хрящ представляет собой высокоспециализированную плотную соединительную ткань, и может рассматриваться как композитный гель с относительно малым содержанием (5 %) клеток, хондроцитов, внедренных во внеклеточный матрикс [7]. Хондроциты являются единственным типом клеток в суставном хряще и отвечают за биосинтез и катаболизм внеклеточного матрикса.

Внеклеточный матрикс гиалинового хряща главным образом состоит из коллагена типа II (COL2A1) и агрекана (ACAN) [2]. Эти составляющие обеспечивают скольжение внутри суставов, наименьшее трение и повышенный уровень износоустойчивости [1; 6]. Коллаген типа II является основной макромолекулой внеклеточного матрикса, которая обеспечивает структурную поддержку хряща. Его усиленная деградация и последующая потеря с сопутствующей эрозией хряща является ключевой характеристикой остеоартроза – самого распространенного заболевания хрящей.

Остеоартроз имеет множество независимых факторов риска, среди которых есть сахарный диабет. Это позволяет нам выдвинуть гипотезу, что различные концентрации глюкозы могут оказывать огромное влияние на морфофункциональные свойства хондроцитов в целом и на образование остеоартроза в частности.

Известно, что глюкоза является важной метаболической молекулой для дифференцированных хондроцитов как в постнатальном развитии, так и во взрослом суставном хряще, и является общим структурным предшественником для синтеза гликозаминогликанов внеклеточного матрикса. Было показано, что внеклеточная концентрация глюкозы, как повышенная, так и пониженная, непосредственно влияет на некоторые функции хондроцитов [4].

Несмотря на многочисленные исследования, до сих пор остается открытым вопрос о влиянии глюкозы на функции клеток хряща. В настоящее время подробно изучены аспекты механизма переноса глюкозы белками-транспортёрами в суставном хряще. Также известно, что производные глюкозы, такие как

сорбит и диацилглицерин, участвуют в активизации провоспалительных цитокинов, приводя к усилению воспаления при ОА [3]. Однако изучение морфофункциональных изменений хондроцитов под влиянием различных концентраций глюкозы представляет актуальную задачу, ведь это позволит использовать полученные знания в клинических целях.

Цель работы – выявить закономерностей влияния глюкозы на морфофункциональные свойства хондроцитов *in vitro*.

Материалы и методы

Выделение клеток

Содержание животных и выведение их из опыта осуществляли на основе 65 «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных» и Директивы 2010/63/EU Европарламента и Совета ЕС по охране животных, используемых в научных целях.

Механическим путем происходило выделение хрящевой ткани из тазобедренных и коленных суставов крыс предварительно отделяя от кости и очищая от волокон мышц стерильным скальпелем. Перед тем как перейти к самому выделению клеток хондроцитов, хрящевую ткань стерилизовали, протирая 70 % этиловым спиртом, а хондроциты выделяли ферментативным путем и для увеличения количества жизнеспособных использовали 3-этапный алгоритм выделения [1].

Суспензию хондроцитов, полученных с трех этапов, переносили дозирующим устройством в 6-лунковые планшеты (6 Well Cell Culture Plate, USA) плотностью $5 \cdot 10^4$ клеток/мл для достижения монослойной культуры, плотно закрывали и обматывали парафильменной пленкой для предотвращения высыхания культуры и ее сохранения.

Культивирование хондроцитов при разной концентрации глюкозы

Для изучения влияния глюкозы на морфофункциональные характеристики хондроцитов клетки культивировали в среде с добавлением разных концентраций глюкозы, а также при ее отсутствии. Соответственно, полученную суспензию хондроцитов разделили на

4 группы по концентрации глюкозы: 0; 1,5; 5; 25 мМ. В каждой группе были хондроциты, выделенные из 6 суставов. Инкубировали в течение 7 дней при 37 °С.

Морфологические методы

Для выявления морфологических признаков хондроцитов проводили окрашивание по Романовскому – Гимзе. Для определения количества и жизнеспособности клеток использовали методы световой и флуоресцентной микроскопии. Количество живых клеток определяли с помощью окрашивания трипановым синим и использованием камеры Горяева. Для окрашивания смешивали 900 мкл 0,4 % раствора трипанового синего с 100 мкл клеточной суспензии, то есть разведение 1:10. Тщательно перемешивали и инкубировали в течение 5 минут при комнатной температуре. Далее подсчитали неокрашенные (жизнеспособные) и окрашенные (мертвые) клетки в камере Горяева и определили процент жизнеспособных клеток по формуле (1):

$$l(\%) = \frac{x'l}{x} * 100, \quad (1)$$

где l (%) – процент жизнеспособных клеток; $x'l$ – количество живых (неокрашенных) клеток; x – общее количество клеток.

Расчет числа клеток осуществляли по формуле (2).

$$X = \left(a * \frac{4000b}{c} \right) * 1000, \quad (2)$$

где a – сумма клеток, подсчитанная в 5 больших квадратах сетки; b – разведение исходного субстрата; c – число малых квадратов, в которых производился подсчет; X – количество клеток в 1 мл.

Также для оценки жизнеспособности использовался флуоресцентный метод. В лунки планшета с суспензией хондроцитов добавляли по 2 капли реагента из набора флуоресцентных красителей Cell Viability Imaging Kit, Blue/Green (Thermofisher scientific). Фиксировали 15 минут. Клетки окрашивались зеленым цветом реагентом NucGreen, который окрашивал только ядра клеток с нарушенной целостнос-

тью плазматической мембраны и определялся стандартным фильтром GFP, а ядра целых неповрежденных клеток окрашивались NucBlue и обнаруживались при DAPI.

Расчет ядерно-плазматического показателя осуществляли с использованием программы ImageJ (США) путем измерения площади всей клетки и площади ядра. Показатель рассчитывался по формуле (3):

$$P = \frac{S_{об}}{S_{я}}, \quad (3)$$

где P – ядерно-цитоплазматический показатель; $S_{об}$ – общая площадь клетки; $S_{я}$ – площадь ядра.

Протеогликаны в культуральной среде выявляли и количественно подсчитывали с помощью красителя сафранина О. Каплю питательной среды инкубировали в течение 5 мин с красителем в соотношении 1:1. После инкубации наносили на предметное стекло и рассчитывали площадь интенсивно окрашенных участков с использованием программного пакета ImageJ (США).

Статистические методы

Количественные данные обрабатывали с помощью программы Statistica 12.0 (StatSoft Inc., США) с расчетом показателей, принятых для характеристики непараметрических выборок в медико-биологических исследованиях: нормальность распределения значений, медиана [1-й квартиль, 3-й квартиль] и оценивали достоверность различий выборок [6]. Для анализа различий между выборками использовали критерий Манна-Уитни при достоверности $p < 0.05$.

Результаты и их обсуждения

Морфологические изменения параметров хондроцитов в условиях изменения концентрации глюкозы в питательной среде описаны в таблице.

Видна положительная зависимость показателя жизнеспособности от интактной группы до концентрации 5 мМ. Однако при концентрации глюкозы 25 мМ жизнеспособность клеточной культуры резко падает ниже показателей интактной группы, что свидетельствует о негативном влиянии повышенных концентраций внешней глюкозы на клетки суставного хряща (см. рис. 1). Однако полное отсутствие внешней глюкозы в питательной среде также приводит к снижению жизнеспособности клеток, что, в свою очередь, влияет на количество синтезируемых протеогликанов (см. рис. 2). Последующие нарушения метаболизма в суставном хряще могут привести к развитию такого заболевания, как остеоартроз.

Нами зафиксирована положительная зависимость размеров клетки от концентрации глюкозы в питательной среде. Так как оценка жизнеспособности культуры показала, что при концентрации глюкозы в питательной среде 25 мМ количество живых хондроцитов резко снижается, то есть основания полагать, что мог быть включен процесс, называемый гипертрофией клеток. Также увеличение размеров клетки может быть связано с активным синтезом продуктов, однако анализ содержания количества протеогликанов в каждой лунке говорит об обратном [5]. Исходя из этого, можно предположить, что увеличение клеток

Морфофункциональные свойства хондроцитов *in vitro*

Показатель	Интакт	Концентрация глюкозы в питательной среде		
		1,5 мМ	5 мМ	25 мМ
Жизнеспособность	0,59 [0,56 ÷ 0,75]	0,68# [0,67 ÷ 0,73]	0,80*# [0,79 ÷ 0,81]	0,57# [0,50 ÷ 0,65]
Площадь клеток, мкм ²	96,58 [84,43 ÷ 122,02]	139,90*# [120,16 ÷ 160,22]	160,80*# [121,32 ÷ 175,89]	189,24*# [159,64 ÷ 210,14]
Ядерно-цитоплазматический показатель	0,14 [0,11 ÷ 0,17]	0,18* [0,15 ÷ 0,20]	0,17 [0,14 ÷ 0,22]	0,15 [0,13 ÷ 0,19]
Количество протеогликанов, мкм ²	63,06 [21,84 ÷ 97,48]	129,81*# [94,96 ÷ 155,26]	159,34*# [124,45 ÷ 213,67]	129,51*# [69,93 ÷ 175,76]

Примечание. * – достоверные различие $p < 0,05$ между экспериментальной и интактной группами, # – достоверные различие $p < 0,05$ между экспериментальными группами, при использовании критерия Манна – Уитни.

происходит не из-за увеличения синтеза протеогликанов, а из-за активации процессов гибели клеток.

Несмотря на это, глюкоза, наоборот, стимулирует увеличение плотности внутриклеточного матрикса, что тоже не является противоречием, так как относительно интакта в

экспериментальной группе с содержанием 5 мМ глюкозы в питательной среде содержалось в 2 раза больше протеогликанов. Более того, при высоких концентрациях внешней глюкозы отмечено уменьшение плотности матрикса, что мы также можем наблюдать на результатах эксперимента (рис. 2).

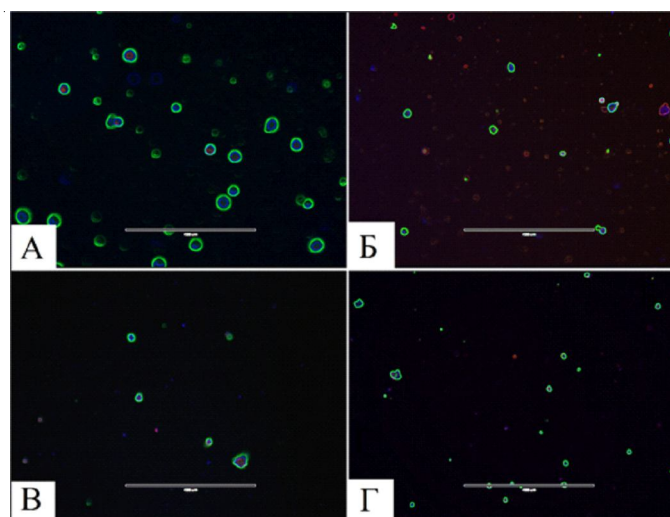


Рис. 1. Результат окрашивания клеточной культуры на жизнеспособность красителем Cell Viability Imaging Kit, Blue/Green (А – интактная культура клеток суставного хряща; Б – культура клеток, культивируемая с добавлением концентрации глюкозы 1,5 мМ; В – культура клеток, культивируемая с добавлением концентрации глюкозы 5 мМ; Г – культура клеток, культивируемая с добавлением концентрации глюкозы 25 мМ).
Линейка масштаба 400 мкм

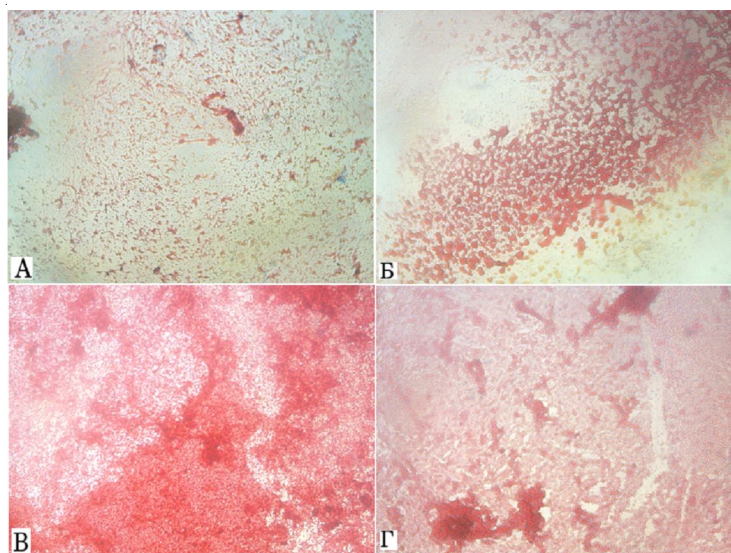


Рис. 2. Окрашивание сафранином О на содержание протеогликанов при разной концентрации глюкозы в питательной среде (А – интакт; Б – количество протеогликанов при культивировании клеток в 1,5 мМ глюкозы; В – количество протеогликанов при содержании в культуре клеток 5мМ глюкозы; Г – количество протеогликанов при глюкозе концентрации 25мМ).
Сафранин О имеет свойство связываться с протеогликанами, образуя химическое соединение с ярко-красной окраской

Заключение

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Было показано, что повышение концентрации глюкозы в питательной среде оказывает положительное влияние на жизнеспособность хондроцитов, а также на их синтез протеогликанов.

2. Установлено, что при концентрации глюкозы 25 мМ происходит увеличение количества мертвых хондроцитов, при этом не снижается синтез протеогликанов.

3. Выявлена положительная зависимость между концентрацией глюкозы и размером клеток, что может быть связано с гипертрофией хондроцитов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клеточные технологии и тканевая инженерия в лечении дефектов суставной поверхности / Н. Н. Советников [и др.] // Клиническая практика. – 2013. – Т. 1, № 13. – С. 52–66.

2. A Small Molecule Promotes Cartilage Extracellular Matrix Generation and Inhibits Osteoarthritis Development / Y. Shi [et al.] // *Nat Commun.* – 2019. – Vol. 10, № 1. – P. 1914. – DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09839-x>.

3. Aiello, F. C. Molecular Links Between Diabetes and Osteoarthritis: The Role of Physical Activity / F. C. Aiello, F. M. Trovato, M. A. Szychlinska // *Curr Diabetes Rev.* – 2017. – Vol. 13, № 1. – P. 50–58. – DOI: <https://doi.org/10.2174/1573399812-666151123104352>.

4. Akkiraju, H. Role of Chondrocytes in Cartilage Formation, Progression of Osteoarthritis and Cartilage Regeneration / H. Akkiraju, A. Nohe // *J Dev Biol.* – 2015. – Vol. 3, № 4. – P. 177–192. – DOI: <https://doi.org/10.3390/jdb3040177>.

5. Facilitative Glucose Transporters In Articular Chondrocytes. Expression, Distribution and Functional Regulation of GLUT Isoforms by Hypoxia, Hypoxia Mimetics, Growth Factors and Pro-inflammatory Cytokines / A. Mobasher [et al.] // *Adv. Anat. Embryol. Cell Biol.* – 2008. – Vol. 200, № 1. – P. 1–84.

6. Glucose Enhances Aggrecan Expression in Chondrocytes Via the PKC α /p38-miR141-3p Signaling Pathway / T. J. Wu [et al.] // *J Cell Physiol.* – 2018. – Vol. 233, № 9. – P. 6878–6887. – DOI: <https://doi.org/10.1002/jcp.26451>.

7. Tankyrase Inhibition Preserves Osteoarthritic Cartilage by Coordinating Cartilage Matrix Anabolism Via Effects on SOX9 PARylation / S. Kim [et al.] // *Nat Commun.* – 2019. – Vol. 10, № 1. – P. 4898. – DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12910-2>.

REFERENCES

1. Sovetnikov N.N., Kalsin V.A., Konopliannikov M.A., et al. Kletochnye tekhnologii i tkanevaya inzheneriya v lechenii defektov sustavnoi poverkhnosti. *Klinicheskaya praktika*, 2013, vol. 1, no. 13, pp. 52-66.

2. Shi Y., Hu X., Cheng J., et al. A Small Molecule Promotes Cartilage Extracellular Matrix Generation and Inhibits Osteoarthritis Development. *Nat Commun.*, 2019, vol. 10, no. 1, p. 1914. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09839-x>

3. Aiello F.C., Trovato F.M., Szychlinska M.A. Molecular Links Between Diabetes and Osteoarthritis: the Role of Physical Activity. *Curr Diabetes Rev.*, 2017, vol. 13, no. 1, pp. 50-58. DOI: <https://doi.org/10.2174/1573399812666151123104352>.

4. Akkiraju H., Nohe A. Role of Chondrocytes in Cartilage Formation, Progression of Osteoarthritis and Cartilage Regeneration. *J Dev Biol.*, 2015, vol. 3, no. 4, pp. 177-192. DOI: <https://doi.org/10.3390/jdb3040177>.

5. Mobasher A., Bondy C.A., Moley K., et al. Facilitative Glucose Transporters in Articular Chondrocytes. Expression, Distribution and Functional Regulation of GLUT Isoforms by Hypoxia, Hypoxia Mimetics, Growth Factors and Pro-inflammatory Cytokines. *Adv. Anat. Embryol. Cell Biol.*, 2008, vol. 200, no. 1, pp. 1-84.

6. Wu T.J., Fong Y.C., Lin C.Y., et al. Glucose Enhances Aggrecan Expression in Chondrocytes via the PKC α /p38-miR141-3p Signaling Pathway. *J Cell Physiol.*, 2018, vol. 233, no. 9, pp. 6878-6887. DOI: <https://doi.org/10.1002/jcp.26451>.

7. Kim S., Han S., Kim Y., et al. Tankyrase Inhibition Preserves Osteoarthritic Cartilage by Coordinating Cartilage Matrix Anabolism Via Effects on SOX9 PARylation. *Nat Commun.*, 2019, vol. 10, no. 1, pp. 4898. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12910-2>.

Information About the Authors

Sergey R. Baranov, Student, Department of Bioengineering and Bioinformatics, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, bsr140900@gmail.com

Lyudmila V. Derevshchikova, Student, Department of Bioengineering and Bioinformatics, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, derewshikowa2017@yandex.ru

Alina F. Samitova, Student, Department of Bioengineering and Bioinformatics, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, alinasamitova@mail.ru

Pavel A. Krylov, Candidate of Sciences (Biology), Associate Professor, Department of Bioengineering and Bioinformatics, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, krylov.pavel@volsu.ru

Информация об авторах

Сергей Романович Баранов, студент кафедры биоинженерии и биоинформатики, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, bsr140900@gmail.com

Людмила Владимировна Деревщикова, студент кафедры биоинженерии и биоинформатики, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, derewshikowa2017@yandex.ru

Алина Фаритовна Самитова, студент кафедры биоинженерии и биоинформатики, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, alinasamitova@mail.ru

Павел Андреевич Крылов, кандидат биологических наук, доцент кафедры биоинженерии и биоинформатики, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, krylov.pavel@volsu.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.3>

UDC 616.31:57.089(470.45)

LBC 56.68(2P-4Bor)

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF DENTAL IMPLANTATION IN A LARGE INDUSTRIAL CENTER (ON THE EXAMPLE OF VOLGOGRAD)

Tatyana S. Lyzo

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Anastasia A. Korchagina

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Anna S. Krylova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Annotation. Dental implantation is a method widely used in dental practice, based on the process of osseointegration – the formation of a strong connection between the inserted implant and the bone tissue. The use of these implants has a number of problems with the osseointegration process associated primarily with the development of pathogenic microflora and possible damage. To combat these difficulties, various materials are being developed for coating implants with the addition of bioactive elements, which reduce the possibility of infection by pathogenic microorganisms, as well as increase strength, improve osseointegration and biocompatibility of implants with bone tissue. The most effective coatings at the moment are hydroxyapatite and calcium triphosphate, using such bioactive elements as growth factors and components of the bone matrix, as well as chitosan, silver and gold salts. When using dental implants, monitoring of osseointegration is necessary to minimize bone loss, and fluoroscopy is the most suitable method for this. The state of the environment has a strong impact on the health of citizens. Volgograd has a high level of environmental pollution, which directly affects the frequency of diseases, including diseases of the oral cavity and teeth. According to the statistics of people visiting dental hospitals, the values in the Krasnoarmeyskiy region exceed, while the number of implants installed per year in this region is low and amounts to 1500, while in the Voroshilovskiy region, with the number of patients being half as much, the number of implants is more than 1000 all associated with the increased use of surgical services for the extraction of teeth in the area.

Key words: dental implantation, osseointegration, ecology, environmental pollution, health level.

Citation. Lyzo T.S., Korchagina A.A., Krylova A.S. Environmental Aspects of Dental Implantation in a Large Industrial Center (On the Example of Volgograd). *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 19-26. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.3>

УДК 616.31:57.089(470.45)

ББК 56.68(2P-4Bor)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ В КРУПНОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ЦЕНТРЕ (НА ПРИМЕРЕ г. ВОЛГОГРАДА)

Татьяна Сергеевна Лызо

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Анастасия Александровна Корчагина

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Анна Сергеевна Крылова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Дентальная имплантация – метод, повсеместно применяемый в стоматологической практике, основанный на процессе остеоинтеграции – образовании прочной связи вставленного имплантата с костной тканью. Применение данных имплантатов обладает рядом проблем с процессом остеоинтеграции, связанных прежде всего с развитием патогенной микрофлоры и возможными повреждениями. Для борьбы с данными сложностями разрабатываются различные материалы для покрытия имплантатов с добавлением биоактивных элементов, которые снижают возможность заражения патогенными микроорганизмами, а также увеличивают прочность, улучшают остеоинтеграцию и биосовместимость имплантатов с костной тканью. Наиболее эффективными покрытиями на данный момент являются гидроксипатит и кальция трифосфат, с использованием таких биоактивных элементов, как факторы роста и компоненты костного матрикса, а также хитозан, соли серебра и золота. При использовании дентальных имплантатов необходим мониторинг остеоинтеграции для минимизации потери костной ткани, и наиболее подходящим для этого методом является рентгеноскопия. Состояние окружающей среды имеет сильное влияние на здоровье граждан. В Волгограде высокий уровень загрязнения окружающей среды, что напрямую влияет на частоту заболеваний, в том числе заболеваний полости рта и зубов. По статистике в Красноармейском районе преобладающее число обращений людей в стоматологические клиники, при этом количество установленных имплантатов в год в данном районе невысоко и составляет 1 500, в то же время в Ворошиловском районе при количестве пациентов в два раза меньшем, количество имплантатов более 1 000, что скорее всего связано с повышенной активностью применения хирургических услуг по удалению зубов в данном районе.

Ключевые слова: дентальная имплантация, остеоинтеграция, экология, загрязнения окружающей среды, уровень здоровья.

Цитирование. Лызо Т. С., Корчагина А. А., Крылова А. С. Экологические аспекты дентальной имплантации в крупном промышленном центре (на примере г. Волгограда) // Природные системы и ресурсы. – 2021. – Т. 11, № 2. – С. 19–26. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.3>

Эколого-биологические аспекты остеоинтеграции и дентальной имплантации

В дентальной имплантации в качестве базовой применяется технология внутрикостной имплантации с целью создания несъемной ортопедической конструкции на основе процесса остеоинтеграции, т.е. образовании связи между имплантатом и костной тканью. Данный метод является активно развивающимся и повсеместно применяемым в стоматологической практике [7].

Основными причинами осложнения при использовании имплантатов являются проблемы остеоинтеграции, в основном из-за наличия патогенной микрофлоры и микротравм [10; 17]. С целью решения данных проблем проводятся разработки новых материалов, которые бы позволили достичь стабильной связи имплантат-кость, и основным направлением является модификация покрытия имплантата [4; 7; 15].

Наиболее активно используемыми покрытиями с высокой биосовместимостью являются гидроксипатит и кальция трифосфат [4; 11].

Использование биоактивных элементов, таких как факторы роста и компоненты костного матрикса [12], а также хитозан [3], соли серебра и золота [13], позволяет избежать заражения патогенными микроорганизмами, улучшает остеоинтеграцию и повышает устойчивость имплантата к разрушению [4; 8].

Перспективными, но на данный момент достаточно сложными и дорогостоящими методами является использование наноструктурных поверхностей [8], нанотрубок [6], наночастиц [2] и нанопленок [16], которые благоприятно влияют на пролиферацию и дифференцировку остеоцитов [5; 14].

У пациентов необходимо проводить мониторинг остеоинтеграции и в период приживания имплантата и при дальнейшей его эксплуатации для минимизации потери костной ткани вокруг имплантата [9]. И наиболее эффективным методом мониторинга является рентгенологический [1].

В условиях крупных промышленных городов, включая г. Волгоград, процент заболеваемости населения, в том числе и стоматологических, имеет сильную зависимость от уровня экологической обстановки. Поэтому необходимо провести анализ экологической си-

туации в Волгограде по таким критериям, как превышение выбросов по конкретным веществам, количество отходов и их влияние на показатели заболеваемости, определение групп болезней с наибольшими показателями заболеваемости, уровень заболевания среди детского, подросткового и взрослого населения.

Данные из таблицы подтверждают, что уровень загрязнения окружающей среды напрямую влияет на процент заболеваемости населения. Таким образом, остро стоит необходимость поддерживать экологическую обстановку на должном уровне для обеспечения здоровой жизни граждан.

Характеристика состояния окружающей среды в г. Волгограде, уровень загрязнения и его влияние на показатели заболеваемости

Год	Превышения по веществам	Показатель заболеваемости
2010	Фенол, формальдегид, хлористый водород, окислы азота, хлористый и фтористый водород. Количество отходов составляет 872,1 тыс. тонн	Болезни эндокринной системы, крови, врожденным порокам развития, болезням кожного покрова, новообразованиям, заболеваниям костной системы
2011	Возросло количество выбросов химической, металлургической нефтеперерабатывающей промышленности. Количество отходов составило 2133,8 тыс. тонн, что на 144,7 % больше в сравнении с 2010 годом	Болезни эндокринной системы, болезни крови и кровеносных органов, нарушения обмена веществ, появилась проблема ожирения. Уровень заболеваемости детей сильно возрос
2012	Уровень загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы, фторидом водорода и бенз(а)пиреном, оксидом азота, оксидом углерода и аммиаком вырос. Количество отходов в сравнении с 2011 годом увеличилось на 663,4 тыс. тонн	Среди взрослого населения увеличилось число заболеваний костной системы и новообразований. Так же увеличилось значение заболеваемости среди детей и подростков по таким классам болезней как: заболевания пищеварительной и эндокринной систем, врожденные пороки развития. Уровень заболеваемости составил 46071,6 на 100 тыс. взрослого населения
2013	Высокие концентрации пыли, оксида азота, оксида углерода фенола, формальдегида, оксида углерода, диоксида азота	Возрос уровень заболеваемости детей по заболеваниям эндокринной системы, нарушениям обмена веществ, новообразованиям, врожденным порокам развития и хромосомным аномалиям, системы кровообращения. Уровень заболеваемости составил 50003,6 на 100 тыс. взрослого населения
2014	Было зафиксировано большое количество аварийных ситуаций. Среди загрязняющих веществ были выявлены углеводороды, толуол, ксилол, бензол, этилбензол, хлористый водород, аммиак, хлор, фенол, сероводород, хлорорганические пестициды.	Рост заболеваемости по болезням системы кровообращения, эндокринной системы, новообразованиям, ожирением. Уровень заболеваемости среди взрослого населения составил 81854,3 на 100 тыс. нас., а среди детского – 233266,0 на 100 тысяч
2015	Превышение концентраций по фосфат-ионам	Увеличение числа развития онкологических заболеваний среди населения
2016	Зафиксировано высокое содержание хлоридов, сульфатов и органических соединений в водоемах. Увеличение диоксида азота, пыли и формальдегида в атмосферном воздухе	Увеличились показатели по заболеваниям эндокринной и нервной систем, органов дыхания, кожи и подкожной клетчатки. Превышение заболеваемости у взрослых по болезням эндокринной системы, у детей – по болезням крови и кровеносных органов. Увеличение заболеваемости среди подросткового населения на 12,9 % в сравнении с 2015 годом
2017	Превышение концентрации фенола, формальдегида, сероводорода, оксида углерода, хлорида водорода, пыли, диоксида азота, этилбензола, м-ксилола, о-ксилола	Рост заболеваемости по болезням: расстройства питания, болезни эндокринной системы, нарушения обмена веществ, болезни системы кровообращения, болезни уха, болезни органов дыхания. Показатель заболеваемости у детей увеличился на 4,1 %, у подростков – на 6,6 % и у взрослых – на 1,6 %

Год	Превышения по веществам	Показатель заболеваемости
2018	Большое число несанкционированных свалок. Было обнаружено высокое содержание азота аммонийного в стоках	Превышение уровня заболеваемости по болезням костно-мышечной системы, болезням эндокринной системы, некоторым инфекционным и паразитарным болезням, болезням крови, болезням уха и сосцевидного отростка, болезням нервной системы, болезням глаза и его придаточного аппарата, врожденным аномалиям, травм, болезням органов дыхания. Уровень заболеваемости детей вырос на 3,8 %, взрослых – на 3,4 %
2019	В питьевой воде обнаружено высокое содержание хлороформа, железа, хлоридов, сульфатов, магния, аммиака, фтора, марганца, натрия	Увеличение числа заболеваний у детей по новообразованиям, болезням эндокринной системы, кожи и подкожной клетчатки, травмам и отравлениям, болезням нервной системы, системы кровообращения, мочеполовой системы, врожденным аномалиям, болезням уха, некоторым инфекционным и паразитарным болезням. Уровень заболеваемости у взрослого население вырос на 0,9 %

Материалы и методы исследования

Клинические данные по обращению граждан на предмет «дентальной имплантации» были получены в государственных медицинских организациях стоматологического профиля в соответствии с лицензией, разрешающей оказание стоматологических услуг.

Отбор граждан производился по следующим критериям: наличие диагноза «Пародонтоз» и «Потеря зубов вследствие несчастного случая, удаления зубов или локализованного пародонтита, частичное отсутствие зубов».

Анализ состояния окружающей среды г. Волгограда. Из докладов о состоянии окружающей среды Волгоградской области за 2015–2018 гг. были взяты данные по загрязняющим веществам в атмосферном воздухе у крупнейших предприятий г. Волгограда и общие данные по загрязнению атмосферного воздуха в каждом районе. Оценивались такие показатели как: диоксид азота, формальдегид, оксид углерода, пыль, фенол, хлорид водорода, аммиак.

Влияние экологических факторов на территориальную систему здравоохранения в области стоматологических услуг в г. Волгограде

В Красноармейском районе, на территории которого расположено 2 крупных предприятия (АО «Каустик» и «ЛУКОЙЛ-Волгоград-

нефтепереработка»), основными загрязняющими веществами являются: хлорид водорода, фенол и сероводород.

На территории Кировского района расположено ВОО «Химпром», основными загрязняющими веществами являются: хлорид водорода, аммиак, пыль, фенол, сероводород и формальдегид.

На территории Советского района отсутствуют крупные тяжелые или химические промышленные предприятия, загрязняющие атмосферу, но при этом выявляются такие вещества как оксид углерода, пыль, фенол и диоксид азота.

В Ворошиловском и Центральном районах отсутствуют крупные тяжелые или химические промышленные предприятия, при этом они являются самыми незагрязненными районами.

ОАО «Завод базальтовой теплоизоляции – Волгоград» на территории Дзержинского района загрязняет атмосферу оксидом углерода, фенолом, сероводородом и диоксидом азота.

На территории Краснооктябрьского района работает одно из самых крупных тяжелых промышленных предприятий г. Волгограда – АО «ВМК «Красный Октябрь». При этом выявляются: хлорид водорода, оксид углерода, аммиак, пыль, фенол, диоксид серы, формальдегид и диоксид азота.

В Тракторозоводском районе имеется крупное тяжелое промышленное предприятие (АО «РУСАЛ Волгоград»), при этом выявля-

ются такие вещества, как оксид углерода, пыль, фенол и диоксид азота (рис. 1). Несмотря на наличие заводов, в районе незначительное содержание загрязняющих атмосферу веществ.

В Красноармейском районе много людей с заболеваниями полости рта и зубов, при этом всего 1 500 тысячи установленных имплантатов в год, в то время как в Ворошиловском районе почти в 2 раза меньше пациентов, а количество установленных имплантатов выше 1 000 (рис. 2). Это может быть связано с

тем, что в Ворошиловском районе очень активно осуществляют хирургические услуги по удалению зубов.

Выводы

Выявлены зависимости между экологическими факторами и частотой услуг по дентальной имплантации в г. Волгограде.

Состояние окружающей среды в районах города Волгограда оказывает влияние на здоровье граждан, особенно на состояние зубов:

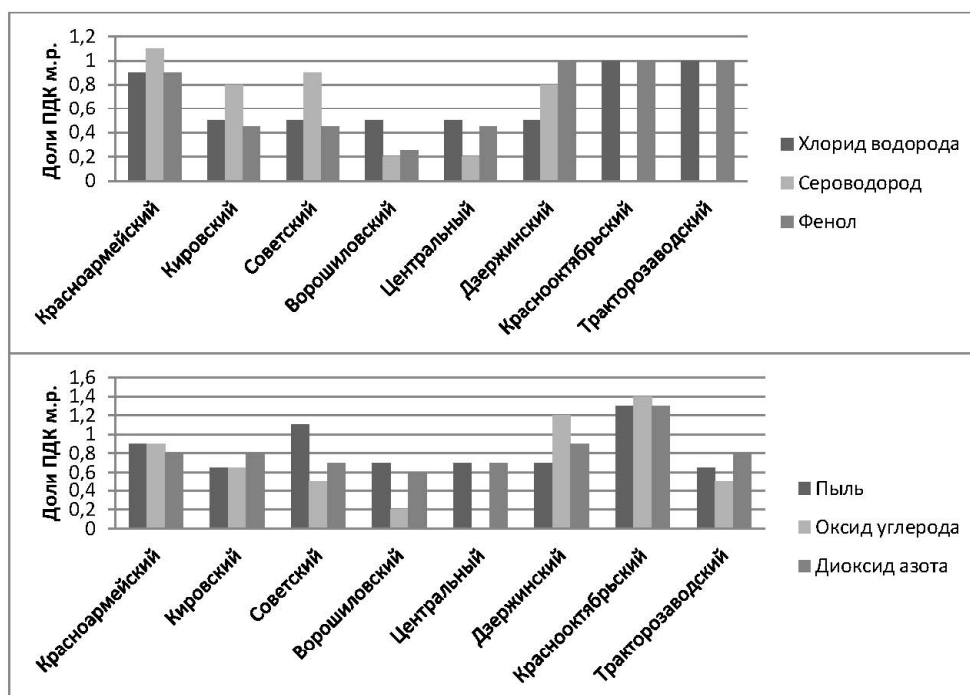


Рис. 1. Доли ПДК м.р. загрязняющих веществ с 2015 по 2018 гг. по районам г. Волгограда

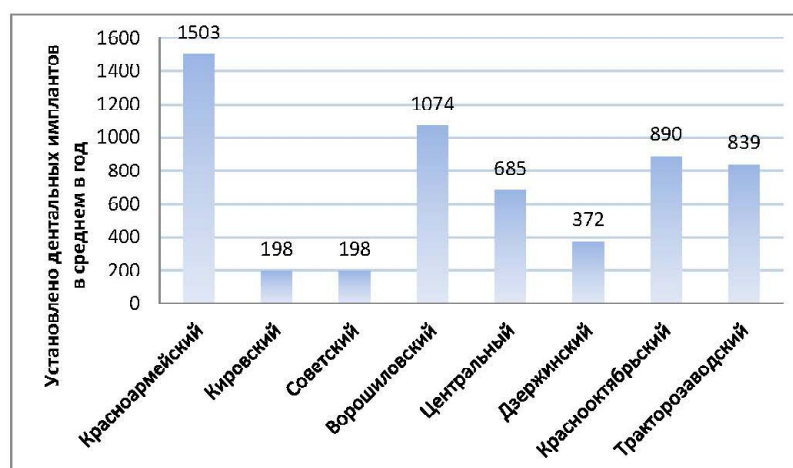


Рис. 2. Среднегодовое количество установленных дентальных имплантатов за 2015–2018 гг. в г. Волгограде

в районах с тяжелых положением, где в атмосфере большое количество загрязняющих веществ, растет частота заболеваний полости рта, в частности зубов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костенко, Е. Я. Анализ методов оценки потери уровня костной ткани в периимплантатном участке на основе результатов рентгенологических исследований / Е. Я. Костенко, А. Т. Кенюк, З. З. Дычек // Современная стоматология. – 2016. – Т. 2, № 81. – С. 76–79.
2. Наноразмерные частицы – участники остеоинтеграции / В. В. Лабис [и др.] // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. – 2016. – № 1. – С. 1–18.
3. Остеоинтеграция имплантатов с биоактивной поверхностью, модифицированной напылением хитозана в эксперименте у крыс / В. В. Новочадов [и др.] // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2013. – № 2. – С. 30–35.
4. Advances in Surfaces and Osseointegration in Implantology. Biomimetic Surfaces / M. Albertini [et al.] // Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal. – 2015. – Vol. 20, № 3. – e316–e325. – DOI: <https://doi.org/10.4317/medoral.20353>.
5. Advancing Dental Implant Surface Technology – from Micron – to Nanotopography / G. Mendonca [et al.] // Biomaterials. – 2008. – Vol. 29, № 28. – P. 3822–3835. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2008.05.012>.
6. Alpaslan, E. Anodized 20 nm Diameter Nanotubular Titanium for Improved Bladder Stent Applications / E. Alpaslan, B. Ercan, T. J. Webster // Int. J. Nanomedicine. – 2011. – Vol. 6. – P. 219–225. – DOI: <https://doi.org/10.2147/IJN.S15816>
7. Chang, P. C. Evaluation of Functional Dynamics During Osseointegration and Regeneration Associated with Oral Implants: A Review / P. C. Chang, N. P. Lang, W. V. Giannobile // Clin. Oral Implants Res. – 2010. – Vol. 21, № 1. – P. 1–12. – DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2009.01826.x>.
8. Classification of Osseointegrated Implant Surfaces: Materials, Chemistry and Topography / D.M.D. Ehrenfest [et al.] // Trends Biotechnol. – 2010. – Vol. 28, № 4. – P. 198–206. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2009.12.003>.
9. Electrophoretic Deposition of Carbon Nanotubes and Bioactive Glass Particles for Bioactive Composite Coatings / M.C. Schausten [et al.] // Ceramics Int. – 2010. – Vol. 36, № 1. – P. 307–312. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2009.09.008>.

10. Evaluation of Survival and Success Rates of Dental Implants Reported in Longitudinal Studies with a Follow-Up Period of at Least 10 Years: A Systematic Review / V. Moraschini [et al.] // Int. J. Oral Maxillofac. Surg. – 2015. – Vol. 44, № 3. – P. 377–388. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2014.10.023>.
11. Implant Biomaterials: A Comprehensive Review / M. Saini [et al.] // World J. Clin. Cases. – 2015. – Vol. 3, № 1. – P. 52–57. – DOI: <https://doi.org/10.12998/wjcc.v3.i1.52>.
12. King, W. J. Growth Factor Delivery: How Surface Interactions Modulate Release in Vitro and in Vivo / W. J. King, P. H. Krebsbach // Adv. Drug Deliv. Rev. – 2012. – Vol. 64, № 12. – P. 1239–1256. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.addr.2012.03.004>.
13. Lateral Spacing of Integrin Ligands Influences Cell Spreading and Focal Adhesion Assembly / E. A. Cavalcanti-Adam [et al.] // Eur. J. Cell Biol. – 2006. – Vol. 85, № 3–4. – P. 219–224. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejcb.2005.09.011>.
14. Scanning Electron Microscope (SEM) Evaluation of the Interface Between a Nanostructured Calcium-Incorporated Dental Implant Surface and the Human Bone / F. Mangano [et al.] // Materials (Basel). – 2017. – Vol. 10, № 12. – P. 1438. – DOI: <https://doi.org/10.3390/ma10121438>.
15. Stanford, C. M. Surface Modification of Biomedical and Dental Implants and the Processes of Inflammation, Wound Healing and Bone Formation / C. M. Stanford // Int. J. Mol. Sci. – 2010. – Vol. 11, № 1. – P. 354–369. – DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms11010354>.
16. The Anatase Phase of Nanotopography Titania Plays an Important Role on Osteoblast Cell Morphology and Proliferation / J. He [et al.] // J. Mater. Sci. Mater. Med. – 2008. – Vol. 19, № 11. – P. 3465–3472. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s10856-008-3505-3>.
17. Tonetti, M. Working Group 2 of the VIII European Workshop on Periodontology. Clinical Research in Implant Dentistry: Study Design, Reporting and Outcome Measurements. Consensus Report of Working Group 2 of the VIII European Workshop on Periodontology / M. Tonetti, R. Palmer // J. Clin. Periodontol. – 2012. – Vol. 39, № 12. – P. 73–80. – DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2011.01843.x>.

REFERENCES

1. Kostenko Ye. Ya., Kenyuk A. T., Dychek Z. Z. Analiz metodov otsenki poter' urovnya kostnoy tkani v periimplantatnom uchastke na osnove rezul'tatov rentgenologicheskikh issledovaniy [Analysis of Methods for Assessing the Loss of the Level of Bone Tissue in the Peri-Implant Site Based on the Results

of X-Ray Studies]. *Sovremennaya stomatologiya* [Modern Dentistry]. 2016, vol. 2, no. 81, pp. 76-79.

2. Labis V.V., Bazikyan E.A., Kozlov I.G., et al. Nanorazmernyye chastitsy - uchastniki osteointegratsii [Nanosized Particles are Participants in Osseointegration]. *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN* [Bulletin of the Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences]. 2016, no. 1, pp. 1-18.

3. Novochadov V.V., Gayfullin N.M., Zalevskiy D.A., et al. Osteointegratsiya implantatov s bioaktivnoy poverkhnost'yu, modifitsirovannoy napyleniyem khitozana v eksperimente u kryс [Osseointegration of implants with a bioactive surface modified by sputtering of chitosan in an experiment in rats]. *Rossiyskiy mediko-biologicheskiy vestnik im. akademika I.P. Pavlova* [Russian Medical and Biological Bulletin Named After Academician I.P. Pavlova]. 2013, vol. 21, no. 2, pp. 30-35.

4. Albertini M., Fernandez-Yague M., Lázaro P., et al. Advances in Surfaces and Osseointegration in Implantology. Biomimetic Surfaces. *Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal*, 2015, vol. 20, no. 3, pp. e316-e325. DOI: <https://doi.org/10.4317/medoral.20353>.

5. Alpaslan E., Ercan B., Webster T.J. Anodized 20 nm Diameter Nanotubular Titanium for Improved Bladder Stent Applications. *Int. J. Nanomedicine*, 2011, vol. 6, pp. 219-225. DOI: <https://doi.org/10.2147/IJN.S15816>.

6. Chang P.C., Lang N.P., Giannobile W.V. Evaluation of Functional Dynamics During Osseointegration and Regeneration Associated with Oral Implants: A Review. *Clin. Oral Implants Res.*, 2010, vol. 21, no. 1, pp. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2009.01826.x>.

7. Dohan Ehrenfest D.M., Coelho P.G., Kang B.S., et al. Classification of Osseointegrated Implant Surfaces: Materials, Chemistry and Topography. *Trends Biotechnol.*, 2010, vol. 28, no. 4, pp. 198-206. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2009.12.003>.

8. Schausten M.C., Meng D.C., Telle R., et al. Electrophoretic Deposition of Carbon Nanotubes and Bioactive Glass Particles for Bioactive Composite Coatings. *Ceramics Int.*, 2010, vol. 36, no. 1, pp. 307-312. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2009.09.008>.

9. Moraschini V., Poubel L.A., Ferreira V.F., et al. Evaluation of Survival and Success Rates of Dental Implants Reported in Longitudinal Studies with a

Follow-Up Period of at Least 10 Years: A Systematic Review. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, 2015, vol. 44, no. 3, pp. 377-388. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2014.10.023>.

10. Saini M., Singh Y., Arora P., et al. Implant Biomaterials: A Comprehensive Review. *World J. Clin. Cases.*, 2015, vol. 3, no. 1, pp. 52-57. DOI: <https://doi.org/10.12998/wjcc.v3.i1.52>.

11. King W.J., Krebsbach P.H. Growth Factor Delivery: How Surface Interactions Modulate Release in Vitro and in Vivo. *Adv. Drug Deliv. Rev.*, 2012, vol. 64, no. 12, pp. 1239-1256. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.addr.2012.03.004>.

12. Cavalcanti-Adam E.A., Micoulet A., Blummel J., et al. Lateral Spacing of Integrin Ligands Influences Cell Spreading and Focal Adhesion Assembly. *Eur. J. Cell Biol.*, 2006, vol. 85, no. 3-4, pp. 219-224. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejcb.2005.09.011>.

13. Mendonca G., Mendonca D.B., Aragao F.J., et al. Advancing Dental Implant Surface Technology – from Micron – to Nanotopography. *Biomaterials*, 2008, vol. 29, no. 28, pp. 3822-3835. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2008.05.012>.

14. Mangano F., Raspanti M., Maghaireh H., et al. Scanning Electron Microscope (SEM) Evaluation of the Interface Between a Nanostructured Calcium-Incorporated Dental Implant Surface and the Human Bone. *Materials (Basel)*, 2017, vol. 10, no. 12, p. 1438. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma10121438>.

15. Stanford C.M. Surface Modification of Biomedical and Dental Implants and the Processes of Inflammation, Wound Healing and Bone Formation. *Int. J. Mol. Sci.*, 2010, vol. 11, no. 1, pp. 354-369. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms11010354>.

16. He J., Zhou W., Zhou X., et al. The Anatase Phase of Nanotopography Titania Plays an Important Role on Osteoblast Cell Morphology and Proliferation. *J. Mater. Sci. Mater. Med.*, 2008, vol. 19, no. 11, pp. 3465-3472. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10856-008-3505-3>.

17. Tonetti M., Palmer R. Working Group 2 of the VIII European Workshop on Periodontology Clinical Research in Implant Dentistry: Study Design, Reporting and Outcome Measurements. *Consensus report of Working Group 2 of the VIII European Workshop on Periodontology. J. Clin. Periodontol.*, 2012, vol. 39, no. 12, pp. 73-80. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2011.01843.x>.

Information About the Authors

Tatyana S. Lyzo, Student, Department of Bioengineering and Bioinformatics, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, fkbcf-fkbcf@inbox.ru

Anastasia A. Korchagina, Student, Department of Bioengineering and Bioinformatics, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, nastya.korchagina09@gmail.com

Anna S. Krylova, Postgraduate Student, Department of Bioengineering and Bioinformatics, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, krylova.volsu@mail.ru

Информация об авторах

Татьяна Сергеевна Лызо, студент кафедры биоинженерии и биоинформатики, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, fkbcf-fkbcf@inbox.ru

Анастасия Александровна Корчагина, студент кафедры биоинженерии и биоинформатики, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, nastya.korchagina09@gmail.com

Анна Сергеевна Крылова, аспирант кафедры биоинженерии и биоинформатики, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, krylova.volsu@mail.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.4>

UDC 504.61(470.45)

LBC 28.088л6(2P-4Вог)

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF THE SPATIAL ORGANIZATION OF THE NIZHNEKHOPERSKY NATURAL PARK OF THE VOLGOGRAD REGION

Anna V. Kholodenko

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Polina S. Gorbova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The article considers the problem of territorial protection of nature as a factor impeding the socio-economic development of settlements located within the borders of the Nizhnekhopersky natural park. The key problem of the functioning of regional specially protected natural territories is the contradiction between the need to protect undisturbed natural-territorial complexes and the development of settlement territories that find themselves in the zone of limited economic activity. The development of settlement territories involves the removal of existing restrictions on the civil circulation of land plots, the construction and reconstruction of capital construction facilities. Solving the problem of economic stagnation by adjusting borders and excluding settlements from the natural park entails the need to conduct an environmental impact assessment of future economic activities in areas seized from specially protected natural areas. The forecast assessment of the consequences of possible anthropogenic impacts on the landscapes and ecosystems of the Nizhnekhopersky natural park after changing its area, functional organization and environmental management regimes in the allocated areas was carried out using a modified network method. The results of the research showed that the strengthening of the anthropogenic press as a result of the implementation of measures for the deployment of processing production, the construction of roads and engineering communications (electrification, gasification), housing construction, as well as due to the increase in recreational load, including the spread of uncontrolled recreation, the environmental efficiency of the natural park will naturally decrease.

Key words: specially protected natural areas, spatial organization, functional zoning, anthropogenic impacts, the Nizhnekhopersky natural park of the Volgograd region.

Citation. Kholodenko A.V., Gorbova P.S. Environmental Impact Assessment of the Spatial Organization of the Nizhnekhopersky Natural Park of the Volgograd Region. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 27-34. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.4>

УДК 504.61(470.45)

ББК 28.088л6(2P-4Вог)

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИРОДНОГО ПАРКА «НИЖНЕХОПЕРСКИЙ» ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Анна Викторовна Холоденко

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Полина Сергеевна Горбова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается проблема территориальной охраны природы как фактора, препятствующего социально-экономическому развитию населенных пунктов, находящихся в границах природного парка «Нижнехоперский». Ключевая проблема функционирования региональных особо охраняемых

природных территорий – противоречие между необходимостью охраны ненарушенных природно-территориальных комплексов и развитием селитебных территорий, оказавшихся в зоне ограниченной хозяйственной деятельности. Развитие селитебных территорий предполагает снятие существующих ограничений на гражданский оборот земельных участков, строительство и реконструкцию объектов капитального строительства. Решение проблемы экономической стагнации посредством корректировки границ и исключения населенных пунктов из природного парка влечет необходимость проведения оценки воздействия на окружающую среду будущей хозяйственной деятельности на изымаемых из особо охраняемых природных территорий участках. Прогнозная оценка последствий возможных антропогенных воздействий на ландшафты и экосистемы природного парка «Нижнехоперский» после изменения его площади, функциональной организации и режимов природопользования на выделенных участках производилась при помощи модифицированного метода сетевых графиков. Результаты исследования показали, что усиление антропогенного пресса в результате реализации мероприятий по развертыванию перерабатывающего производства, прокладке автомобильных дорог и инженерных коммуникаций (электрификация, газификация), жилищного строительства, а также вследствие роста рекреационной нагрузки, в том числе распространения неконтролируемого отдыха, природоохранная эффективность природного парка будет закономерно снижаться.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, пространственная организация, функциональное зонирование, антропогенные воздействия, природный парк «Нижнехоперский» Волгоградской области.

Цитирование. Холоденко А. В., Горбова П. С. Оценка экологических последствий изменения пространственной организации природного парка «Нижнехоперский» Волгоградской области // Природные системы и ресурсы. – 2021. – Т. 11, № 2. – С. 27–34. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.4>

Введение

Природный парк, как элемент региональной системы особо охраняемых природных территорий, является нестрогой формой охраны природы, что предполагает реализацию рекреационной и экстенсивной хозяйственной деятельности в соответствии с природным потенциалом территории наравне с осуществлением мероприятий по охране природных комплексов и биологического разнообразия [11].

Необходимость сочетания охраны ландшафтов и реализации стратегических мероприятий развития населенных пунктов в границах ООПТ обуславливает возникновение новых систем управления, призванных интегрировать антропогенный элемент в природную среду без снижения экологической устойчивости и сокращения видового разнообразия [3]. При этом первостепенное значение имеет оценка экологических последствий после расширения спектра антропогенных влияний в границах охраняемых природных территорий.

Объектом исследования является природный парк «Нижнехоперский». Цель исследования – анализ изменений экосистем природного парка при увеличении антропогенной нагрузки после изменения его внутренней пространственной организации.

Исследование проводилось при помощи модифицированного метода сетевых графиков (поточковых диаграмм) [5; 13].

Материалы и методы

Природный парк «Нижнехоперский» образован в соответствии с постановлением Главы Администрации Волгоградской области от 25 марта 2003 г. № 205 и расположен на территории Алексеевского, Кумылженского и Нехаевского муниципальных районов Волгоградской области. Общая площадь – 231272,6 га. На территории обозначены четыре функциональные зоны: природоохранная (66745 га, 28,9 % от территории парка); рекреационная (50857 га, 22 % от территории парка); агрохозяйственная (37430 га, 16,2 % от площади парка); буферная (78172 га, 33,8 % от площади парка) [7].

В природном парке охраняются особо ценные природные комплексы: обнажения меловых пород; высокое правобережье Бузулука и участки надпойменной песчаной террасы; черноольшаники у подножия левобережной надпойменной террасы Хопра; склоны балок и нагорно-байрачные леса на правом берегу Хопра; КОТР Шакинская дубрава и участки песчаной степи, луговых сообществ по понижениям и долинам рек; петрофиль-

ные комплексы на обнажениях мела, мергеля и опоковидных песчаников; березовые колки и бугристые пески с сырыми котловинами; бугристые развеваемые пески ледникового происхождения [4; 9; 10].

Все ландшафты характеризуются высокой концентрацией редких и исчезающих видов растений и животных, занесенных в Красную Книгу Российской Федерации, Красную Книгу Волгоградской области и списки МСОП [4]. Коэффициент флористического разнообразия 2,5–2,9 [2]. Антропогенная измененность ландшафтов составляет 2,54 балла, что соответствует фоновым показателям Волгоградской области [6].

Природный парк «Нижнехоперский» в качестве одного из ключевых ядер экологического каркаса Волгоградской области участвует в поддержании качества окружающей среды в регионе.

Однако в пределах Кумылженского муниципального района в границах парка полностью или частично располагаются 6 сельских поселений, в пределах Алексеевского муниципального района – 10 сельских поселений и в пределах Нехаевского муниципального района – 5 сельских поселений. В сумме в границах природного парка располагается 54 населенных пункта [6].

Согласно ст. 27 Земельного кодекса РФ [1] и п.п. 4.3 и 4.5 Положения о природном парке «Нижнехоперский» [7], земельные участки, находящиеся в государственной либо муниципальной собственности, расположенные в пределах региональной ООПТ ограничиваются в обороте. В соответствии со статьей

18 ФЗ-33 «Об особо охраняемых природных территориях» [12] запрещается изменение целевого назначения земельных участков, находящихся в границах природного парка, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами.

Таким образом, граждане, проживающие на территории ООПТ, в частности льготные категории граждан, и юридические лица не могут получить земельные участки в собственность. Это ограничивает развитие производства, сдерживает привлечение в районы инвесторов, способствует миграционному оттоку населения в города и не позволяет населенным пунктам преодолеть экономическую стагнацию. Ограничение прав граждан и юридических лиц ведет нарастанию конфликта между задачами ООПТ и интересами местного населения (рис. 1).

Вывод земель хуторов из состава природного парка в рамках постановления Администрации Волгоградской области от 08.07.2019 № 321-п [8] позволит привлекать инвестиции в производство по переработке сельскохозяйственной продукции, развивать инфраструктуру, свободно продавать и приобретать земельные участки, что положительно скажется на экономических показателях и качестве жизни населения. Но вместе с тем после снятия ограничений на хозяйственную деятельность на выведенных участках существенно возрастет антропогенная нагрузка. Так как населенные пункты находятся внутри функциональных зон парка, нельзя исключить появления цепных реакций, обусловленных горизонтальными и вертикальными веще-



Рис. 1. Конфликтность задач региональной ООПТ и социально-экономического развития территориальных образований

ственно-энергетическими связями между природными и антропогенными ландшафтами.

Прогноз потенциальных изменений природоохранной эффективности природного парка выполнен аналитическим модифицированным методом потоковых диаграмм – сетевых графиков. Метод основан на учете направленных воздействий с анализом ответных реакций отдельных природных компонентов и системы в целом. Сетевые графики позволяют выявить связи между элементами экосистем и проследить динамику их изменения [5; 13].

Результаты и обсуждение

Участки, предлагаемые к выводу из состава природного парка «Нижнехоперский» включают селитебные территории общей площадью 7792,4 га [6], что составляет 3,4 % от площади ООПТ. Таким образом, после изъятия 54 населенных пунктов площадь парка по предварительным расчетам сократится с 231272,6 га до 223480,2 га.

В разрезе функциональных зон изменение площади выглядит следующим образом: природоохранная зона уменьшится на 1851,2 га, что составляет 2,8 % от площади зоны; рекреационная зона сократится на 5329,2 га, что составляет 10,5 % от площади зоны; буферная зона потеряет 612 га, что равно 0,8 % от площади зоны (см. таблицу).

Исключение из границ природного парка исключительно нарушенных земель населенных пунктов не повлечет утрату ландшафтной репрезентативности, но существенно повысит уязвимость мозаичных степных сообществ в результате нарушения целостности функциональных зон и роста внутреннего антропогенного давления.

К числу потенциальных угроз, источниками которых являются населенные пункты,

относятся: развитие перерабатывающих производств (животноводческих комплексов, предприятий по переработке растениеводческой продукции); прокладка автомобильных дорог и коммуникаций; жилищное строительство и нерегулируемая рекреация, следствием которой являются замусоривание водных объектов и береговой полосы твердыми коммунальными отходами, пожары и дигрессия растительных сообществ (см. рис. 2).

Улучшение качества жизни после вывода территорий будет способствовать росту численности населения, что в итоге потребует расширения площадей населенных пунктов для дальнейшей застройки. Вместе с тем возможно ухудшение экологических параметров среды и снижение ее комфортности, как для человека, так и для представителей других видов. Вследствие можно ожидать снижения рекреационной привлекательности и эстетической ценности ландшафтов, распространения синантропной флоры и фауны.

Возрастающая антропогенная нагрузка в первую очередь скажется на землях, прилегающих к населенным пунктам, а затем – на смежных с ними посредством транслокальных взаимодействий.

Основными последствиями могут быть: изменение фоновых параметров качества окружающей среды, сокращение популяций охраняемых видов, упрощение зональных и интразональных сообществ.

Согласно закону внутреннего динамического равновесия, изменение одних элементов в системе приводит к структурно-функциональным трансформациям других. Незначительные на первый взгляд изменения параметров среды могут повлечь масштабные отклонения энергетического и вещественного баланса в крупных иерархических единицах.

Характеристика участков исключаемых из состава природного парка «Нижнехоперский» относительно функциональных зон

Функциональная зона	Количество участков	Средний % антропогенной нарушенности участков	Количество участков, вблизи которых встречаются редкие и исчезающие виды
Природоохранная	10	53	5
Рекреационная	36	60	11
Буферная	8	63	5

Примечание. Составлено по: [3; 13].

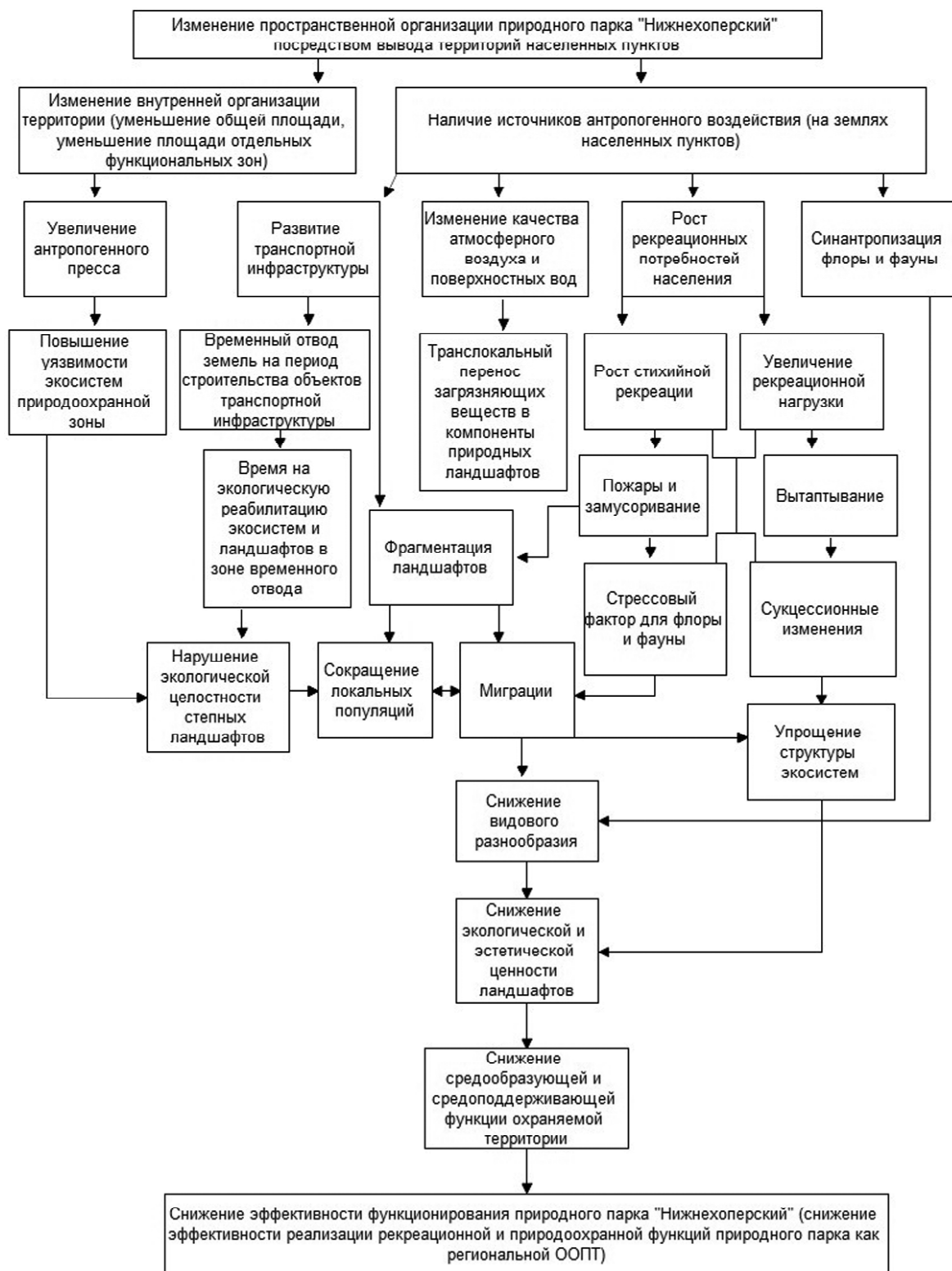


Рис. 2. Диаграмма потоков оценки воздействия изменения пространственной организации природного парка «Нижнехоперский» Волгоградской области на эффективность его функционирования в статусе региональной ООПТ

Смещение существующего равновесия между природными и природно-антропогенными системами в природном парке «Нижнехоперский» в будущем может привести к нарушениям средоформирующей и средоподдерживающей функций естественных ландшафтов.

Заключение

Прогнозный анализ методом сетевых графиков подтвердил закономерное снижение природоохранной эффективности функционирования природного парка «Нижнехоперский» при выводе населенных пунктов.

Учитывая значимость социально-экономического развития территорий для устойчивого развития и, следовательно, необходимость проведения корректировки границ природного парка, следует:

1. Организовать регулярную систему мониторинга редких и исчезающих видов, встречающихся на границах населенных пунктов.

2. Создать вокруг выводимых участков переходные зоны по типу экотонов для минимизации негативного воздействия нынешней и будущей хозяйственной деятельности на естественные ландшафты.

3. Следить за строгим соблюдением природоохранного законодательства в границах охраняемых зон. Увеличить количество рейдов, направленных на выявление нарушителей.

4. Организовать эколого-просветительскую работу с местным населением и посетителями относительно решений по корректировке границ парка и изменениями в функциональном зонировании.

5. Разработать инвестиционные программы, направленные на эко-ориентированное развитие сельской местности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 31.12.2017) // Собрание законодательства РФ. – 2001. – 29 окт. (№ 44). – Ст. 4147.

2. К флоре волгоградского Прихоперья и Нижнехоперского природного парка / В. А. Сагалаев [и др.] // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. Сер. «Есте-

ственные и физико-математические науки». – 2004. – № 4 (09). – С. 77–85.

3. Кириллов, С. Н. Управление антропогенными воздействиями в природных парках Волгоградской области / С. Н. Кириллов, А. В. Холоденко // Вестник ВолГУ. – 2011. – № 2. – С. 40–48.

4. Комплексное экологическое обоснование территории природного парка «Нижнехоперский», для придания статуса особо охраняемой природной территории регионального значения. – Станица Букановская : [б. и.], 2009. – 135 с.

5. Корнилова, И. Е. Методы ОВОС, их применение для выявления значимых воздействий от мелиоративных систем / И. Е. Корнилова, Д. К. Жумамбетова, Д. Уралова // Вестник науки Костанайского социально-технического университета имени академика Зулхарнай Алдамжар. – 2016. – № 2. – С. 22–26.

6. Материалы по внесению изменений в комплексное экологическое обследование территории природного парка «Нижнехоперский», обосновывающие придание статуса ООПТ регионального значения. – Станица Букановская : [б. и.], 2015. – 189 с.

7. Об утверждении Положения о природном парке «Нижнехоперский»: Постановление Администрации Волгоградской области от 22 августа 2016 года № 455-п // Консорциум Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/441628117> (дата обращения: 07.10.2020). – Загл. с экрана.

8. Об утверждении Порядка создания, изменения категории, профиля, площади, границ, установленного режима особой охраны (включая особенности функционального зонирования) и упразднения особо охраняемых природных территорий регионального значения: постановление Администрации Волгоградской области от 08.07.2019 № 321-п // Консорциум Кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/561422708> (дата обращения: 10.12.2020). – Загл. с экрана.

9. Паршутина, Л. П. Нижнехоперский природный парк – крупнейший резерват степей в Волгоградской области / Л. П. Паршутина, Т. Г. Пономарева, Л. А. Ящерицына // Степной бюллетень. – 2008. – № 25. – С. 20–25.

10. Пономарева, Т. Г. Природный парк «Нижнехоперский» / Т. Г. Пономарева, Л. А. Ящерицына // Здоровье и экология. – 2005. – № 6. – С. 27–28.

11. Стишов, М. С. Охраняемые природные территории Российской Федерации и их категории / М. С. Стишов, Н. Дадли. – М. : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2018. – 248 с.

12. Федеральный закон от 14 марта 1995 г. № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» (с изменениями и дополнениями) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1995. – № 12. – Ст. 1024.

13. Ore, O. *Graphs and Their Uses* / O. Ore. – N. Y. : Random House, 1967. – 175 p.

REFERENCES

1. Zemel'nyj kodeks Rossijskoj Federacii ot 25.10.2001 № 136-FZ (red. ot 31.12.2017) [The Land Code of the Russian Federation of October 25, 2001 No. 136-FZ (as amended on December 31, 2017)]. *Sobranie zakonodatel'stva RF* [Collected Legislation of the Russian Federation], 2001, Oct. 29, no. 44.

2. Sagalaev V.A. K flore volgogradskogo Prihoper'ja i Nizhnehoperskogo prirodnogo parka [To the flora of the Volgograd Prikhopyorie and Nizhnehopersky Natural Park]. *Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Ser. «Estestvennye i fiziko-matematicheskie nauki»* [Science Journal of Volgograd State Pedagogical University Natural and Physical and Mathematical Sciences], 2004, no. 4 (09), pp. 77-85.

3. Kirillov S.N., Holodenko A.V. Upravlenie antropogennymi vozdeystvijami v prirodnyh parkah Volgogradskoj oblasti [Management of Anthropogenic Impacts in Natural Parks of the Volgograd Region]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta* [Science Journal of Volgograd State University], 2011, no. 2, pp. 40-48.

4. *Kompleksnoe jekologicheskoe obosnovanie territorii prirodnogo parka «Nizhnehoperskij», dlja pridaniya statusa osobo ohranjaemoj prirodnoj territorii regional'nogo znachenija* [Complex Ecological Substantiation of the Territory of the Nizhnehopersky Natural Park, for Giving the Status of the Specially Protected Natural Territory of Regional Value]. Stanitsa Bukanovskaya, 2009. 135 p.

5. Kornilova I.E., Zhumambetova D.K., Uralova D. Metody OVOS, ih primenenie dlja vyjavlenija znachimyh vozdeystvij ot meliorativnyh system [Environmental Impact Assessment Methods, Their Application for Detection of Significant Effects from Reclamation Systems]. *Vestnik nauki Kostanajskogo social'no-tehnicheskogo universiteta imeni akademika Zulharnaj Aldamzhar* [Science Journal of Kostanay Social and Technical University Named After Academician Zulharnai Aldamzhar], 2016, no. 2, pp. 22-26.

6. *Materialy po vneseniju izmenenij v kompleksnoe jekologicheskoe obsledovanie territorii prirodnogo parka «Nizhnehoperskij», obosnovyvajushhie pridanie statusa OOPT regional'nogo znachenija* [Materials for Amending a

Comprehensive Environmental Survey of the Territory of the Nizhnehopersky Natural Park, Substantiating the Granting of the Status of a Protected Area of Regional Significance]. Stanitsa Bukanovskaya, 2015. 189 p.

7. Ob utverzhdenii Polozhenija o prirodnom parke «Nizhnehoperskij» : Postanovlenie Administracii Volgogradskoj oblasti ot 22 avgusta 2016 goda № 455-p [On Approval of the Regulations on the Nizhnehopersky Natural Park: Resolution of the Administration of the Volgograd Region Dated August 22, 2016 No. 455-p]. *Konsorcium Kodeks: jelektronnyj fond pravovoj i normativno-tehnicheskoy dokumentacii* [Consortium Codex: Electronic Fund of Legal and Regulatory Technical Documentation]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/441628117> (accessed 07.10.2020).

8. Ob utverzhdenii Porjadka sozdaniya, izmenenija kategorii, profilja, ploshhadi, granic, ustanovlennogo rezhima osobo ohrany (vkljuchaja osobennosti funkcional'nogo zonirovaniya) i uprazhnenija osobo ohranjaemyh prirodnyh territorij regional'nogo znachenija : postanovlenie Administracii Volgogradskoj oblasti ot 08.07.2019 № 321-p [On the Approval of the Procedure for the Creation, Change of the Category, Profile, Area, Boundaries, the Established Regime of Special Protection (Including Features of Functional Zoning) and the Abolition of Specially Protected Natural Areas of Regional Significance: Decree of the Administration of the Volgograd Region of 08.07.2019 No. 321-p]. *Konsorcium Kodeks: jelektronnyj fond pravovoj i normativno-tehnicheskoy dokumentacii* [Consortium Codex: Electronic Fund of Legal and Regulatory Technical Documentation]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/561422708> (accessed 10.12.2020).

9. Parshutina L.P., Ponomareva T.G., Jashhericyna L.A. Nizhnehoperskij prirodnyj park – krupnejshij rezervat stepej v Volgogradskoj oblasti [Nizhnehopersky Natural Park – The Largest Steppe Reserve in the Volgograd Region]. *Stepnoj bjulleten'* [Steppe Bulletin], 2008, no. 25, pp. 20-25.

10. Ponomareva T.G., Jashhericyna L.A. Prirodnyj park «Nizhnehoperskij» [Nizhnehopersky Natural Park]. *Zdorov'e i jekologija* [Health and Ecology], 2005, no. 6, pp. 26-28.

11. Stishov M.S., Dadli N. *Ohranjaemye prirodnye territorii Rossijskoj Federacii i ih kategorii* [Protected Natural Areas of the Russian Federation and Their Categories]. Moscow, WWF, 2018. 248 p.

12. Federal'nyj zakon ot 14 marta 1995 g. № 33-FZ «Ob osobo ohranjaemyh prirodnyh territorijah» (s izmenenijami i dopolnenijami) [The Federal Law of March 14, 1995 No. 33-FZ «On Specially Protected Natural Areas» (with amendments and additions)]. *Sobranie zakonodatel'stva RF* [Collected Legislation of the Russian Federation], 1995, no. 12.

13. Ore, O. *Graphs and Their Uses*. New York, Random House, 1967. 175 p.

Information About the Authors

Anna V. Kholodenko, Candidate of Sciences (Geography), Associate Professor, Department of Ecology and Nature Resources Management, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, kholodenko@volsu.ru

Polina S. Gorbova, Student, Department of Ecology and Nature Resources Management, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, gorbova.polina@mail.ru

Информация об авторах

Анна Викторовна Холоденко, кандидат географических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, kholodenko@volsu.ru

Полина Сергеевна Горбова, студент кафедры экологии и природопользования, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, gorbova.polina@mail.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.5>

UDC 378.16:911(470.51):711.168(045)

LBC 74.480.49+85.118.8

RECONSTRUCTION OF THE FERTIKI CAMPUS OF THE UDMURT STATE UNIVERSITY: LANDSCAPE JUSTIFICATION OF THE DESIGN PROJECT

Julia A. Zamjatina

Udmurt State University, Izhevsk, Russian Federation

Alexey A. Kashin

Udmurt State University, Izhevsk, Russian Federation

Olesja A. Kondrat'eva

Udmurt State University, Izhevsk, Russian Federation

Il'shat R. Muhametshin

Udmurt State University, Izhevsk, Russian Federation

Abstract. The article presents the concept of reconstruction of the Fertiki unit of the biogeoeological station of the Udmurt State University (hereinafter – the Fertiki campus), formed in the process of joint work of geographers and designers. The presence of a field campus is a necessary condition for the professional skills and abilities formation of students in a number of training areas in a classical university. However, the requirements for the campuses internal space formation are changing. If one and a half to two decades ago it was enough to have a minimally equipped site on the territory that meets the basic needs in terms of the field practices and scientific research content, now the need to expand the functionality and types of activities is becoming more and more obvious. At the same time, it is proposed to put natural, cultural and historical features of the area within which the campus is located as the basis for modern design solutions. In conditions of limited funding and a general unstable financial situation, there is a need for more efficient use of the property complex of the university, including field campuses. They should not only satisfy the needs of conducting educational practices and scientific research, but become complex out-of-town (field) divisions of universities aimed at various types of activities. The proposed concept provides the reconstruction of the biogeoeological station in the direction of forming a focus point of natural and cultural landscapes of a vast territory. On the one hand, the campus must organically fit into the surrounding space, and on the other hand, it must reflect its main natural, cultural and historical features in order to get rich content. Only complexity and polyfunctionality can be stimuli and conditions for its development.

Key words: campus, design project, natural and cultural landscape, interdisciplinary approach, Fertiki, Udmurt Republic.

Citation. Zamjatina Yu.A., Kashin A.A., Kondrat'eva O.A., Muhametshin I.R. Reconstruction of the Fertiki Campus of the Udmurt State University: Landscape Justification of the Design Project. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 35-48. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.5>

УДК 378.16:911(470.51):711.168(045)

ББК 74.480.49+85.118.8

**РЕКОНСТРУКЦИЯ КАМПУСА «ФЕРТИКИ»
УДМУРТСКОГО ГОСУНИВЕРСИТЕТА:
ЛАНДШАФТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДИЗАЙН-ПРОЕКТА****Юлия Алексеевна Замятина**

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Российская Федерация

Алексей Александрович Кашин

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Российская Федерация

Олеся Анатольевна Кондратьева

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Российская Федерация

Ильшат Ринатович Мухаметшин

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлена концепция реконструкции стационара «Фертики» биогеоэкологической станции Удмуртского госуниверситета (далее – кампус «Фертики»), сформированная в процессе совместной работы специалистов-географов и дизайнеров. Наличие полевого стационара является необходимым условием формирования профессиональных навыков и умений студентов целого ряда направлений подготовки классического вуза. Однако требования к формированию внутреннего пространства стационаров меняются. Если еще полтора-два десятилетия назад достаточно было иметь минимально обустроенную площадку на территории, удовлетворяющей основным потребностям с точки зрения содержания полевых практик и научных исследований, то в настоящее время все более очевидной становится необходимость расширения функционала и видов деятельности. При этом предлагается в основу современных дизайнерских решений положить естественные и культурно-исторические особенности местности, в пределах которой располагается кампус. В условиях ограниченного финансирования и общей нестабильной финансовой ситуации возникает необходимость более эффективного использования имущественного комплекса вуза, в том числе – полевых стационаров. Они должны не только удовлетворять потребностям проведения учебных практик и научных исследований, но становиться комплексными загородными (полевыми) подразделениями университетов, нацеленными на разнообразные виды деятельности. Предложенная концепция предусматривает реконструкцию стационара в направлении формирования своеобразной точки фокуса природных и культурных ландшафтов обширной территории. С одной стороны, кампус должен органично вписываться во вмещающее пространство, а с другой – отражать его основные природные, культурные и исторические особенности, чтобы получить богатое содержательное наполнение. Только комплексность и полифункциональность могут быть стимулами и условиями для его развития.

Ключевые слова: кампус, дизайн-проект, природный и культурный ландшафт, междисциплинарный подход, Фертики, Удмуртская Республика.

Цитирование. Замятина Ю. А., Кашин А. А., Кондратьева О. А., Мухаметшин И. Р. Реконструкция кампуса «Фертики» Удмуртского госуниверситета: ландшафтное обоснование дизайн-проекта // Природные системы и ресурсы. – 2021. – Т. 11, № 2. – С. 35–48. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.5>

Введение

Полевые исследования для представителей ряда направлений являются неотъемлемым компонентом профессиональной подготовки. Для геологов, географов, биологов полевой практик невозможно заменить ни ди-

станционными методами работы, ни тренажерами и симуляторами. Кроме всех моментов, связанных непосредственно с учебной работой и научными исследованиями, необходимым является формирование навыков организации труда и отдыха в полевых условиях, поскольку будущая профессиональная дея-

тельность многих выпускников данных направлений связана с экспедициями и длительным нахождением в «отрыве от цивилизации». Следовательно, и необходимость в стационаре не вызывает сомнений. В то же время использование целого загородного комплекса зданий и сооружений, учитывая оплату труда персонала и коммунальные платежи, в течение 1–2 месяцев в году в настоящее время становится очень сложным с экономической и организационной точек зрения. Поэтому необходимо расширять круг заинтересованных факультетов (институтов), вузов и организаций-партнеров для ведения разных видов деятельности, имеющей в основе прежде всего учебно-научную и познавательную составляющую. При этом сам стационар – кампус – необходимо переформатировать таким образом, чтобы он отвечал соответствующим требованиям и с содержательной, и с инфраструктурной точек зрения. На наш взгляд, в основу реконструкции (реновации) должны быть положены базовые ландшафтные (природные, культурные и исторические) закономерности, отражающие специфику вмещающей территории в широком смысле слова, реализованные через научно обоснованные современные дизайнерские решения.

Историческая справка. Экономическая и социальная нестабильность 1990-х гг. в России, кратное сокращение финансирования системы образования привели к многочисленным проблемам в развитии материально-технической базы университетов. В то же время, определенным стимулом для расширения сети региональных географических (а также биологических, геологических и т. д.) стационаров стало фактическое сворачивание программы выездных практик за пределы своих регионов, особенно в республике бывшего СССР, ставшие иностранными государствами.

В 1990 г. в Удмуртском госуниверситете из состава биолого-химического выделяется географический факультет, а уже через год начинается поиск постоянного места для строительства базы практик. Стационар «Фертики» начал создаваться 1992 году. Традиционный подход к созданию подобных баз заключается в том, что место для стационара определяется исходя из возможностей изучения тех или иных процессов и явлений, транспортной и пешеходной доступности основных изучаемых объектов. В связи с высокой сельскохозяйственной освоенностью территории Удмуртии выбор места для строительства был ограни-

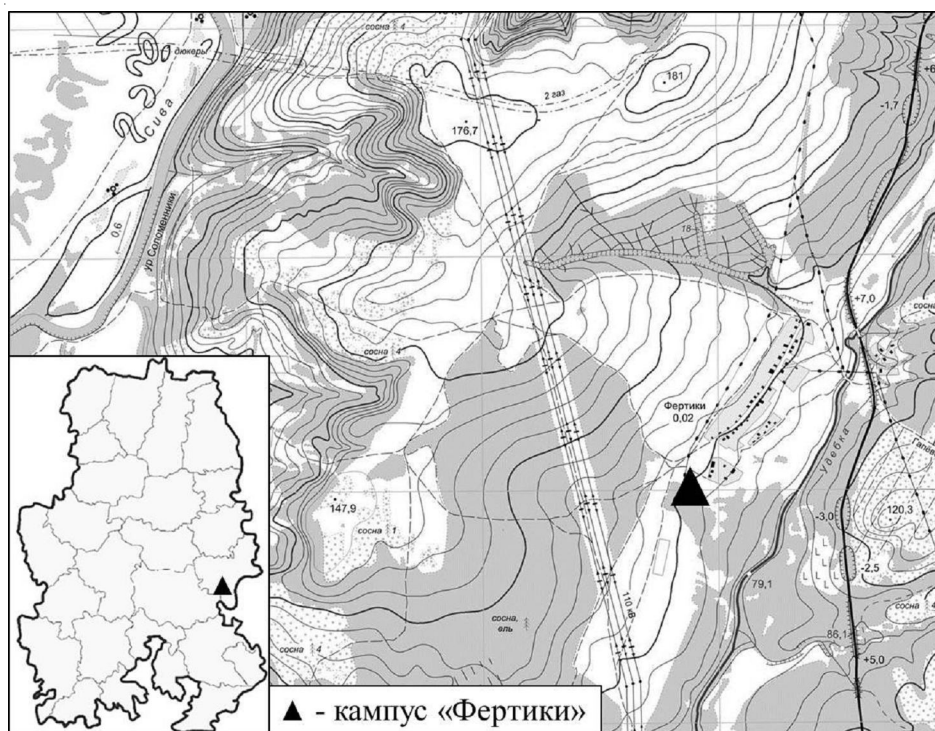


Рис. 1. Географическое положение кампуса «Фертики»

чен. Поэтому в случае с «Фертиками» выбор был обусловлен в первую очередь наличием свободного земельного участка (рис. 1).

Первым и главным объектом стал двухэтажный деревянный дом 1926 г. постройки, располагавшийся в Ижевске на месте одного из будущих корпусов университета. Он был демонтирован и перевезен на окраину д. Фертики Воткинского района – на площадку для строительства университетского стационара. Дом был собран на новом месте и стал служить для проживания студентов и преподавателей и проведения учебных занятий. В последующие годы появился ряд новых объектов: колодец, кухня-столовая, баня, летние душевые, метеостанция, преподавательский и гостевой дома и ряд других.

Однако в настоящее время стало очевидным, что для дальнейшего развития и расширения видов деятельности необходима реновация – причем не только в материально-техническом плане, но и в смысловом и содержательном. Согласно [9, с. 302], «реновация (от лат. *renovatio* – обновление) – экономический процесс обновления, восстановления, замены элементов основных производственных фондов на новые». В трактовке понятия в качестве синонима указывается термин «санация» в значении «экономическая система финансово-экономических, технических и иных мер по восстановлению и реконструкции предприятий и учреждений; упорядочение их функционирования в новых условиях (напр., в “новых землях” Германии 90-х годов)» [9, с. 315]. На наш взгляд, именно значение термина «санация» в указанной трактовке соответствует задачам, стоящим перед университетом в плане развития стационара «Фертики». При этом использование самого термина в официальных документах (планах развития, технической документации, официальных публикациях и т. д.) не представляется продуктивным, так как слово имеет неоднозначный контекст: зачастую применяется для обозначения системы мер, применяемых к компаниям, неспособным заплатить по своим обязательствам.

В мае 2020 г. начались работы по обновлению материально-технической базы: ремонту существующих и возведению новых зданий и сооружений. Параллельно начал разра-

батываться план развития с расширением видов деятельности и привлечением новых партнеров – структурных подразделений университета, физических лиц и организаций, заинтересованных в расширении существующих и разработке новых форматов работы. Сам стационар впервые стал позиционироваться как комплексная учебно-научная, творческая и рекреационная площадка университета. В расширенном понимании – полноценный кампус. При этом необходимо сохранить и сделать центральной учебно-научную составляющую и не уйти в сторону чисто коммерческой деятельности или рекреационного использования.

Цель настоящего исследования – разработка комплексного ландшафтного обоснования реконструкции (реновации) кампуса «Фертики» Удмуртского госуниверситета.

Задачи:

1. Формулировка и обсуждение основных принципов реконструкции.
2. Выполнение функционального зонирования территории.
3. Разработка дизайн-проекта плана благоустройства и озеленения территории кампуса и реконструкции учебного корпуса.
4. Ландшафтное обоснование дизайнерских решений с позиций природного и культурного ландшафтоведения.

Объект и методы

Сбор первичной информации проходил в процессе обсуждения в рамках института естественных наук УдГУ, с руководством вуза, а также представителями других институтов, потенциально заинтересованных в эксплуатации кампуса (для проведения учебных практик, научных исследований, реализации программ дополнительного образования). В результате были сформулированы основные требования к стационару с точки зрения как инфраструктурного, так и содержательного наполнения. На основании этих требований было сформулировано техническое задание, в соответствии с которым разрабатывался дизайн-проект.

В соответствии с планом развития кампуса были выделены основные функциональные зоны (см. рис. 2):

1. Жилая. Включает в себя дома для проживания общей разовой вместимостью 80 человек. 64 места (8 домов вместимостью по 8 человек) рассчитаны для круглогодичного проживания. В 2020 г. закуплены и смонтированы 2 дома из 8 запроектированных.

2. Коммунально-бытовая. Включает кухню-столовую, бани, душевые, уборные. Большая часть объектов находится в рабочем состоянии, основная задача – приведение в соответствии с санитарными нормативами и возможностью круглогодичного использования. Одна из целей реконструкции данной зоны – повышение бытового комфорта, что призвано расширить круг возможных посетителей и гостей кампуса.

3. Учебно-научная. Включает учебный корпус, метеостанцию, творческие мастерские. В настоящее время в качестве учебного помещения используется двухэтажный деревянный дом, однако дальнейшая его эксплуатация под вопросом в связи с несоответствием противопожарным и санитарным требованиям. В дизайн-проекте отражена реновация корпуса, однако параллельно прорабатывается план строительства нового здания с переносом в него функционала старого. При этом дизайн-проект остается актуальным, так как основные параметры (размеры, планировка) планируется реализовать в новом корпусе.

4. Рекреационная. Несмотря на приоритет учебной, научной и творческой деятельности, развитие рекреационной сферы призвано повысить привлекательность кампуса и должно расширить круг посетителей и гостей. При позиционировании стационара как рекреационной загородной площадки вуза, в том числе для отдыха сотрудников и студентов, необходима соответствующая инфраструктура. Для развития данной зоны заложена реконструкция спортивной площадки, установка детского городка, а также отдельные локации для спокойного отдыха в пределах парковой зоны: беседки, дорожки, гамаки, качели, фотозона и т. д.

5. Парковая. Значительная часть территории кампуса в настоящее время не используется (при общей площади 4 га эксплуатируется около 1,5) и занята малоценной влаголюбивой травянистой и древесно-кустарниковой растительностью (осока, таволга, раkitник, ольха и т. д.). На данном участке запроектирован дренажный канал и высадка деревьев и кустарников в соответствии с дендрологическим планом.

Необходимо отметить, что функциональные зоны не являются изолированными с содержательной точки зрения и имеющими узкое назначение. Все они вписаны в единый дизайн-проект и дополняют друг друга во многих аспектах. Так, парковая зона имеет и рекреационное, и учебно-научное назначение.

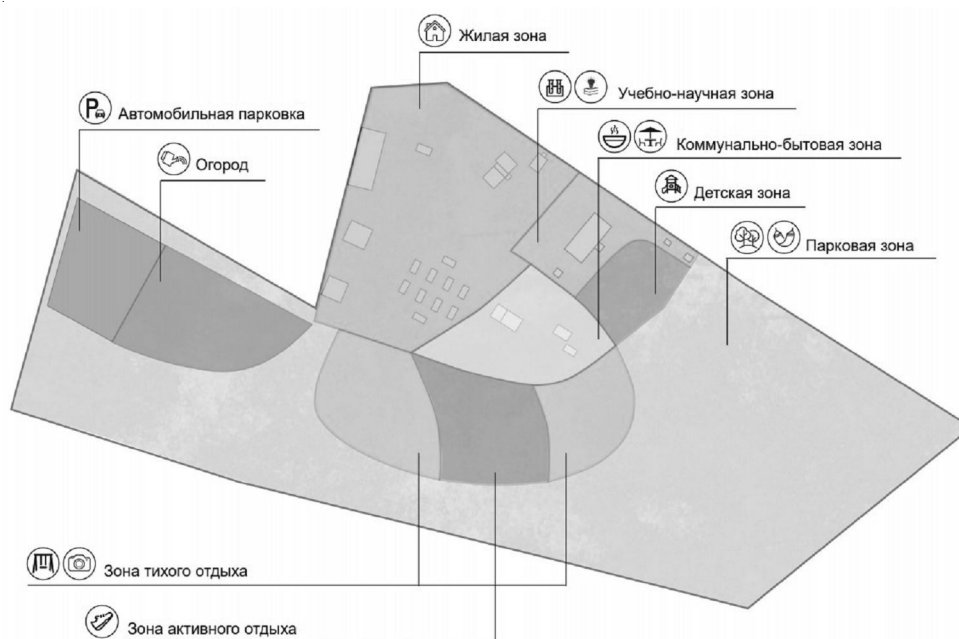


Рис. 2. Функциональное зонирование кампуса

В учебном корпусе запроектирован экспозиционный зал, который можно рассматривать и как объект экскурсионной деятельности (имеющей и учебный, и познавательный, и рекреационный аспекты). Общая цветовая гамма всех зон и объектов является природно-обусловленной и призвана демонстрировать основные цвета, типичные для вмещающего ландшафта. Данное обстоятельство также может рассматриваться как элемент в проведении учебных занятий и экскурсий.

В состав авторского коллектива дизайнеров вошли студенты магистратуры и преподаватели кафедры дизайна, а также специалист-дендролог учебного ботанического сада УдГУ. Все основные составные элементы дизайн-проекта стали результатом, выражением ландшафтных особенностей территории. Цветовая гамма, используемые строительные материалы, породный состав деревьев проектируемого парка, арт-объекты, особенности планировки – все это призвано акцентировать внимание на географической и исторической специфике местности. С одной стороны, сам кампус должен стать естественным элементом территории, а с другой – концентрировать ее характерные особенности.

Необходимость концентрации ландшафтных особенностей местности в пределах кампуса обусловлена в первую очередь учебными и познавательными целями. Акцентирование внимания на отдельных объектах и их составных частях, возможность организации экскурсий на территории стационара призваны вызвать интерес у потенциальных партнеров и создать уникальную площадку, которая могла бы использоваться как в учебно-научном, так и в рекреационном плане. Даже при нахождении непосредственно в пределах кампуса, без выхода за его пределы, должен быть целый ряд объектов и точек, позволяющих продемонстрировать основные ландшафтные особенности обширной территории. Данное обстоятельство и стало отправным моментом при разработке стратегии развития кампуса в целом и дизайн-проекта – в частности.

Результаты и их обсуждение

Стационар «Фертики» (официальное название – биогеоэкологическая станция УдГУ)

располагается в Воткинском районе Удмуртии в 80 км к востоку от г. Ижевска и в 11 км к юго-востоку от г. Воткинска.

Территория приурочена к долине малой реки Удебки, дренирующей узкую водораздельную зону между долинами Камы и ее притока Сивы, впадающей ниже плотины Воткинского водохранилища. Это дает возможность изучать как долинные, так и между-речные пространства с их специфическими ландшафтными особенностями. Расстояние по прямой до р. Сивы – около 3 км, до Воткинского водохранилища – 4,5 км. Несмотря на то что выбор места для стационара был во многом случайным, его можно оценить как удачное с точки зрения ландшафтного разнообразия.

Отражение почвенно-литологических и ландшафтно-ботанических особенностей.

Стационар располагается в восточной части Удмуртии, на широте г. Ижевска. Центральная часть республики находится в пределах обширной переходной полосы от таежной зоны к подтайге. Эта зона как самостоятельная выделяется не всеми учеными-ландшафтоведами и геоботаниками, но в широком смысле она является одной из вариаций южной окраины лесной зоны умеренного пояса северного полушария (вместе с понятиями «смешанные леса», «смешанные и широколиственные леса» и т. д.).

Варианты границы таежной и подтаежной зон в пределах Удмуртии несколько различаются, что также свидетельствует о ее недостаточной четкой пространственной выраженности. Так, если В.И. Стурман [2] проводит ее по северному краю Кильмезского песчаного массива (Советск – Нолинск – Красногорское – Игра – Оханск), имеющему субширотное простираие (с юго-запада на северо-восток), то И.И. Рысин [1] – по северному краю Центрально-Удмуртского массива (Сюмси – Якшур-Бодья – Шаркан), то есть примерно на 40–60 км южнее. Сам факт неявной выраженности данной границы обусловлен в том числе прохождением по центральной Удмуртии ряда эоловых песчаных массивов, стирающих и без того нечеткий зональный рубеж и вносящих элемент азональности в распределение основных ландшафтных характеристик. В частности, литогенная основа

формирует парадоксальную ландшафтную границу, когда при переходе от подтайги к таежной зоне наблюдается уменьшение залесенности [2].

При этом эоловые массивы являются своеобразными резерватами как теплолюбивых, неморальных и лесостепных, так и североазиатских и даже тундровых видов растений и образуемых ими сообществ [2].

В окрестностях стационара в радиусе до 10 км встречается широкое разнообразие ти-

пов растительности: это и темнохвойные леса, и хвойно-широколиственные, и светлохвойные (сосновые) на эоловых песках, и фрагменты дубрав по долине р. Сивы, обращенной на юг. Кроме того, встречаются разные типы лугов, небольшие болотные массивы и агроценозы.

Расчлененный рельеф и глубоко врезанная долина Камы делает территорию разнообразной с орографической точки зрения. Перепад высот в пределах окрестностей стационара в радиусе 3–5 км составляет около

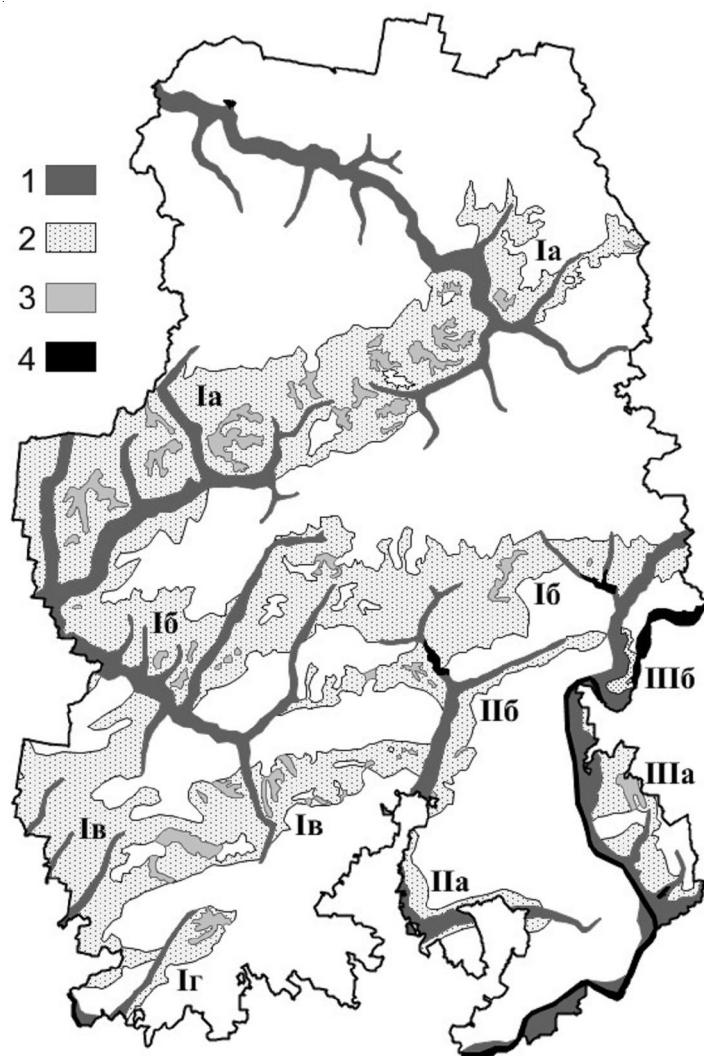


Рис. 3. Конфигурация эоловых песчаных массивов на территории Удмуртии

Условные обозначения: 1 – аллювиальные отложения пойм и верхнечетвертичных надпойменных террас крупных рек; 2 – эоловые отложения долин и склонов; 3 – эоловые отложения водоразделов; 4 – водная поверхность.

Индексы: I – Вятский эоловый массив (а – Кильмезский рукав, б – Центрально-Удмуртский рукав, в – Можгинский рукав, г – Умякский рукав); II – Ижский эоловый массив (а – Кырыкмасский рукав, б – Ижско-Позимский рукав); III – Камский эоловый массив (а – Шольинско-Камбарский рукав, б – Камско-Сивинский рукав)

Примечание. Источник: [10].

110 м (в целом для территории Удмуртии амплитуда высот 280 м). При этом непосредственно в окрестностях можно наблюдать формы рельефа разной размерности (долины малых, средних и крупных рек), генезиса (флювиальные, эоловые, элювиальные, нивальные, антропогенные) и времени возникновения (современные и реликтовые).

Разнообразие литологического состава и пестрота поверхностных отложений обусловлены и расчлененным рельефом, и наличием вытянутых в субширотном направлении песчаных массивов, образовавшихся в перигляциальных условиях плейстоцена. Так, Фертики расположены в пределах Камско-Сивинского рукава Камского эолового массива [10]. Именно наличие песчаных массивов является одним из важнейших факторов формирования ландшафтного разнообразия. На песках сформировались почвы, обладающие очень низким естественным плодородием, что стало главной причиной отсутствия сплошного аграрного освоения. При наложении песчаных массивов в виде линейно вытянутых полос формируется своеобразная «освоенческая чересполосица», когда освоенные в сельскохозяйственном и промышленном отношении участки чередуются с крупными лесными массивами. Говоря о географических следствиях такого чередования, необходимо упомянуть эффект граничности, который проявляется в повышенном ресурсном разнообразии ландшафтных границ, что является фактором притяжения крупных поселений и районов концентрации хозяйственной деятельности [7; 8]. В частности, именно к выраженным в пространстве ландшафтным рубежам приурочены самые крупные в Удмуртии населенные пункты, в том числе – города Ижевск и Воткинск.

Данную важнейшую географическую особенность – территориальную дифференциацию расселения и хозяйства – можно изучать и демонстрировать на примере окрестностей стационара «Фертики». Тяготение крупных населенных пунктов к ландшафтным рубежам известно давно и является достаточно изученным феноменом. В условиях удмуртского Прикамья важнейшими рубежами в историческом контексте стали именно границы эоловых массивов. Центральной и южной Удмур-

тии соответствует северный край зоны сплошного аграрного освоения, однако большую часть территории региона можно считать своеобразной граничной полосой – от очагово-линейного к сплошному типу освоения. В этих условиях в ресурсном отношении участки возвышенностей, не покрытых песками, являлись источниками продовольственных ресурсов. Мозаичный почвенный покров с участками достаточно плодородных серых лесных и дерново-карбонатных почв способствовал относительно неплохим для данных климатических условий урожаям зерновых, позволявшим кормить не только густонаселенную аграрную местность, но и население заводских поселков (в том числе – Воткинского завода, основанного в 1759 г.). В то же время песчаные массивы с сильноподзолистыми почвами, обладающими низким естественным плодородием и, как следствие, с хорошо сохранившимися лесами, служили источником древесины, использовавшейся и как строительный материал, но что более важно – как источник для производства древесного угля, необходимого в металлургии XVIII–XIX веков.

Данную характерную черту можно наблюдать и на топологическом (локальном) уровне. Так, в окрестностях Фертиков мозаичность в распределении лесов во многом обусловлена конфигурацией песчаных массивов. Большая часть участков, покрытых эоловыми песками, соответствует фрагментам лесов, преимущественно светлохвойных (сосна). В то же время выходы элювиально-делювиальных и делювиально-солифлюкционных, а также аллювиальных отложений (в случае если они не заболочены) соответствуют сельскохозяйственным угодьям. Преимущественно это сенокосные луга либо посевы кормовых культур – однолетних и многолетних.

Данная особенность местности – разнообразие типов растительности, обусловленное мозаичностью литологического состава и расчлененностью рельефа – отражена в дендрологическом плане кампуса. Разумеется, в основе озеленения – искусственные насаждения. Но в то же время, набор пород позволяет продемонстрировать основные особенности тех или иных видов древесных растений, в том числе – с точки зрения условий произрастания. В частности, при проведении лекционных

и практических занятий, а также учебных экскурсий, отдельные деревья и их группы можно использовать в качестве «наглядных пособий» с объяснением наиболее типичных для их произрастания мест и параллельно демонстрировать топографические карты и снимки местности с беспилотного летательного аппарата с указанием урочищ, для которых леса с тем или иным породным составом характерны в естественном произрастании.

Так, в пределах кампуса уже имеются небольшие группы взрослых деревьев ели европейской и сибирской. Их планируется сохранить и расширить посадками молодых деревьев. Данное обстоятельство является одним из проявлений географического положения Удмуртской Республики: нахождение вблизи границы Европы и Азии способствует взаимопроникновению европейских и сибирских видов. То же самое касается насаждений сосны сибирской (кедровой). Данная порода не является типичной для Удмуртии, но может быть использована для озеленения и представляет большую эстетическую и хозяйственную ценность. Ландшафтно-климатические условия региона являются вполне подходящими для данной породы, что подтверждается наличием кедровых рощ (памятник природы регионального значения – Заякинская кедровая роща в Игринском районе).

С точки зрения характеристики условий произрастания интерес представляют насаждения лиственницы сибирской. Как и сосна кедровая, не являясь породой, типичной для Удмуртии, она, хорошо приживается в условиях западного Приуралья. Для содержательного наполнения экскурсий, в том числе для работы с одаренными школьниками (что является для института естественных наук одним из приоритетов во внешней деятельности) необходима демонстрация пород, произрастающих в разных условиях. В случае с лиственницей – это наименее благоприятные условия: с продолжительными морозными зимами, коротким прохладным летом, многолетней мерзлотой, что типично для северного и приполярного Урала и большей части азиатской территории России.

Для значительной части территории Удмуртии характерной чертой является взаимопроникновение таежных и даже тундровых с

одной стороны, и лесостепных и даже степных – с другой – видов растений. В центральной Удмуртии главной причиной являются крупные эоловые массивы, служащие такими «проводниками», а на юге усиливается роль рельефа. Так, обращенные на юг долины крупных и средних рек являются своего рода «коридорами» для проникновения волн теплого воздуха из более южных широт. В окрестностях кампуса «Фертики» таковыми являются долины Камы и Сивы. Именно к ним приурочена северная оконечность ареала распространения дуба черешчатого (обыкновенного) [5]. Исходя из этих особенностей, для окрестностей Фертиков вполне обычным является сочетание на небольшой территории типичных бореальных видов (ель европейская, сосна кедровая сибирская и т. д.) и более теплолюбивых широколиственных (дуб черешчатый, липа мелколистная, клен остролистный и т. д.).

Кроме того, в дендрологический план заложены посадки ивы пурпурной и ивы шаровидной. Данные виды, кроме их эстетических качеств и неприхотливости, обладают важной способностью произрастать на переувлажненных почвах и поглощать излишки влаги, что имеет большое значение, т.к. территория создаваемой парковой зоны переувлажнена, а местами даже заболочена. С ландшафтной точки зрения с помощью посадок ивы можно продемонстрировать факторы, приводящие к заболачиванию и методы мелиорации переувлажненных земель. В данном случае этот аспект может служить основой для объяснения интразональных явлений. Согласно [3], интразональность – явление, связанное с формированием разнообразных почв, растительных сообществ и группировок животных в условиях, резко отличающихся от основных зональных природных комплексов, развитых в плакорных условиях, соответствующих климатической норме данной местности. Низинное болото (и заболоченные земли), обусловленное выровненным рельефом низких надпойменных террас р. Удэбки и близким залеганием водоупоров, является примером проявления интразональности.

Отражение орогидрографических и гидрогеологических особенностей. Территория Удмуртии находится в области с достаточным и избыточным увлажнением, что

обуславливает высокую густоту речной сети. Главная река региона – Кама, являющаяся крупнейшим притоком Волги. Кампус «Фертики» находится в 4,5 км к западу от Воткинского водохранилища на р. Каме. В 3 км к западу от Фертиков протекает крупный приток Камы – р. Сива.

Реки сыграли огромную роль в хозяйственном освоении и заселении территории Удмуртии. При этом велика была роль не только крупных судоходных рек (Кама), но и средних и даже малых. В первую очередь, они служили готовыми «коридорами» для расселения, по которым можно было передвигаться зимой пешим ходом и на конной тяге. В условиях очагового освоения, почти сплошной залесенности и отсутствии постоянной дорожной сети роль рек была исключительной.

Малые реки. Непосредственно рядом с территорией кампуса протекает малая река Удебка – приток Сивы. Транспортное значение таких рек было невелико, но очень важной была их водно-энергетическая функция. Практически непрерывный рост плотности сельского населения в XVIII – XX веках стал причиной постоянного расширения сельхозугодий и широкого строительства мельниц на малых реках. Так, к концу XVIII в. в четырех «удмуртских» уездах было 1 545 мельниц. Кроме мукомольных, были так называемые пильные мельницы, производившие доски и тес. К концу XVIII в. в крае действовало 18 пильных мельниц [6]. Своеобразным «памятником» служат остатки земляной плотины мельничного пруда на р. Удебке непосредственно вблизи кампуса. Этот объект, не обладающий высокой аттрактивностью, тем не менее, является важным артефактом и объектом экскурсионного характера. В содержание учебных и познавательных экскурсий плотина включается в обязательном порядке, так как отражает важный аспект природно-ресурсной базы освоения обширной территории.

В настоящее время хозяйственное значение подобных рек минимально, но в плане развития кампуса совместно с муниципальными органами власти рассматривается возможность восстановления пруда и превращения его в важный водохозяйственный и рекреационный объект.

Средние реки. С повышением порядка реки увеличивалась и их транспортная роль. Так, река Сива – приток Камы – при среднегодовом расходе воды в устье 31,2 м³/сек [12] в XIX – начале XX вв. использовалась для сплава пароходов, производившихся Воткинским заводом, до судоходной реки Камы. Несмотря на отсутствие судоходства в настоящее время, роль Сивы в становлении судостроения и развитии судоходства в Волжско-Камском бассейне была неоспоримой. Сплав крупных пароходов с длиной корпуса до 90 м и весом до 1000 тонн по рекам Вотка и Сива [4; 13] мог осуществляться только в период весеннего половодья. Данное обстоятельство является важной чертой сезонного характера многих производственных циклов в раннеиндустриальную эпоху. В более широком плане это – одна из сторон для иллюстрации роли климатоландшафтных особенностей территории в становлении территориально-отраслевой структуры хозяйства.

Долина р. Сивы интересна с точки зрения демонстрации многих современных и реликтовых рельефообразующих процессов. Боковая эрозия в пределах русла, овражная эрозия и плоскостной смыл на склонах долины с образованием соответствующих отложений изучаются в процессе учебной практики и демонстрируются в процессе экскурсий. Из реликтовых форм рельефа можно отметить континентальные дюны, образованные деятельностью ветра и располагающиеся на высоких надпойменных террасах, а также эрозионно-нивальные цирки и ниши.

Крупные реки. Крупнейшая река в окрестностях кампуса – Кама, являющаяся одной из важнейших на востоке Русской равнины и в Предуралье как с точки зрения хозяйственно-освоенческой, так и культурной и даже ментальной. Непосредственно в пешеходной доступности от Фертиков располагается берег Воткинского водохранилища – искусственного водного объекта, созданного на Каме в начале 1960-х гг. для работы Воткинской ГЭС. Коренной правый берег Камы представляет собой уступ высотой до 40–50 м, вскрывающий породы уржумского яруса среднепермского отдела. В береговой зоне водохранилища активно проявляются абразионно-аккумулятивные, обвально-осыпные,

оползневые, суффозионные процессы. Таким образом, водохранилище представляет интерес не только с точки зрения изучения речной сети как транспортной системы региона (в этом плане экскурсия на водохранилище имеет лишь созерцательный аспект), но в первую очередь для изучения геологического строения территории и современных экзогенных процессов.

С точки зрения формирования отдельных объектов и зон самого кампуса используются крупные обломки горных пород, переработанные волноприбойной деятельностью. Глыбы песчаника, валуны и галька кварцита и конгломератов используются для малых композиций в благоустройстве территории (альпийские горки, бордюры пешеходных дорожек и т. д.). Очень необычные композиции создаются из переработанных волнами стволов и корней деревьев. Многие из них представляют собой готовые естественные скульптуры, которые используются для оформления фотозоны, входных групп, ограждения территории и т. д. Кроме сугубо дизайнерского аспекта, дерево и камень, обработанные волнами, служат для демонстрации и объяснения процесса абразии, характерного для всего правобережья Камы.

Что касается гидрогеологических особенностей, – характер залегания грунтовых вод и основные закономерности, связанные с их распределением и глубиной залегания, можно изучать и демонстрировать непосредственно в пределах кампуса. Главным источником водоснабжения является колодец глубиной 5 метров. Уровень грунтовой воды стабилен, дебит достаточен для хозяйственного и питьевого водоснабжения группы 80–90 человек. По результатам регулярно проводимых химических анализов состав воды гидрокарбонатный магниевый-кальциевый с минерализацией около 0,2–0,4 г/л, что типично для грунтовых вод зоны интенсивного водообмена в Удмуртии.

Большая часть территории кампуса перекрыта элювиально-делювиальными супесями, подстилаемыми суглинистыми и глинистыми водоупорами. В юго-восточной части территории водоупоры выходят на поверхность, вызывая переувлажнение и локальное заболачивание. В проект реконструкции кампуса заложена прокладка осушительного канала с целью понизить уровень грунтовых вод.

Ландшафтный анализ общих дизайнерских подходов. К общим подходам, реализуемым в развитии разных функциональных зон, можно отнести цветовые решения и используемые материалы. Основные цвета, используемые в дизайн-проекте – зеленый, коричневый, серый, бежевый, черный. Они отражают естественную цветовую гамму, характерную для ландшафта. Традиционные строительные материалы – дерево и камень. Исторически именно они использовались человеком на территории Вятско-Камского междуречья. Металл, а тем более синтетические материалы в качестве строительных материалов появились гораздо позже. Их использование в настоящее время продиктовано соображениями практичности, долговечности и доступности, но, тем не менее, в проекте они используются ограниченно, и даже в случае использования они, как правило, декорируются, под дерево или камень посредством передачи цвета и фактуры.

Естественность, гармония с вмещающим ландшафтом, не только отвечают общему плану реконструкции кампуса, но и соответствуют современным дизайнерским трендам. Так, в настоящее время становится все более распространенным т.н. медленный дизайн, в котором основное внимание уделяется материалам, происхождению изделия и способам его изготовления с учетом окружающей среды и устойчивости [11].

В полной мере данные тенденции отражены в проекте реконструкции учебного корпуса. Как упоминалось выше, даже в случае невозможности дальнейшей эксплуатации и реконструкции самого двухэтажного деревянного дома – архитектурной доминанты и своеобразного символа кампуса – тот объект, который будет построен ему на смену, должен сохранить основные параметры существующего строения.

В существующем корпусе 4 комнаты одинаковой площади (7,5 × 8,5 м) – по 2 на каждом этаже. Планировку предлагается сохранить (или перенести в новое здание) и оборудовать помещения следующего назначения:

1. Лекционный зал.
2. Камеральная комната для проведения занятий и самостоятельной подготовки.
3. Творческая мастерская для работы художников и скульпторов.

4. Экспозиционный зал, выполняющий роль естественно-научного и исторического музея.

За основу было решено взять смесь стилей «минимализм» и «эко-стиль». Минимализм в этом решении заключается лаконичностью выразительных средств, простотой, точностью и ясностью композиции. Принцип «эко-стиля» в проекте прослеживается в малых индивидуальных формах, мебели из натуральных и экологичных материалов.

В проекте преимущественно используется мебель простых геометрических форм в стиле минимализм, что позволяет соединять между собой модули.

Основными материалами в проекте являются декоративная штукатурка, натуральное обработанное дерево, фанера и их сочетание с разными металлическими конструкциями. Активно используется выделение функционального зонирования с помощью разных цветовых плоскостей, текстуры, материалов, LED-подсветки.

Для дополнения концепции помещения используются различные виды декоративных растений, сухостоя, кашпо, картин местных художников.

Интерьер выдержан в спокойной естественной цветовой гамме, применены натуральные оттенки и их сочетания с контрастными темными или светлыми цветами. Такое сочетание делает обстановку не только уютной, гармоничной, но и современной.

Материалы всего интерьера экологичны, а элементы декора являются органичной частью вмещающего ландшафта.

Завершая характеристику ландшафтного обоснования реконструкции кампуса, необходимо упомянуть, что в содержательном наполнении отдельных помещений учебного корпуса запроектирована экспозиция гербария, коллекции горных пород и минералов, а также тематические настенные карты, картины художников и фотоработы. Они призваны продемонстрировать важнейшие ландшафтные особенности окрестностей кампуса, а шире – всей территории Удмуртии, с акцентом на характеристику удмуртского Прикамья.

Заключение

В результате выполненных работ был создан дизайн-проект кампуса «Фертики»

Удмуртского госуниверситета и выполнено его ландшафтное обоснование. На наш взгляд, подобные работы необходимо рассматривать шире, нежели просто выполнение частной задачи. Это своеобразный пример междисциплинарного подхода в формировании локального пространства, являющегося выразителем географической специфики гораздо более обширной территории.

Помимо основной цели разработки и реализации проекта реконструкции кампуса, важной является возможность расширения круга заинтересованных факультетов (институтов) университета для прохождения практики. В выполнении работ по реконструкции могут быть использованы знания и навыки студентов и преподавателей географических, биологических, геологических, исторических, экономических и ряда других направлений подготовки. В складывающихся условиях только комплексный междисциплинарный подход в реконструкции может стать действенным и способным объединить усилия разных заинтересованных сторон и привлечь необходимое финансирование. Более того, наличие кампуса, обеспеченного необходимой инфраструктурой, оборудованного в соответствии с современными дизайнерскими подходами и органично вписанного в географический, исторический и культурный контекст вмещающей территории, способно стать важным конкурентным преимуществом развития регионального вуза в сложных конкурентных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Удмуртской Республики / под ред. И. И. Рысина. М. : Феория, 2016. – 282 с.
2. Баранова, О. Г. К вопросу о положении южной границы таежной зоны на территории западного Предуралья / О. Г. Баранова, Е. И. Егоров, В. И. Стурман // Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле. – 2010. – Вып. 1. – С. 59–69.
3. Большая российская энциклопедия. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <https://bigenc.ru/biology/text/2015317> (дата обращения: 29.01.2021). – Загл. с экрана.
4. Добровольский, И. А. Воткинский завод на рубеже эпох: заметки конструктора / И. А. Добровольский. – Воткинск : МП МИИЦ, 2009. – 299 с.

5. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 2. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные) / И. А. Губанов [и др.]. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2003. – 665 с.

6. История Удмуртии : конец XV – начало XX века / под ред. К. И. Куликова; введение М. В. Гришкиной, Н. П. Лигенко. – Ижевск : УИИЯЛ УрО РАН, 2004. – 552 с.

7. Кашин, А. А. Исследование ландшафтной организации территории Удмуртии как фактора хозяйственного освоения и расселения населения : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Кашин Алексей Александрович. – Пермь, 2016. – 28 с.

8. Кашин, А. А. Удмуртия в ландшафтном измерении: природа, культура, этносы : монография / А. А. Кашин, М. А. Пермяков, Н. Н. Тимерханова. – Ижевск : Удмуртский университет, 2019.

9. Комлев, Н. Г. Словарь иностранных слов / Н. Г. Комлев. – М.: ЭКСМО, 2006. – 669 с.

10. Обатнин, В. А. Анализ распределения четвертичных отложений на территории Удмуртской Республики путем создания цифровой карты / В. А. Обатнин, А. В. Сергеев // Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле. – 2020. – Т. 30, вып. 2. – С. 175–189.

11. Тренды 2020/2021: 10 ключевых тенденций от эко-дизайна до новой эклектики // INTERIOR+DESIGN – онлайн-издание о дизайне. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <https://www.interior.ru/design/10596-trendi-2020-2021-10-klyuchevih-tendentsii-ot-eko-dizaina-do-novoi-eklektiki.html> (дата обращения: 29.01.2021). – Загл. с экрана.

12. Удмуртская Республика : энциклопедия / гл. ред. В. В. Туганаев. – Ижевск : Удмуртия, 2000. – 800 с.

13. Mitiukov, N. W. Memoirs of I. V. Dobrovolsky as a Historical Source for Votkinsk Shipbuilding / N. W. Mitiukov // Russkaya Starina. – 2017. – Vol. 8, № 2. – P. 122–142. – DOI: <https://doi.org/10.13187/rs.2017.2.122>.

REFERENCES

1. Rysina I.I., ed. *Atlas Udmurtskoy Respubliki* [Atlas of the Udmurt Republic]. Moscow, Feoria Publ., 2016. 282 p.

2. Baranova O.G., Egorov E.I., Sturman V.I. K voprosu o polozhenii yuzhnoy granitsy tayozhnoy zony na territorii zapadnogo Predyralya [On the Situation of the Southern Border of the Taiga Zone on the Territory of the Western Urals]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya: Biologiya. Nauki o zemle* [Bulletin of the Udmurt University. Biology series. Earth Sciences], 2010, vol. 1, pp. 59–69.

3. *Bolshaya rossiyskaya entsyklopediya* [The Great Russian Encyclopedia]. URL: <https://bigenc.ru/biology/text/2015317> (accessed 29 January 2021).

4. Dobrovolsky I.A. *Votkinsky zavod na rubezhe epoch: zametki konstruktora* [Votkinsky Plant at the Turn of the Ages: Notes of the Designer]. Votkinsk, MPMIITS, 2009. 299 p.

5. Gubanov I.A., Kiseleva K.V., Novikov V.S., Tikhomirov V.N. *Illyustrirovannyi opredelitel rasteniy Sredney Rossii. T. 2. Pokrytosemennye (dvudolnye: razdelnolepестnye)* [Illustrated Determinant of Plants of Central Russia. Vol. 2. Angiosperms (Dicotyledons: Razdelnolepестnye)]. Moscow, KMK Scientific Press Ltd., 2003. 665 p.

6. Kulikov K.I., ed. *Istoriya Udmurtii: konets XV – nachalo XX veka* [The History Of The Udmurt Republic: Late 15th – Early 20th Century]. Izhevsk: UdNII Publ., 2004. 552 p.

7. Kashin A.A. *Issledovanie landshaftnoy organizatsii territorii Udmurtii kak faktora khozyaystvennogo osvoeniya i rasseleniya naseleniya: avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk* [Research of the Landscape Organization of the Territory of Udmurtia as a Factor of Economic Development and Settlement of the Population. Cand. geograph. sci. diss. abs.]. Perm, 2016. 28 p.

8. Kashin A.A., Permyakov M.A., Timerkhanova N.N. *Udmurtiya v landshaftnom izmerenii: priroda, kultura, etnosy: monografiya* [Udmurtia in the Landscape Dimension: Nature, Culture, Ethnoses. A Monograph]. Izhevsk, Udmurt University, 2019.

9. Komlev N.G. *Slovar inostrannykh slov* [Dictionary of Foreign Words]. Moscow, EKSMO Publ., 2006. 669 p.

10. Obatnin V.A., Sergeev A.V. Analiz raspredeleniya chetvertichnykh otlozheniy na territorii Udmurtskoy Respubliki putem sozdaniya tsifrovoy karty [Analysis of the Distribution of Quaternary Deposits on the Territory of the Udmurt Republic by Creating a Digital Map]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya: Biologiya. Nauki o Zemle* [Bulletin of the Udmurt University. Biology Series. Earth Sciences], 2020, vol. 30, no. 2, pp. 175–189. DOI: <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2020-30-2-175-189>.

11. Trendy 2020/2021: 10 klyuchevykh tendentsiy ot eko-dizayna do novoy elektriki [Trends 2020/2021: 10 Key Trends from Eco-Design to New Eclecticism]. *INTERIOR+DESIGN – onlayn-izdanie o dizayne* [INTERIOR+DESIGN-Online Publication About Design]. URL: <https://www.interior.ru/design/10596-trendi-2020-2021-10-klyuchevih-tendentsii-ot-eko-dizaina-do-novoi-eklektiki.html> (accessed 29 January 2021).

12. Tuganaev V.V., ed. *Udmurtskaya Respublika: entsyklopediya* [Udmurt Republic: Encyclopedia]. Izhevsk, Udmurtia Publ., 2000. 800 p.

13. Mitiukov N.W. Memoirs of I. V. Dobrovolsky as a Historical Source for Votkinsk Shipbuilding. *Russkaya Starina*, 2017, vol. 8, no. 2, pp. 122–142. DOI: <https://doi.org/10.13187/rs.2017.2.122>.

Information About the Authors

Julia A. Zamjatina, Master Student, Department of Design, Udmurt State University, Universitetskaya St, 1, 426034 Izhevsk, Russian Federation, julia89ex@mail.ru

Alexey A. Kashin, Candidate of Sciences (Geography), Associate Professor, Department of Geography, Cartography and Geoinformatics, Director of the Biogeoeological Station of the Udmurt State University, Universitetskaya St, 1, 426034 Izhevsk, Russian Federation, kashin.alexey@mail.ru

Olesja A. Kondrat'eva, Master Student, Department of Design, Udmurt State University, Universitetskaya St, 1, 426034 Izhevsk, Russian Federation, kondratieva_oa@mail.ru

Il'shat R. Muhametshin, Master Student, Department of Design, Udmurt State University, Universitetskaya St, 1, 426034 Izhevsk, Russian Federation, muhametshin.izh@yandex.ru

Информация об авторах

Юлия Алексеевна Замятина, магистрант кафедры дизайна, Удмуртский Государственный Университет, ул. Университетская, 1, 426034 г. Ижевск, Российская Федерация, julia89ex@mail.ru

Алексей Александрович Кашин, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, картографии и геоинформатики, директор биогеоэкологической станции Удмуртского государственного университета, ул. Университетская, 1, 426034 г. Ижевск, Российская Федерация, kashin.alexey@mail.ru

Олеся Анатольевна Кондратьева, магистрант кафедры дизайна, Удмуртский государственного университета, ул. Университетская, 1, 426034 г. Ижевск, Российская Федерация, kondratieva_oa@mail.ru

Ильшат Ринатович Мухаметшин, магистрант кафедры дизайна, Удмуртский государственный университет, ул. Университетская, 1, 426034 г. Ижевск, Российская Федерация, muhametshin.izh@yandex.ru



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.6>

UDC 631.67:255

LBC 40.62

ASSESSMENT AND METHOD OF WATER RESOURCES MANAGEMENT IN THE ASA RIVER BASIN

Balzhhan Sh. Amanbayeva

Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan

Ermekkul D. Zhaparkulova

Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan

Mustafa G. Mustafayev

Institute of Soil Science and Agrochemistry of Azerbaijan National Academy of Science, Baku, Azerbaijan

Jozef Mosiej

Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Warsaw, Poland

Abstract. The article presents the method of water resources management in the Asa river basin and indicators of water intake, water supply and assessment of water quality. Water is an economically important resource that determines the sustainability of a country's development. New trends show that water issues are becoming more complex with other sectors, including agriculture, energy, industry, transport, and communications, as well as with social sectors: education, environment, and healthcare, rural or regional development. The rational use of water resources, as well as the protection of water resources and access to drinking water are an important priority for the world community. The Republic of Kazakhstan is no exception, since the deficit of water resources is growing every year. Today's global challenges, especially climate change and population growth, are making the situation even more worrisome. Climate change is caused by dynamic processes on Earth, external influences such as fluctuations in the intensity of sunlight, and recent human activities. Consequently, in the conditions of Kazakhstan, where water resources are limited, and irrigation develops in various natural and climatic zones, further intensification of irrigated agriculture can be carried out through the development of environmentally friendly integrated technologies, ecological and reclamation management of water and land resources, ensuring a decrease in the amount of unproductive losses of irrigation water, as well as protection of water and land resources from pollution by collector-waste waters, leaching of organic substances and nutrients, the rate of salt accumulation in the root layer and the rate of alkalization and alkanization processes. This approach is predetermined by the fact that the existing methods of water resources management inevitably lead to large losses of irrigation water for infiltration, discharge and evaporation, the value of which reaches 60–70% of the water intake.

Key words: water resources, water intake, groundwater, water saving technology, irrigation, surface water.

Citation. Amanbayeva B.S., Zhaparkulova E.D., Mustafayev M.G., Mosiej J. Assessment and Method of Water Resources Management in the Asa River Basin. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 49-55. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.6>

ОЦЕНКА И МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ АСА

Балжан Шакировна Аманбаева

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

Ермеккуль Дукеновна Жапаркулова

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

Мустафа Гылман Мустафаев

Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, г. Баку, Азербайджан

Джозеф Моснеж

Варшавский университет естественных наук, г. Варшава, Польша

Аннотация. В статье представлена методика управления водными ресурсами в бассейне реки Аса и показатели водозабора, водоснабжения и оценка качества воды. Вода – это экономически важный ресурс, определяющий устойчивость развития страны. Новые тенденции показывают, что водные проблемы становятся все более сложными с другими секторами, включая сельское хозяйство, энергетику, промышленность, транспорт и связь, а также с социальными секторами: образованием, окружающей средой, здравоохранением, развитием сельских районов или регионов. Рациональное использование водных ресурсов, а также охрана водных ресурсов и доступ к питьевой воде являются важным приоритетом для мирового сообщества. Следовательно, в условиях Казахстана, где водные ресурсы ограничены, а орошение развивается в различных природно-климатических зонах, дальнейшая интенсификация орошаемого земледелия может осуществляться путем разработки экологически безопасных интегрированных технологий, эколого-мелиоративного управления водо-земельными ресурсами, обеспечивающих снижение размеров непроизводительных потерь оросительных вод и защиту водо-земельных ресурсов от загрязнения коллекторно-сбросными водами, темпов накопления солей в корнеобитаемом слое и скорости протекания процессов осолонцевания и ошелачивания. Такой подход предопределен тем, что существующие методы управления водными ресурсами, неизбежно приводят к большим потерям оросительных вод на инфильтрацию, сброс и испарение, величина которых достигает 60–70 % от водозабора.

Ключевые слова: водные ресурсы, водозабор, грунтовые воды, водосберегающая технология, орошение, поверхностные воды.

Цитирование. Аманбаева Б. Ш., Жапаркулова Е. Д., Мустафаев М. Г., Моснеж Д. Оценка и метод управления водными ресурсами в бассейне реки Аса // Природные системы и ресурсы. – 2021. – Т. 11, № 2. – С. 49–55. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.6>

Введение

В Послании народу Казахстана 30 января 2017 г. Президент Республики Казахстан отметил необходимость технологической модернизации отраслей экономики. В связи с этой задачей Правительством республики принята Государственная программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2017–2021 гг., направленная на решение актуальных вопросов водного сектора экономики [1].

В контексте экологической ситуации в бассейне реки Аса, нехватки водных ресурсов во время вегетационного периода и возрастающей деградации жилого пространства возникла необходимость в разработке экологически безопасных технологий управления водными ресурсами. Проблема повышения водоснабжения и экологической устойчивости орошаемых экосистем бассейна реки Аса-Талас может быть решена за счет использования поверхностных вод.

Климатическими особенностями местности, в которой расположен бассейн реки Аса, являются резкий температурный контраст, неравномерное распределение осадков, засушливость, высокий уровень солнечной радиации. В южной горной части зимы мягкие и лучше покрываются осадками. Пустынные равнины северных и центральных регионов особенно подвержены засухе.

Решение перечисленных выше проблем необходимо начать прежде всего с изучения динамики водно-физических и химических свойств орошаемых почв, минерализации оросительных и грунтовых вод, их влияние на темпы протекания деградационных процессов в корнеобитаемом слое почв при орошении сельскохозяйственных культур. Поэтому в процессе решения поставленных задач были выполнены полевые, лабораторные исследования по установлению пределов изменения эколого-мелиоративных процессов при изменении ионно-солевого состава водных ресурсов. При этом комплексность исследований заключалась в том, что одновременно на одних и тех же объектах проводились все виды запланированных исследований по установлению темпов протекания деградационных процессов.

Материал и методы исследования

Объект исследования расположен в бассейне реки Аса, на орошаемых землях села «Бесагаш». Площадь орошаемых земель составляет 33 тыс. га, для орошения используется вода реки Аса. Река Аса берет свое начало в Кыргызской Республике. Рассматриваемая территория расположена в экосистеме пустыни (см. рисунок).



Река Аса в Жамбылской области село «Бесагаш»

Для оценки качества оросительной воды по опасности осолонцевания применяют натриевое адсорбционное отношение (SAR):

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \quad (1)$$

При значении SAR менее 10 опасность осолонцевания почв при орошении малая; SAR = 10–18 характеризует среднюю опасность; SAR = 18–26 – высокую; SAR > 26 – опасность осолонцевания очень высокая.

В оросительных системах Жамбылской области более 90 % орошаемых земель с минерализацией до 3 г/л. Таким образом подземные воды на этой территории могут использоваться для орошения [2; 3]. Значение SAR – (натриевое адсорбционное отношение) варьируется от 0,46 до 6,17, что ниже допустимых 10, но местами достигает 18.

Ресурсы поверхностных вод Жамбылской области сосредоточены в бассейнах рек Шу, Талас и Аса, формирование которых практически полностью находится на территории Кыргызской Республики, то есть до 80 % ресурсов поверхностных вод поступает из трансграничных рек соседняя страна. Таким образом, Жамбылская область в период вегетации зависит от соблюдения кыргызской стороной Правил распределения трансграничных рек Шу Талас и Временных правил распределения рек Аспара и Куркиреусу, утвержденных Министерством водного хозяйства СССР в 1983 г., годового стока, составляет 4 106 млн грн. м³ воды, сток образовался на территории Республики Казахстан – 967,0 млн м³ [4].

Оценка их качества позволит выявить источники загрязнения и принять меры по снижению их воздействия на экологию орошаемых земель. При орошении необходимо попытаться увеличить малые биологические и сократить большие геологические цепочки, т. е. использовать технологии, позволяющие получить минимальную стоимость воды и минимальную урожайность сельскохозяйственных культур в объеме сброса воды за пределы оросительной системы. Для определения качества воды были отобраны образцы вод из рек Аса, лабораторные исследования проводились в лаборатории Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства [5].

Снижение размеров технологических потерь оросительной воды при поливах можно достигнуть при поливах сельскохозяйственных культур через борозду. Технология полива через борозду обеспечивает сокращение потерь оросительной воды на фильтрацию до двух раз, на сброс и испарение до 1,5 раз. За счет снижения этих потерь обеспечивается повышение водообеспеченности орошаемых земель до 20–25 %.

Были проведены полевые опыты в орошаемых землях бассейна реки Аса в селе «Бесагаш». По вариантам: 1. По бороздам (контроль). 2. Поливы через борозду.

Результаты исследований

Основным источником орошения растений в бассейне реки Аса являются поверхностные воды. Однако в вегетационный период наблюдается ежегодный дефицит поливной воды. По водоснабжению орошаемые земли также находятся на орошаемых землях Жамбылской области (табл. 1). Таким образом, за эти годы водообеспеченность 1 га орошаемых земель в Жамбылской области составила 3561 – 5988 м³ / га.

Продуктивность орошаемых земель зависит не только от их водоснабжения, но и от качества поливной воды. Результаты исследования показали, что минерализация вод реки Аса увеличивается. В бассейне р. Аса: на р. Терс (Жуалинский район) минерализация воды составляет 0,395 г/л, а в р. Аса (Айша-бидинский район, Жамбылский район) – минерализация воды около 4 г/л, в Бирлесу-Енбекском районе (Жамбылский район) – 0,527 г/л (табл. 2).

Преобладающими анионами в верхних потоках являются углеводороды и сульфаты, а катионами – кальций и магний. Соответственно тип засоления – гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридная, кальциево-магниевая-натриевая [6]. Минерализация воды в озере Акколь пре-

Таблица 1

Показатели водопотребления орошаемых земель Жамбылской области

Годы	Орошаемые земли, тыс. га	Фактический полив с учетом влажности, тыс. га	Водопотребление орошаемого земледелия, млн. м ³		
			Водозабор	Водоснабжение	Поливная норма (брутто), м ³ /га
2002	105,9	89,839	541,9	414,2	3 913
2013	105,9	90294	660,1	540,7	5 988
2014	105,9	93,854	656,1	467,1	4 977
2015	105,9	95,963	501,7	341,7	3 561
2016	106,0	93,046	565,5	390,8	4 199
Среднее	106,0	90,539	505,8	428,6	4 378
Коэффициент вариации, %		–	11,53	15,77	–

Таблица 2

Ионный состав воды, подаваемой на орошение из водных источников

Название источников воды для полива	Анионы				Катионы			Σ _{сол.} , г/л
	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	
Аса (Бирлесу Енбек)	–	<u>0,234</u> 3,84	<u>0,037</u> 1,04	<u>0,094</u> 1,96	<u>0,064</u> 3,20	<u>0,019</u> 1,60	<u>0,047</u> 2,04	0,495
Талас (город Тараз, Автовокзал)	<u>0,034</u> 1,12	<u>0,171</u> 2,80	<u>0,087</u> 1,04	<u>0,046</u> 0,96	<u>0,060</u> 3,00	<u>0,022</u> 1,80	<u>0,026</u> 1,12	0,396

Примечание. Числитель – г/л, знаменатель – мг. экв.

имущественно сульфатно-бикарбонатно-хлоридно-карбонатная, натриево-магниевое-кальциевая.

Что касается общей минерализации, агроэкологическая оценка поверхностных вод в бассейне Асы показала, что они чистые и хорошие (табл. 3).

По показателям К и SAR при использовании этих вод для орошения отсутствует риск засоления почвы, накопление натрия в почвенно-абсорбционном комплексе по SAR* и засоление почвы возможно только при использовании воды из озера Аккол.

Химический состав засоления грунтовых вод Жамбылской области различается гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридным, магниевое-кальциевое-натриевым, сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатным.

Защита водных источников от загрязнения должна осуществляться за счет снижения технологических потерь фильтрации и сброса с орошаемых земель и использования подземных вод для орошения при их солености менее 3–4 г/л [7; 8].

В условиях возросшего дефицита водных ресурсов на орошаемых землях Казахстана основным критерием методов экономической оценки поверхностных вод является рациональное использование водных ресурсов. Однако проблема рационального использования

воды и земли в сложившихся условиях требует решения путем разработки водосберегающих методов использования поливной воды в оросительных системах.

Результаты исследования поливов по бороздам и через борозду приведены в таблице 4.

По результатам видно расход воды значительно сократился по сравнению с контрольным вариантом.

Заключение

Разработанная водосберегающая технология по управлению водо-земельными ресурсами обеспечат эколого-мелиоративную стабильность ирригационных систем, путем снижения темпов нарушения природного равновесия. Поэтому при эксплуатации оросительных систем, главное внимание должно уделяться изменению направления общего потока органоминеральных соединений, как в региональном, так и на локальном уровне. Это позволит создать ирригационные системы, способные сохранять полезные для человеческой деятельности природные процессы и органически сочетать их с инженерными сооружениями, играющими роль регуляторов эколого-мелиоративных процессов, обеспечивающие рост продуктивности орошаемых земель. Водосбере-

Таблица 3

Оценка качества водных ресурсов в бассейне реки Аса

Место отбора проб	Время отбора	Показатели						
		С, г/л	К	SAR	SAR*	ОКН	Mg*	pH
Аса (Айша биби)	Весна	0,385	10,23	0,25	0,50	-2,00	36,0	7,0
	Лето	0,384	5,18	0,53	1,11	-0,80	47,8	7,4
	Осень	0,506	5,37	0,58	1,31	-1,80	46,7	7,2
Аса (Аккол)	Весна	1,103	1,30	3,23	8,03	-5,80	68,1	7,8
	Лето	1,191	1,74	2,66	6,83	-7,90	75,9	8,0
	Осень	1,347	1,09	4,23	10,57	-8,00	85,7	8,4

Таблица 4

Использование поливной воды при поливе по бороздам и через борозду в вегетационный период

Варианты	Поливная норма брутто, м ³ /га	Расход воды (м ³ /га) на		
		Увлажнение почв	Фильтрация	Сброс
Полив по бороздам	1 500	805	285	260
	1 100	630	190	180
Полив через борозду	800	496	152	112
	600	409	100	60

гающая технология позволят снизить до минимума техногенную нагрузку на природную среду, затраты воды на орошение, сократить непроизводительные потери и инфильтрацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бекбаев, Р. К. Интегрированные методы управления водоземельными ресурсами на ирригационных системах Казахстана / Р. К. Бекбаев // Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства России : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Костяковские чтения). – М. : Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, 2013. – С. 26–30.
2. Бекбаев, Р. К. Актуальность водосберегающих технологий орошения на юге Казахстана / Р. К. Бекбаев, Е. С. Койбакова // Научные исследования в мелиорации и водном хозяйстве : сб. науч. тр. – Тараз : КазНИИВХ. – 2013. – Т. 50. – С. 55–60.
3. Джаманбаев, Б. С. Выявление ресурсосберегающих инновационных технологий полива. Инновация / Б. С. Джаманбаев // Водное хозяйство Казахстана. – 2013. – Т. 4, № 54. – С. 27–32.
4. Жапаркулова, Е. Д. Аса-Талас өзендері алабындағы суғармалы жерлердің экологиялық жағдайы мен оларды сумен қамтамасыз ету мәселелері / Е. Д. Жапаркулова, Р. А. Жайсамбекова // М.Х. Дулати атындағы «ТарМУ Жаршысы». – 2010. – № 4. – С. 18–23.
5. Магай, С. Д. Орошаемое земледелие в Казахстане и за рубежом / С. Д. Магай, Р. Г. Мирсаитов // Научные исследования в мелиорации и водном хозяйстве : сб. науч. тр. – Тараз : ТОО «КазНИИВХ». – 2013. – Т. 50. – С. 65–70.
6. Technology of Improve the Fertility of Degraded Irrigated Land in Southern Kazakhstan / R.K. Bekbayev [et al.] // European Science and Technology. Materials of the IV International Research and Practice Conference. – 2013. – Vol. I. – P. 405–408.
7. Vyshpolsky, F. F. Influence of the Technical Condition of Irrigation Systems on the Size of Irrigation Norms / F. F. Vyshpolsky, E. D. Zhaparkulova, U. K. Bekbayev // Aplikovane vědecké novinky – 2013 : materiály IX mezinárodní vědecko-praktická conference. Díl 11, Ekologie, Zemepis a geologie, Zemědělství, Zvěrolekarství. – Praha : Education and Science, 2013. – P. 27–31.
8. Zhaparkulova, E. D. Priority Technological Operations for Reconstruction of Irrigation Systems / E. D. Zhaparkulova, E. S. Koibakova // European Science and Technology. Materials of the IV International Research and Practice Conference. – 2013. – Vol. I. – P. 405–408.

REFERENCES

1. Bekbaev R.K. Integrirovannye metody upravleniia vodozemelnymi resursami na irri-gatsionnykh sistemakh Kazakhstana [Integrated Management Methods for Water and Land Resources on Irrigation Systems in Kazakhstan]. *Melioratsiia i problemy vosstanovleniia selskogo khoziaistva Rossii. materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Kostiakovskie chteniia)* [Melioration and problems of restoration of agriculture in Russia. Materials of the International Scientific and Practical Conference (Kostyakov Readings)]. Moscow, Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, 2013, pp. 26-30.
2. Bekbaev R.K., Koibakova E.S. Aktual'nost' vodosberegayushchikh tekhnologiy orosheniya na yuge Kazakhstana [Relevance of Water-Saving Irrigation Technologies in the South of Kazakhstan]. *Nauchnye issledovaniya v melioratsii i vodnom khozyaystve : sb. nauch. tr.* [Scientific Research in Land Reclamation and Water Management: Collection of Scientific Papers]. Taraz, KazSRIWE, 2013, vol. 50, pp. 55-60.
3. Dzhamanbaev B.S. Vyyavlenie resursosberegayushchikh innovatsionnykh tekhnologiy poliva. Innovatsiya [Revealing Resource-Saving Innovative Irrigation Technologies. Innovation]. *Nauchno-informatsionnyy zhurnal «Vodnoe khozyaystvo Kazakhstana»* [Scientific and Information Journal “Water Economy of Kazakhstan”], 2013, vol. 4, no. 54, pp. 27-32.
4. Zhaparkulova E.D., Zhaisambekova R.A. Ecological Condition of Irrigated Lands in the Basin of Asa-Talas Rivers and Problems of Their Water Supply. *Bulletin of TarSU Named After Dulati*, 2010, no. 4, pp. 18-23.
5. Magai S.D., Mirsaitov R.G. Orosshaemoe zemledelie v Kazakhstane i za rubezhom [Irrigated Agriculture in Kazakhstan and Abroad]. *Nauchnye issledovaniya v melioratsii i vodnom khozyaystve : sb. nauch. tr.* [Scientific Research in Land Reclamation and Water Management: Collection of Scientific Papers]. Taraz, KazSRIWE, 2013, vol. 50, pp. 65-70.
6. Bekbayev R.K., Balgabayev N.N., Zhaparkulova E.D., Bekbayev U.K. Technology of Improve the Fertility of Degraded Irrigated Land in Southern Kazakhstan. *European Science and Technology. Materials of the 4th International Research and Practice Conference*, 2013, vol. I, pp. 405-408.
7. Vyshpolsky F.F., Zhaparkulova E.D., Bekbayev U.K. Influence of the Technical Condition

of Irrigation Systems on the Size of Irrigation Norms. *Materials of the 4th International Scientific – Practical Conference «Applied Scientific News 2013»*. – Part II, Ecology, Geography and Geology, Agriculture, Veterinary Medicine. Prague, Education and Science Publ., 2013, pp. 27-31.

8. Zhaparkulova E.D., Koibakova E.S. Priority Technological Operations for Reconstruction of Irrigation Systems. *European Science and Technology. Materials of the IV International Research and Practice Conference*, 2013, vol. I, pp. 405-408.

Information About the Authors

Balzhan Sh. Amanbaeva, PhD Doctoral Student, Specialty by “Water Resources and Water Usage” at Department “Water Resources and Reclamation” at Kazakh National Agrarian Research University, Prosp. Abay, 8, 050010 Almaty, Kazakhstan, amanbaeva88@mail.ru

Ermekkul D. Zhaparkulova, Candidate of Sciences (Agriculture), Professor, Department “Water Resources and Reclamation”, Kazakh National Agrarian Research University, Prosp. Abay, 8, 050010 Almaty, Kazakhstan, ermekull@mail.ru

Mustafa G. Mustafayev, Doctor of Sciences (Agriculture), Academician, Academy Russian Natural Science, Head of Department Institute of Soil Science and Agrochemistry of Azerbaijan National Academy of Science, M. Ragima St, 5, AZ10073 Baku, Azerbaijan, meliorasiya58@mail.ru

Josef Mosiej, Doctor of Sciences (Agriculture), Professor, Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Novoyrsinovka St, 166, 02-787 Warsaw, Poland, jozef_mosiej@sggw.pl

Информация об авторах

Балжан Шакировна Аманбаева, PhD-докторант специальности «Водные ресурсы и водопользование» кафедры «Водные ресурсы и мелиорация», Казахский Национальный Аграрный Исследовательский Университет, просп. Абая, 8, 050010 г. Алматы, Казахстан, amanbaeva88@mail.ru

Ермеккуль Дукеновна Жапаркулова, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Водные ресурсы и мелиорация», Казахский Национальный Аграрный Исследовательский Университет, просп. Абая, 8, 050010 г. Алматы, Казахстан, ermekull@mail.ru

Мустафа Гылман Мустафаев, доктор сельскохозяйственных наук, академик Российской Академии Естествознания, заведующий лабораторией мелиорации почв, Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, ул. М. Рагима, 5, AZ10073 г. Баку, Азербайджан, meliorasiya58@mail.ru

Джозеф Мосиеж, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Варшавский университет естественных наук, ул. Новоурсуновка, 166, 02-787 г. Варшава, Польша, jozef_mosiej@sggw.pl



НОВЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.7>

UDC 638.8.022.3:633.358

LBC 42.113-434



PRODUCTION OF ECOLOGICALLY SAFE PRODUCTS WHEN PROCESSING PLANTS WITH A PREPARATION BASED ON BIOHUMUS

Olga A. Zakharova

Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russian Federation

Farrukh A. Musaev

Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russian Federation

Mustafa G. Mustafayev

Institute of Soil Science and Agrochemistry of Azerbaijan National Academy of Science, Baku, Azerbaijan

Dmitry E. Kucher

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

Farid M. Mustafayev

Institute of Soil Science and Agrochemistry of Azerbaijan National Academy of Science, Baku, Azerbaijan

Abstract. Biohumus-based preparations are widespread in agricultural production due to the high content of nutrients for plants, which improve their growth and development and, as a result, productivity. GTK indicates sufficient moisture during the growing season, but, given the nature of precipitation, in certain periods, pea plants that are sensitive to moisture, experience a lack of it in the soil and atmospheric air. The research was carried out in the farm Belousov I.V. of Starozhilovsky district. The area of plots is 40 m². Water for the preparation of the drug solution was taken from a pond located 20 m from the pea field. The object of the study is the seed pea (*Pisum sativum*), which belongs to the Fabaceae family, the genus *Pisum*, which forms nodules on metamorphosed roots. As a result, there is a different intensity of nutrient and water consumption in ontogenesis. Watering and spraying pea plants with Humistar preparation made it possible to reliably prove high agronomic and economic efficiency in option 2: activation of enzymes, an increase in the mass of nodules on roots to 69 mg/plant, an improvement in growth to 57 cm and plant development by 5–15 days, an increase in peas yield up to 27,7 dt/ha, accumulation of dry matter in seeds up to 59 g and an increase in the level of profitability up to 80,7%.

Key words: biohumus, Humistar, peas, enzyme activity, mass of nodules, yield.

Citation. Zakharova O.A., Musaev F.A., Mustafayev M.G., Kucher, Mustafayev F.M. Production of Ecologically Safe Products When Processing Plants with a Preparation Based on Biohumus. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 56-65. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.7>

ПРОИЗВОДСТВО ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ПРОДУКЦИИ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАСТЕНИЙ ПРЕПАРАТОМ НА ОСНОВЕ БИОГУМУСА

Ольга Алексеевна Захарова

Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева,
г. Рязань, Российская Федерация

Фаррух Атауллахович Мусаев

Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева,
г. Рязань, Российская Федерация

Мустафа Гылман Мустафаев

Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, г. Баку, Азербайджан

Дмитрий Евгеньевич Кучер

Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация

Фарид Мустафа Мустафаев

Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, г. Баку, Азербайджан

Аннотация. Массовое внедрение в сельскохозяйственном производстве получили препараты на основе биогумуса из-за высокого содержания питательных для растений веществ, улучшающие их рост и развитие и, как следствие, повышающие урожайность. Учитывая характер выпадающих осадков в определенные периоды растения гороха, чувствительные к влаге, испытывали недостаток ее в почве и атмосферном воздухе. Исследования выполнены в КФХ Белоусов И.В. Старожиловского района. Площадь делянок 40 м². Вода для приготовления раствора препарата бралась из пруда, расположенного в 20 м от горохового поля. Объект исследования – горох посевной (*Pisum sativum*), относится к семейству Fabaceae, роду *Pisum*, у которого на метаморфизированных корнях формируются клубеньки. Вследствие этого наблюдается разная интенсивность потребления питательных веществ и воды в онтогенезе. Полив и опрыскивание растений гороха посевного препаратом Гумистар позволили достоверно доказать высокую агрономическую и экономическую эффективность на варианте 2: активизацию ферментов, увеличение массы клубеньков на корнях до 69 мг/растение, улучшение роста до 57 см и развития растений на 5–15 суток, рост урожая гороха до 27,7 ц/га, накопление сухого вещества в семенах до 59 г, рост уровня рентабельности до 80,7 %.

Ключевые слова: биогумус, Гумистар, горох, активность ферментов, масса клубеньков, урожай.

Цитирование. Захарова О. А., Мусаев Ф. А., Мустафаев М. Г., Кучер Д. Е., Мустафаев Ф. М. Производство экологически безопасной продукции при обработке растений препаратом на основе биогумуса // Природные системы и ресурсы. – 2021. – Т. 11, № 2. – С. 56–65. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.7>

Введение

На текущее время актуальным является переработка органических отходов и рационального использования как высокоценного биологического ресурса [5; 6; 9]. В конце 1990-х гг. в странах Западной Европы и США внедрена технология вермикюльтивирования. Принцип ее действия состоял в использовании искусственно разведенных дождевых червей при переработке и превращении органи-

ческих отходов в биологически активное, высокоэффективное удобрение [8; 9]. В России примерно в эти же годы нашли применение в практической деятельности ресурсо- и энергосберегающие биотехнологии по разведению, что позволило создать современные активные действующие препараты. Вместе с тем на сегодняшний день в хозяйствах нашей страны они не пользуются широкой популярностью: во-первых, информация о проблемах их влияния на почву и растения не системна, во-вторых,

накопленный массив информации в виде научных статей, диссертаций, патентов до настоящего времени не обобщен, в-третьих, в практике используется малый ассортимент культур в агрономической деятельности. К тому же, в открытой печати и в сети Интернет встречается множество противоречивой информации их действия без учета конкретных почвенно-климатических условий и биологических особенностей сельскохозяйственных культур [5]. В связи со сказанным исследованием по изучению влияния одного из таких препаратов на основе биогумуса, в нашем случае, Гумистара на горохе посевном в условиях неустойчивой погоды в Старожиловском районе Рязанской области являются актуальными.

По возделыванию зернобобовых Рязанская область стоит на 8-м месте в России, а по производству гороха – 6-м. По площади посева гороха занимают в регионе 14 место, им засеивается свыше 3 % всех площадей, то есть более 29 тыс. га. Около 83 тыс. т зерна собирается в среднем в год. Горох посевной (*Pisum sativum*) принадлежит к семейству Fabaceae, роду *Pisum*, у которого на корнях формируются клубеньки, представляющие бактериоидную ткань. Бактерии питаются минеральным азотом, что вызывает разную интенсивность потребления растениями питательных веществ в онтогенезе. Без сомнения, азот используется растениями гороха от всходов до созревания, но максимум фиксируется в фазу цветения. Фосфор в наибольшем количестве поступает в растения лишь от цветения до созревания семян при развитой симбиотической фиксации атмосферного азота. Калий в отличие от азота и фосфора интенсивнее усваивается горохом в раннем онтогенезе. Важную роль в жизнедеятельности клубеньковых бактерий играют микроэлементы, особенно молибден [2; 5]. И еще одна особенность – клубеньковые бактерии требовательны к влаге. Все биологические особенности культуры были учтены при разработке программы исследований и выборе вариантов опыта.

Материалы и методика исследований

Цель исследований, проведенных в КФХ Белоусов И.В. в Старожиловском районе Ря-

занской области, изучение эффективности препарата Гумистар на горохе посевном. Научно-исследовательская работа выполнена по заявке руководителя хозяйства.

Почва хозяйства – серая лесная средне-суглинистого гранулометрического состава среднего уровня плодородия. Получить стабильно высокий урожай гороха посевного возможно только в условиях улучшения минерального питания за счет использования удобрительных средств, к примеру, препарата Гумистар, и оптимального водного режима.

Рассчитанный по общеизвестной формуле гидротермический коэффициент (ГТК) позволил определить градицию влагообеспеченности для вегетационного периода:

$$\text{ГТК} = \frac{214}{0,1 \cdot 2284} = 0,9 \quad (1)$$

– приближенный к среднепогодным

Значение 0,9 говорит о достаточном увлажнении за вегетационный период в год исследований, но, учитывая характер выпадающих осадков в определенные периоды, растения гороха, чувствительные к влаге, испытывали недостаток ее в почве и атмосферном воздухе [6], что негативно сказывалось на росте вегетативных и развитии генеративных органов. Максимум осадков приходился на июль. В то же время дожди носили неэффективный ливневый характер, при котором большой объем воды быстро стекает вниз по профилю почвы; корни растений не успевают поглотить ее. Содержание продуктивной влаги находилось на уровне 75 % от оптимума, поэтому оросительная мелиорация по-прежнему сохраняла свою актуальность. Отсюда, используемые варианты опыта способствовали не только восстановлению баланса минерального обеспечения, но и восполнению влаги в почве (полив) и атмосферном воздухе (опрыскивание). Солнечных дней много было в начальные фазы онтогенеза, к цветению часто отмечалась облачность. В районе преобладал западный перенос воздушных масс, а в летнее время господствовали западные и северо-западные ветра. Скорость ветра изменялась значительно: от среднепогодных значений до порывов 9–12 м/сек, что могло вызвать полегание стеблей, несмотря на установ-

ленную в опыте подпорную сетку. При общем анализе погодных условий экстремальных отклонений не выявлено. В КФХ Белоусов И.В. был заложен трехфакторный мелкоделяночный полевой опыт в трехкратной повторности с вариантами, отображенными в таблице 1.

В опыте в соответствии со схемой закладывались 15 делянок общей площадью 60 м². Технология возделывания культуры общепринятая для региона. Посев гороха в опыте проведен в конце апреля рядовым способом с нормой высева из расчета 1,2 млн семян на га.

Гумистар – концентрированная жидкая форма биогумуса, представляющая водную вытяжку гуминовых веществ и микроэлементов. Для производства препарата использовался биогумус, произведенный червями в ОАО «Агрофирма “Грин-ПИКЪ”». Подготовка раствора в опыте: после разведения концентрированной формы по рекомендации производителя препарат настаивался в течение 5 часов и использовался для замачивания семян перед посевом, полив 1 раз в декаду из расчета 200 мл препарата на 10 л воды и опрыскивание растений 3 раза за вегетацию из расчета 60 мл препарата на 10 л воды в соответствии с вариантами.

В полевых условиях были проведены следующие натурные и лабораторные исследования на кафедре агрономии и агротехнологии:

1. Фенологические наблюдения каждой фазы (всходы, бутонизация, начало цветения, массовой цветение, начало созревания, полное созревание).

2. Биометрические измерения при фиксации высоты растений через каждые 7 суток начиная с фазы «полные всходы» с делянки 20 растений от поверхности почвы до верхнего междоузлия.

3. Формирование симбиотического аппарата определялось по массе клубеньков на корнях растений.

5. Скорость формирования листьев учитывалась у 20 растений на каждой делянке.

6. Учет урожая – поделаночно с начала цветения и до образования 30 % бобов через каждые 7 суток. Для учета срезались растения с площади 1 м² в трех точках на каждой делянке.

7. Активность каталазы фиксировалась в трехкратной повторности в фазу налива семян в листьях методом Баха и Опарина, пероксидазную активность – колориметрическим методом Бояркина с модификациями [4].

8. Динамика накопления сухих веществ в семенах гороха учитывалась только при полной спелости бобов. Из 20 растений каждой делянки обрывались бобы и из них вылушались семена [4].

9. Для структурного анализа отбирались растения по следующим показателям: длина стебля, количество бобов, семян в бобе, семян с растения (продуктивность).

10. Определение и подсчет численности вредителей-фитофагов – по ГОСТу [1].

11. Определение сорных видов растений проводилось по ботаническому определителю и подсчет их численности [3; 7].

12. Экспериментальные данные подвергались обработке по методике Доспехова (1985) с помощью компьютерной программы Statistica 10. Усовершенствованные графические возможности программы в интерактивном приложении позволяют получить многомерные графики и настройки изображения при статистических приемах обработки результатов исследований.

Объект исследования – горох посевной интенсивного типа сорта Немчиновский 46, относящийся к среднеспелым.

Результаты исследований

Известно, антиоксидантная система растений включает ферментативные и нефер-

Таблица 1

Схема трехфакторного мелкоделяночного полевого опыта

Варианты опыта	Обработка препаратом Гумистар на основе биогумуса		
	Замачивание семян (фактор А)	Поливы (фактор Б)	Опрыскивание (фактор В)
Контроль	нет	нет	нет
Вариант 1	да	нет	нет
Вариант 2	нет	да	да
Вариант 3	да	да	да
Вариант 4	да	да	нет

ментативные компоненты защиты. Пероксидаза и каталаза – важные ферменты окислительного стресса, на который реагировали растения гороха (табл. 2). В результате анализа данных таблицы 2 обнаружен предельный показатель преломления излучения F_0 , падающего на слой вещества, к потоку прошедшего излучения F , ослабленного в результате поглощения и рассеяния

$$D = \lg(F_0/F) \quad (1)$$

при определении пероксидазной активности растений на варианте 2 при поливах и опрыскивании раствором препарата. Установлены значения с отклонениями в 37, 27, 12 и 9 % соответственно вариантам опыта. Возрастание пероксидазной активности позволило увеличить иммунный статус, Гумистар выступил как-бы элиситором индуцированного иммунитета.

Растения смогли защититься от болезней при снижении способности поддерживать свою целостность и индивидуальность, о чем свидетельствовали результаты лабораторного опыта. Каталаза проявлялась динамичнее на варианте 2 и ее активность по сравнению с другими вариантами опыта проявилась сильнее на 117, 15 и 4 % соответственно. Ферментативная активность у контрольных растений была в минимуме, что не могло способствовать выработке иммунитета к неблагоприятным условиям среды, поэтому и растения визуально имели невыгодный внешний вид. Достоверность результатов адекватно подтверждена статистическими уравнениями зависимости активности каталазы и пероксидазы от действующих факторов $R = 0,80$ и $R = 0,77$. Конечный результат взаимодействия растений

с ризобиями слагался из степени развития симбиотического аппарата, его азотфиксирующей активности и продолжительности активного симбиоза. Созданные на варианте 2 опыта условия в мае-июне поддерживали активное развитие клубеньковых бактерий на корнях растений (см. табл. 3).

Максимальная масса клубеньков сформировалась к фазе ветвления – 22 мая – 44–69 мг/растение, в фазу бутонизации – 5 июня-зарегистрировано угнетение процесса в виде снижения массы до 11–15 мг, а 15 июля – лизис клубеньков. На наш взгляд, большая изменчивость показателя объяснялась возделыванием гороха на участке третий год в присутствии значительной массы спонтанных штаммов ризобий.

Азотфиксация у растений гороха на варианте 2 проходила на фоне крепких проростков и достатка влаги в почве, прибавка получена по сравнению с другими вариантами опыта в фазу ветвления 57, 41, 33 и 23 %, бутонизации – 45, 33, 33, 5 %.

Продолжительность азотфиксации, по литературным источникам [3], не превышает 40 дн., а высокая температура и недостаток влаги сокращают срок до 14–20 дней. Как раз подобные погодные условия и наблюдались в ответственные периоды вегетации – июне и июле. В наших исследованиях длительность азотфиксации на вариантах 2 и 4 составляла 36 дней, на варианте 1 и 3–29 дней, на контроле – 25 дней.

Стебель гороха может расти до фазы полного созревания. В фазе 2–3 листьев высота этого вегетативного органа достигала от 3,0 до 4,5 см, а в фазе 4–5 листьев – 7,5–9,5 см. Наиболее интенсивный рост растений гороха подмечен в фазе 6–13 листьев, то есть до цве-

Таблица 2

Ферментативная активность

Варианты опыта	Обработка препаратом Гумистар на основе биогумуса			Активность фермента	
	Замачивание семян	Поливы	Опрыскивание	Каталаза, мкмоль H_2O_2 /г сырой массы / мин	Пероксидаза, изменение оптической плотности / г сырой массы / мин
Контроль	нет	нет	нет	45	228
Вариант 1	нет	да	нет	100	246
Вариант 2	нет	да	да	98	312
Вариант 3	да	да	да	94	286
Вариант 4	да	да	нет	85	278

тения. За период всходы-цветение прирост длины стеблей составил на варианте 2 – 57,2 см.

Листья гороха развивались быстро. На варианте 2 начало образования третьего листа отмечено на 5–7, четвертого – на 9–11 сутки после появления семядольных листьев. Через 3–4 суток после четвертого листа появляется пятый и еще через 3–4 суток – шестой. Формирования седьмого и восьмого листа шло через 23–25, девятого и десятого – 26–30 суток после всходов. На 33–36 сутки после появления всходов было насчитано 11–13 листьев. После появления 12–13 листьев наступала фаза цветения.

Продолжительность вегетации слагалась из основных периодов: посев – всходы, всходы – цветение и цветение – созревание (табл. 3).

Период посев-всходы. При обеспеченности влагой семена гороха прорастают при температуре 1–2 °С, но для последующего роста уровень ее должен быть на 3–4 °С выше нормы. В наших опытах фаза массовых всходов наступал в среднем через 11 суток.

Период всходы-цветение колебался по вариантам опыта от 29 до 32 суток.

Для периода цветение-созревание необходимо тепло. Максимальный период (34 су-

ток) от цветения до созревания был отмечен на контроле при средней температуре воздуха в этот период +18,0 °С, что вызвало задержку развития растений и увеличение полного вегетационного периода до 75 суток. Наиболее быстрые темпы развития растений гороха отмечены на вариантах 2 и 4 – 30 суток.

Полный вегетационный период (всходы – созревание) составил на контроле 80 сут., а на варианте 2 – 65 суток, то есть на 15 сут. короче. На других вариантах – 72 и 74 сут. соответственно. На наш взгляд некоторое уменьшение сроков каждого из этапа онтогенеза связано с созданием более комфортных условий для растений гороха замачиванием, поливами, опрыскиванием питательным раствором, что, в свою очередь, обеспечивало улучшение водного и питательного режимов.

Урожай являлся значимым показателем и зависел, что общеизвестно, от генетических особенностей, погодных и почвенных условий, агротехнических приемов и других причин [11]. Урожайность гороха в опыте составила 22,7–27,7 ц/га (табл. 4) и в среднем по КФХ Белоусов И.В. не превышала максимум в хороший год по погодным условиям 24 ц/га, и было выше минимума в неблагоприятные – 18 ц/га.

Таблица 3

Масса клубеньков и фенологические наблюдения

Варианты опыта	Масса клубеньков (фазы), г		Периоды, сут.			
	Ветвления	Бутионизации	Посев-всходы	Всходы-цветение	Цветение-созревание	Всходы-созревание
Контроль	44	11	14	32	34	80
Вариант 1	49	12	11	30	32	73
Вариант 2	69	16	9	28	28	65
Вариант 3	56	15	11	29	30	70
Вариант 4	52	17	9	28	28	65

Таблица 4

Урожай гороха посевного

Вариант	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка к контролю		Ошибка разности, md	Критерий достоверности, $t_{факт}$
		ц/га	%		
Контроль	22,7	–	–	–	–
Вариант 1	24,6	1,9	8,4	0,036	1,58*
Вариант 2	27,7	5,0	22,0	0,072	1,06
Вариант 3	25,7	3,0	13,2	0,133	1,09
Вариант 4	26,2	3,5	15,4	0,084	1,22

Примечание. * – разница урожая по вариантам достоверна, так как $t_{факт} > t_{05} = 2,4$.

Специализированный график, интегрированный с соответствующими статистическими процедурами и доступный из диалогов и контекстных меню результирующих таблиц данных построен при проведении корреляционно-регрессионного анализа. Данный анализ, считывающий межфакторные связи, и, как следствие, определяющий роль каждого исследуемого фактора: прямое, непосредственное его влияние на результирующий признак; косвенное влияние фактора через его влияние на другие факторы; влияние всех факторов на результирующий признак, дал уравнение зависимости урожайности гороха (Y) от активности каталазы (a) и пероксидазы (x), представленное в виде диаграммы на рисунке:

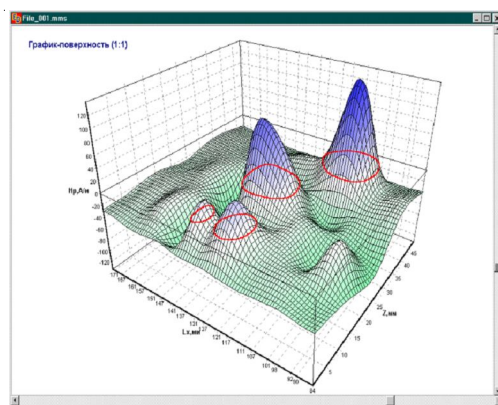
$$Y = 0,067 + 4,15a + 8,34x . \quad (2)$$

Максимальная поверхность принадлежит варианту 2, чуть ниже – варианту 4. В итоге, все графические опции и процедуры доступны из программ на Statistica Visual Basic. Урожайность зависела от числа плодоносящих растений на единицу площади и массы семян на 1 растение продуктивности. Продуктивность растения определлась количеством бобов на рас-

тении, количеством семян в бобе и массой 1000 семян. Количество бобов на растении обуславливалось количеством продуктивных узлов и бобов на продуктивном узле. В наших опытах максимальным количеством бобов отличался вариант 2, что отображено в таблице 5.

Все показатели структуры урожая, по полученным данным, находились в пределах сорта. В период созревания нижних бобов накопление сухого вещества в вегетативных органах растения гороха прекращалось, а в семенах продолжалось. Из литературных данных [4] известно, что в период созревания количество азота, сахаров и крахмала в створках бобов гороха уменьшается из-за оттока этих веществ в семена. В опыте темп накопления сухого вещества в семенах гороха был различным на варианте 2 и 4 – по 59 г, белка – 30,1 и 31,4 % соответственно, на других вариантах было отмечено снижение показателей на 3–4 %, что, очевидно, связано с обогащением почвы питательными веществами при поступлении с Гумистар и их усвоением растениями, и, конечно, ибо не менее важно, восполнением дефицита влаги в почве.

Одним из адаптационных факторов в получении стабильно высоких урожаев зерна



Зависимости урожайности гороха от активности каталазы и пероксидазы на вариантах опыта

Таблица 5

Структура урожая гороха посевного

Варианты опыта	Количество, шт.			Масса семян с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
	бобов на 1 растение	семян в бобе	семян на 1 растение		
Контроль	2,3	3,20	9,58	1,83	193
Вариант 1	2,6	3,25	9,72	2,40	232
Вариант 2	3,0	3,65	9,78	2,49	243
Вариант 3	2,8	3,38	9,76	2,41	234
Вариант 4	3,0	3,50	9,76	2,46	244

гороха является повреждение зерен вредителями, потери могут достигнуть 15–20 %. Бобовым вредят около 14 видов, из которых были изучены три вида вследствие присутствия их в наших посевах: *Sitona crinitus*, *Laspeyresia nigricana*, *Acyrtosiphon pisum*. Установлено, что существенного отличия в количестве фитофагов на вариантах опыта не было, но отмечено очень незначительное превышение экономического порога вредоносности (+1 % при $r = 0,67$) на всех вариантах.

Сорняки способны снижать урожайность гороха до 30 %. К тому же горох прорастает при температуре + 2 °С, что является благоприятным условием и для сорной ранней яровой и зимующей растительности. В начале вегетации рост растений гороха превосходит высоту сорняков, но в последующем замедляется, стебли могут полежать, что способствует вторичному заселению участка сорной растительностью. По результатам обследования видового состава сорных растений в посевах гороха выявлены в основном яровые малолетние виды *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus*, *Setaria viridis* и др. Всего выделено 8 видов сорных растений из 6 семейств. По два вида найдено растений из семейств Астровые и Капустные. Несмотря на то, что Амарантовые представлены только одним видом – *Amaranthus retroflexus*, они занимают более 30 % от общего количества сорняков на опытном участке. С учетом проведенной обработки гербицидом на основе бентазона посевов гороха, общее количество растений на 1 м² не превышало 22 экземпляра.

При применении Гумистар теоретически обнаружена зависимость экономических показателей от способов обработки семян – замачивания, поливов и опрыскивания. Расчет показал уровень рентабельности, который показал оптимальность использования препарата Гумистар на горохе посевном в хозяйстве, составил 80,7 % на варианте 2, а в контроле 58,4 %. Рост показателя объясняется улучшением качества зерна гороха, снижением себестоимости продукции и эффективной маркетинговой стратегией хозяйства.

Выводы

Обобщая результаты исследований, достоверно доказана высокая агрономическая

эффективность препарата Гумистар на горохе посевном при проведении 12 поливов при снижении влажности почвы и 3-х опрыскиваний растений на варианте 2:

- изменение оптической плотности пероксидазной активности до 312 г сырой массы в минуту; каталазная активность составила 98 мкмоль Н₂О₂/г сырой массы/мин.

- максимальная масса клубеньков сформировалась к фазе ветвления в среднем до 69 мг/растение, что выше по сравнению с другими вариантами на 17–25 мг; продолжительность азотфиксации составляла 36 дн.; высота стеблей у гороха за период всходы-цветение была максимальной; на 33–36 сутки после появления всходов отмечено образование 11–13 листа;

- продолжительность вегетационного периода длилась 65 суток, что короче на 5–15 суток; урожай гороха составил 27,7 ц/га, что превысило средние значения по хозяйству на 15–30 %; на 1 растение образовалось в среднем по 3 боба с 3,65 семенами массой 9 г; масса 1000 семян 243 г; накопление сухого вещества в семенах достигло 59 г;

- количество фитофагов на растениях превышало экономический порог вредоносности на 1 %, общее количество сорных растений на 1 м² до 22 экземпляров.

Уровень рентабельности на варианте 2 превысил в опыте 80 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабенко, А. И. Формирование сорных компонентов агроценоза гороха в зависимости от систем земледелия / А. И. Бабенко, С. П. Танчик. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <https://sciarticle.ru/stat.php> (дата обращения: 05.08.2020). – Загл. с экрана.
2. Биохимия сельскохозяйственных растений / Б. П. Плешков. – М. : Колос, 1980. – 495 с.
3. Бобков, С. В. Содержание фотосинтетических пигментов и активность ферментов окислительного стресса у диких образцов гороха / С. В. Бобков, И. А. Бычков // Земледелие. – 2018. – № 4. – С. 29–33.
4. Интегральная фитосоциологическая оценка биогумуса в условиях орошения / Ф. А. Мусаев [и др.]. – Рязань : И.П. Коняхин, 2020. – 243 с.
5. Ядовитые растения кормовых угодий и их воздействие на организм сельскохозяйственных

животных / Ф.А. Мусаев [и др.]. – Рязань : РГАТУ, 2013. – 150 с.

6. Aigner, A. Ertragsund Anbauentwicklung bei Eiweisspflanzen in Bayern und Deutschland / A. Aigner // Tagung. – 2010. – P. 87–89.

7. Babiker, H. Effect of Feeding Different Levels of Soaked Pigeon Pea (Cajanuscajan) Seeds on Broiler Chickens Performance and Profitability / H. Babiker, K. Ahmed, A. Khadiga // Research Journal of Animal and Veterinary Sciences. – 2006. – P. 1–4.

8. Developing the Regional System of Oil Crops Production Management / D. V. Vinogradov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences (RJPBCS) India. – 2018. – Vol. 9, № 5. – P. 1276–1284.

9. Mustafayev, M.G. Change of the Salts Quantity and Type in the Irrigated Soils of the Mughan Plain and Their Impact on Plants Productivity / M. G. Mustafayev // International Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2020. – Vol. 4, № 2. – P. 101–108.

REFERENCES

1. Babenko A.I., Tanchik S.P. *Formirovaniye sornykh komponentov agrotsenoza gorokha v zavisimosti ot sistem zemledeliya* [Formation of Weed Components of Pea Agrocenosis Depending on Farming Systems]. URL: <https://sciarticle.ru/stat.php> (accessed 5 August 2020).

2. Pleshkov B.P. *Biokhimiya selskokhozyaystvennykh rasteniy* [Biochemistry of Agricultural Plants]. Moscow, Kolos Publ., 1980. 495 p.

3. Bobkov S.V., Bychkov I.A. Soderzhanie fotosinteticheskikh pigmentov i aktivnost fermentov okislitel'nogo stressa u dikikh obraztsov gorokha [Content of Photosynthetic Pigments and Activity of Oxidative Stress Enzymes in Wild Pea Samples]. *Zemledelie*, 2018, pp. 29–33.

4. Musaev F.A., Byshov N.V., Borychev S.N., Zakharova O.A., et al. *Integral'naya fitotsiologicheskaya otsenka biogumusa v usloviyakh orosheniya* [Integral Phytosociological Assessment of Biohumus in Irrigation Conditions]. Ryazan, I. P. Konyakhin, 2020. 243 p.

5. Musaev F.A., Zakharova O.A., Morozova N.I., Kostin Ya.V. *Yadovitye rasteniya kormovykh ugodiy i ikh vozdeystviye na organizm selskokhozyaystvennykh zhivotnykh* [Poisonous Plants of Forage Lands and Their Impact on the Organism of Agricultural Animals]. Ryazan, RGATU, 2013. 150 p.

6. Aigner A. *Ertragsund Anbauentwicklung bei Eiweisspflanzen in Bayern und Deutschland*. Tagung, 2010, pp. 87–89.

7. Babiker H., Ahmed K., Khadiga A. Effect of Feeding Different Levels of Soaked Pigeon Pea (Cajanuscajan) Seeds on Broiler Chickens Performance and Profitability. *Research Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 2006, pp. 1–4.

8. Vinogradov D.V., Konkina V.S., Kostin Y.V., et al., Developing the Regional System of Oil Crops Production Management. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences (RJPBCS) India*, 2018, vol. 9, no. 5, pp. 1276–1284.

9. Mustafayev M.G. Change of the Salts Quantity and Type in the Irrigated Soils of the Mughan Plain and Their Impact on Plants Productivity. *International Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2020, vol. 4, no. 2, pp. 101–108.

Information About the Authors

Olga A. Zakharova, Doctor of Sciences (Agriculture), Professor, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Kostycheva St, 1, 390041 Ryazan, Russian Federation, ol-zahar.ru@yandex.ru

Farrukh A. Musaev, Doctor of Sciences (Agriculture), Professor, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Kostycheva St, 1, 390041 Ryazan, Russian Federation, farruh.musaev@mail.ru

Mustafa G. Mustafayev, Doctor of Sciences (Agriculture), Academician of the Russian Academy of Natural Science, Head of the Laboratory of Melioration Soils, Institute of Soil Science and Agrochemistry of Azerbaijan National Academy of Sciences, M. Ragima St, 5, AZ10073 Baku, Azerbaijan, meliorasiya58@mail.ru

Dmitry E. Kucher, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor, Peoples' Friendship University of Russia, Miklouho-Maclaya St, 6, 117198 Moscow, Russian Federation, kucher-de@rudn.ru

Farid M. Mustafayev, Researcher, Laboratory of Melioration Soils, Institute of Soil Science and Agrochemistry of Azerbaijan National Academy of Sciences, M. Ragima St, 5, AZ10073 Baku, Azerbaijan, faridmustafayev124@gmail.com

Информация об авторах

Ольга Алексеевна Захарова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии и агротехнологий, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, ул. Костычева, 1, 390041 г. Рязань, Российская Федерация, ol-zahar.ru@yandex.ru

Фаррух Атауллахович Мусаев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, ул. Костычева, 1, 390041 г. Рязань, Российская Федерация, farruh.musaev@mail.ru

Мустафа Гылман Мустафаев, доктор сельскохозяйственных наук, академик Российской Академии Естествознания, заведующий лабораторией мелиорации почв, Институт Почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, ул. М.Рагима, 5, AZ10073 г. Баку, Азербайджан, meliorasiya58@mail.ru

Дмитрий Евгеньевич Кучер, кандидат технических наук, доцент, директор научного центра исследований, комплексного проектирования и развития городского и сельского хозяйства, Российский университет дружбы народов, ул. Миклухо-Маклая, 6, 117198 г. Москва, Российская Федерация, kucher-de@rudn.ru

Фарид Мустафа Мустафаев, научный сотрудник лаборатории мелиорации почв, Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, ул. М. Рагима, 5, AZ10073 г. Баку, Азербайджан, faridmustafayev124@gmail.com



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.8>

UDC 547.262:621.5.049.2

LBC 35.765

PROGRESSIVE SCHEMES AND METHODS OF OBTAINING RECTIFIED ALCOHOL APPLIED IN RUSSIA AND ABROAD

Helen A. Oganesyanyan

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Iulia V. Kolesnichenko

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Galina A. Sroslova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Annotation. The main quantity of the produced ethyl alcohol is consumed by the food industry as a basis for the manufacture of alcoholic beverages, pharmaceuticals and other alcohol-containing products. In addition to food production, ethyl alcohol is widely used in medicine, perfumery, and other industries. The actual problem of alcohol production is finding ways to reduce the cost of raw materials and energy resources but still getting the world quality standard of alcohol. The best solution to the problem is to improve the technological schemes of rectification plants. For this, information was updated on modern schemes and methods for obtaining rectified alcohol. During the research, and information search was carried out in Russian and English language literary sources. A comparative analysis of books, manuals and articles on this topic was carried out, as well as the GOSTs requirements for rectification columns over the past few years were studied. The main components of rectification units were considered: contact devices (types of plate and packed devices) and rectification columns (applied pressure: atmospheric, vacuum, under a certain pressure; and their total number). Progressive schemes used in modern alcohol production in Russia and abroad (Ukraine, USA, France, Finland) were considered. Based on the received data, the following conclusions were formulated: the most effective types of contact devices are sieve and valve trays, among the packing there are Raschig rings, a promising type of columns is disc-type, the most popular scheme for the operation of a rectification plant is a combination of work under pressure and vacuum.

Key words: alcohol production, alcohol rectification, rectification plant scheme, rectification column, ethyl alcohol, rectified alcohol, contact apparatus.

Citation. Oganesyanyan H.A., Kolesnichenko Iu.V., Sroslova G.A. Progressive Schemes and Methods of Obtaining Rectified Alcohol Applied in Russia and Abroad. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 66-73. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.8>

УДК 547.262:621.5.049.2

ББК 35.765

ПРОГРЕССИВНЫЕ СХЕМЫ И СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ СПИРТА-РЕКТИФИКАТА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Елена Ашотовна Оганесян

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Юлия Валерьевна Колесниченко

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Галина Алексеевна Срослова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Основное количество произведенного этилового спирта потребляется пищевой промышленностью, где он используется в качестве основы для изготовления ликероводочных, фармацевтических изделий и другой спиртосодержащей продукции. Кроме пищевого производства, этиловый спирт находит широкое применение в медицине, парфюмерии и других отраслях. Актуальная проблема спиртового производства состоит в поиске способов снижения затрат сырья, тепловых и энергетических ресурсов для получения этилового спирта, соответствующего мировому стандарту качества. Оптимальным вариантом решения поставленной проблемы является усовершенствование технологических схем ректификационных установок. Для этого была проведена актуализация информации по современным схемам и способам получения спирта-ректификата. При исследовании был осуществлен биоинформационный поиск в русскоязычных и англоязычных литературных источниках. Был проведен сравнительный анализ книг, пособий и статей по методике получения спирта, а так же изучены нормативные требования ГОСТов для ректификационных установок за последние несколько лет, рассмотрены основные составляющие ректификационных установок: контактные аппараты (виды тарелочных и насадочных устройств) и ректификационные колонны (применяемое в них давление: атмосферные, вакуумные, под определенным давлением; и их общее количество). Были рассмотрены прогрессивные схемы, применяемые в современном спиртовом производстве России и за рубежом (Украина, США, Франция, Финляндия). На основе полученных данных, были сформулированы следующие выводы: наиболее результативные виды контактных аппаратов – ситчатые и клапанные тарелки, среди насадок – кольца Рашига, перспективный тип колонн – тарельчатый, наиболее популярная схема работы ректификационной установки – комбинирование работы под давлением и разряжением.

Ключевые слова: спиртовое производство, ректификация спирта, схема ректификационной установки, ректификационная колонна, этиловый спирт, спирт-ректификат, контактные аппараты.

Цитирование. Оганесян Е. А., Колесниченко Ю. В., Срослова Г. А. Прогрессивные схемы и способы получения спирта-ректификата, применяемые в России и за рубежом // Природные системы и ресурсы. – 2021. – Т. 11, № 2. – С. 66–73. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.2.8>

Введение

В начале спиртового производства из бражки этилового спирта и содержащихся в ней примесей путем перегонки получают спирт-сырец. Он загрязнен различными по химической природе веществами (альдегидами, эфирами и кислотами), не соответствует требуемым стандартам качества и требует дополнительной очистки путем ректификации [5]. Ректификация – это тепло-массообменный процесс, применяемый для разделения жидких смесей, компоненты которых различаются по температурам кипения. Цель процесса ректификации состоит в освобождении этилового спирта от примесей, то есть в получении спирта-ректификата и достижении его стандартной крепости. По физико-химическим показателям этиловый ректифицированный спирт из пищевого сырья должен соответствовать требованиям, приведенным в пункте 4.1.3 ГОСТа 5962-2013.

Процесс ректификации осуществляется в специальных аппаратах – ректификационных

колоннах, которые имеют вид высоких вертикальных цилиндрических установок.

Контактные устройства

Главной частью колонны, где происходит массотеплообмен между противоточно-движущимися неравновесными потоками пара и жидкости являются контактные устройства. Они могут быть представлены тарелочными или насадочными аппаратами. Тарелочные контактные устройства чаще всего изготавливаются из стали и меди, наиболее распространенными и перспективными из которых считаются:

1. Переливные тарелки (см. рис. 1):

а) Колпачковые: работают при изменениях нагрузок по газу и жидкости, но сложны в устройстве, дорогостоящие, трудны в очистке, имеют низкие предельные нагрузки по газу и невысокое гидравлическое сопротивление. Поэтому колонны с колпачковыми тарелками вытесняются более прогрессивными конструкциями тарельчатых аппаратов;

б) ситчатые: простые в монтаже, осмотре и ремонте, имеют небольшое гидравлическое сопротивление, устойчивы в широком диапазоне скоростей пара, но чувствительны к загрязнениям.

в) клапанные: имеют высокую пропускную способность по пару, широкий диапазон гидродинамической устойчивости, постоянную и высокую эффективность, но также повышенное гидравлическое сопротивление, чувствительность к неточностям сборки.

2. Провальные: низкая стоимость и гидравлическое сопротивление, легкость монтажа и обслуживания, высокая производительность, но велика вероятность неточности при разделении, чувствительны к соблюдению режима процесса, работают только при больших скоростях пара, низкоэффективные.

3. Прямоточные: применяются при разделении под давлением. Достоинства: повышенная производительность и высокая эффективность работы. Недостаток: дороговизна, так как все межтарельчатое пространство заполнено металлом, повышенное гидравлическое сопротивление и трудоемкость изготовления.

Из представленных видов тарелочных аппаратов наиболее целесообразны в использовании тарелки переливного типа с ситчатым и клапанным устройством, а провальные и прямоточные имеют повышенную чувствительность к загрязнениям, менее эффективны в эксплуатации и требуют больших затрат.

В отличие от тарелочных колонн, в насадочных поверхностью контакта является поверхность насадки, выполненная из керамики, фарфора, стали и др. (рис. 2). Выбор материала определяется следующими требованиями: хорошая смачиваемость и равномерное распределение орошающей жидкости; малое гидравлическое сопротивление газовому потоку; возможность высоких нагрузок аппарата; малая плотность; стойкость к агрессивным средам; высокая механическая прочность; невысокая стоимость. При глубоком разделении смеси газов и при проведении абсорбции под повышенным давлением целесообразнее использовать мелкую насадку, так как при этом потеря напора в абсорбере составит малую долю от общего давления газовой смеси. А в случае работы с загрязненными средами применяют регулярные насадки [2; 3].

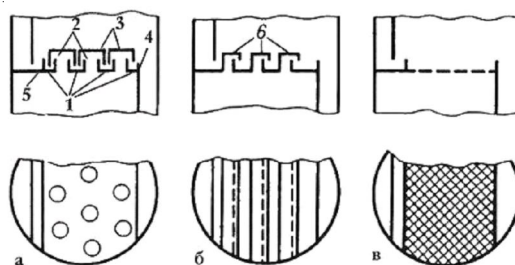


Рис. 1. Переливные тарелки

Виды: а – колпачковая, б – клапанная, в – ситчатая тарелки.

Структура: 1 – основание со слоем жидкости; 2 – патрубки для прохода пара; 3 – колпачки; 4, 5 – переливные устройства

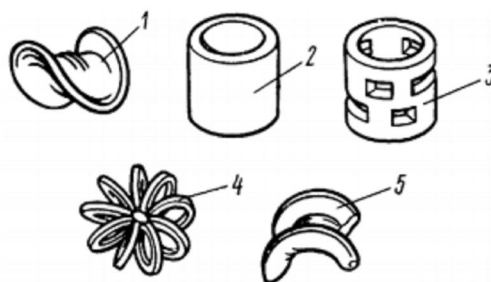


Рис. 2. Формы элементов насадки:

1 – седло Берля; 2 – кольцо Рашига; 3 – кольцо Палля; 4 – розетка Теллера; 5 – седло «Инталокс»

Насадочные колонны отличаются простотой устройства и низким гидравлическим сопротивлением, но также содержат и ряд недостатков – сложность отвода теплоты, плохая смачиваемость при низких плотностях орошения, большие объемы насадки из-за ее недостаточно высокой эффективности.

Наиболее бюджетным и простым в изготовлении вариантом насадки являются тонкостенные кольца Рашига. Самые дорогостоящие – седлообразные насадки «Инталлокс» и Берля, но именно они образуют максимальную поверхность контакта и минимальное гидравлическое сопротивление.

При ректификации этилового спирта чаще всего применяются тарельчатые колонны, отличающиеся своей невысокой стоимостью единицы объема аппарата, большой контактной поверхностью, минимальной разницей давления на тарелке и широким диапазоном нагрузок.

Модификации ректификационных установок

Для изготовления ректификационных установок, как правило, применяется медь. В последние годы ректификационные колонны круглые в сечении из специальной нержавеющей стали марок 12X18H10T или 08X18H9T, а при переработке агрессивных бражек (в гидролизной промышленности) – титан [4]. По техническому назначению ректификационные установки классифицируются на сырцовые, установки для ректификации спирта-сырца, брагоректификационные и аппараты для абсолютирования спирта.

Сырцовые установки рассчитаны на производство спирта-сырца. При увеличении числа тарелок в концентрационной колонне такие установки могут использоваться и для получения технического спирта, который применяется в предприятиях органического синтеза и микробиологической отрасли как сырье, а в промышленности как растворитель вводится в моторные топлива для повышения их октанового числа. В США для получения «газохола» (бензин с 10 % спирта) применяют спирт 96–96,2 об. В странах, где отсутствует производство синтетического спирта, технический спирт вырабатывается из низкокачественного крахмалсодержащего сырья [8].

Установки для ректификации спирта-сырца направлены на очистку его от примесей и на получение ректификационного спирта. В настоящее время в промышленности применяются только одноколонные сырцовые установки, которые по сравнению с двухколонными проще по устройству и в эксплуатации, менее металлоемки, требуют меньшей рабочей площади, а расходуют примерно на 10 % меньше пара и воды. По способу очистки спирта-сырца установки подразделяются на непрерывно и периодически действующие. В настоящее время периодически действующие и сырцовые ректификационные установки, из-за их низкой производительности и качества получаемого продукта, заменяются непрерывно действующими брагоперегонными установками [8].

Число колонн в ректификационных установках может варьироваться. Сырцовые установки, чаще всего, одноколонные, брагоректификационные – многоколонные. В США повсеместно используется многоколонные установки, совмещающие в себе ректификационную колонну и кубовый аппарат. Характерная схема брагоректификационной установки для производства ректификованного спирта в США приведена на рисунке 3. Крепость получаемого дистиллята от 85 до 94 % об. [4; 9].

В брагоректификационных аппаратах сконцентрированы этапы технологий производства сырцовых установок и установок для ректификации спирта-сырца, что позволяет получать ректификованный спирт напрямую из затраты ресурсов бражки, снижая щ и потери спирта. Такие установки обычно имеют три основных и одну-три дополнительных колонн. От способа присоединения бражной колонны в схему различают установки прямого, непрямого и косвенного действия [1].

На спиртовых заводах стран СНГ в качестве типовых были приняты трехколонные брагоректификационные установки косвенного действия, так как они стабильны в работе, легки в управлении и регулировке, обеспечивают выработку спирта высокого качества, а примеси выводятся в концентрированном виде [8].

В зависимости от применяемого давления в колоннах, ректификационные установки подразделяются на вакуумные (работающие под разрежением), атмосферные и работаю-

шие под избыточным давлением (рис. 4). В спиртовом производстве бывшего СССР, в основном, применялись ректификационные установки, работающие под атмосферным давлением.

В странах СНГ и за рубежом широко распространена практика эксплуатации ректификационных установок, в которых часть колонн работает под разрежением, а остальные под давлением, что позволяет многократно

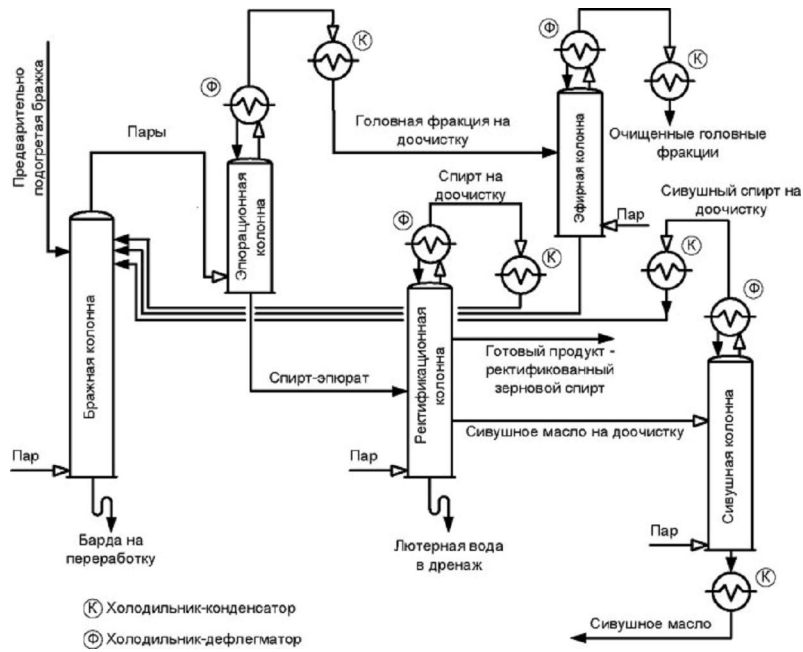


Рис. 3. Пятиколонная браго ректификационная установка

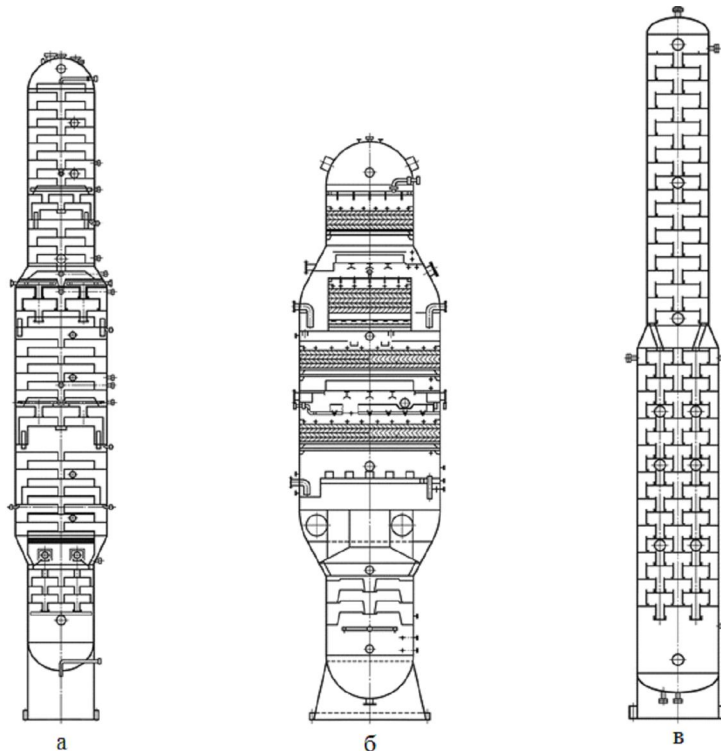


Рис. 4. Колонны, работающие под разным давлением:

а – атмосферная; б – вакуумная; в – под давлением (согласно ГОСТ Р 53684-2009, П. 3)

использовать теплоту при ректификации и снизить энергозатраты.

В большинстве своем, вакуумные брагоректификационные установки конструировались на основе аппаратов косвенного действия по двум вариантам:

а) Бражная установка работает под разрежением, получая тепло от конденсации пара спиртовой колонны – так функционируют установки от фирмы «Спейшим» (Франция), некоторые аппараты в США и установка, разработанная Баранцевым В.И. в Воронежском техническом институте (см. рис. 5, I);

б) И наоборот, под разрежением работает уже спиртовая колонна, а тепло идет от бражной колонны – так устроены некоторые аппараты США, установки, разработанные в «УкрНИИ спиртбиопрод» и др. (рис. 5, II) [6].

Киевский технологический институт (КТИПП) представил схему одного из простых вариантов вакуумной установки пищевой промышленности на базе трехколонной брагоректификационной установки косвенного действия, которая экономично расходует пар и воду (рис. 6).

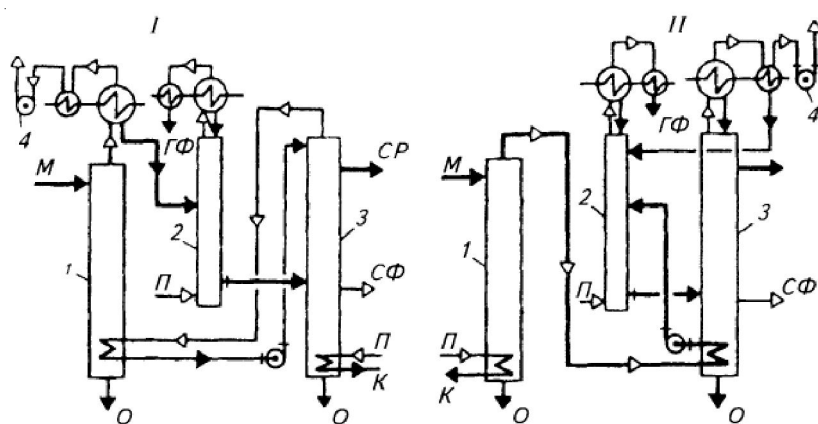


Рис. 5. Схемы вакуумных брагоректификационных установок:

I – под разрежением работает бражная колонна, обогрев осуществляет спиртовая; II – под разрежением работает спиртовая, обогрев осуществляет бражная.

Колонны: 1 – бражная; 2 – эпорационная; 3 – спиртовая; 4 – вакуум-насос

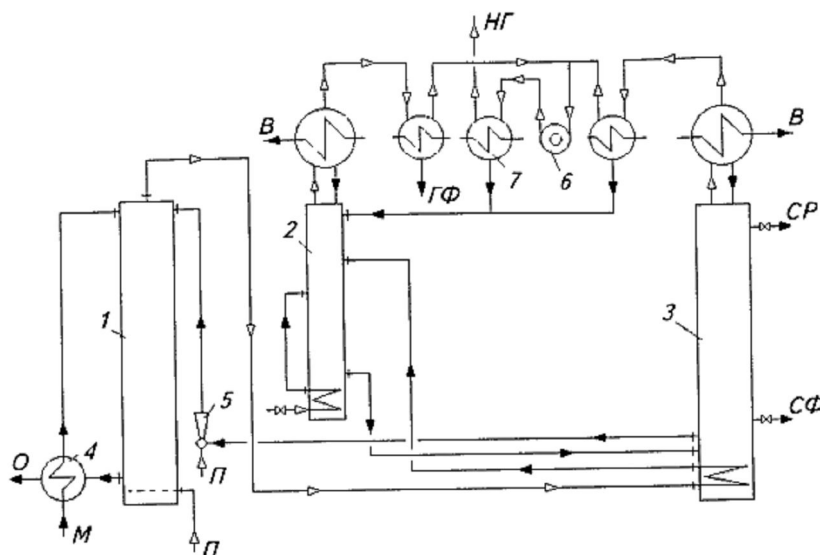


Рис. 6. Схема вакуумной брагоректификационной установки КТИПП. Колонны:

1 – бражная; 2 – эпорационная; 3 – спиртовая; 4 – подогреватель бражки; 5 – эжектор; 6 – вакуум-насос; 7 – спиртоловушка

В отличие от схемы КТИПП, Австрийская фирма «Фогельбуш» не применяет вакуума. Здесь используются установки с тремя ступенями давления значением более 150 кПа. Установки финской фирмы «Розенлев» также работают стремя ступенями давления, но последние находятся под вакуумом.

Абсолютный спирт может быть получен из ректифицированного спирта или непосредственно из бражки – в любом случае ректифицированный спирт и водосвязывающее вещество вводят в дегидратационную колонну с 60–65 многоколпачковых тарелок. В странах СНГ абсолютирование спирта производится методом образования тройных нераздельно кипящих смесей при добавлении к 95–96,5 % углерод циклогексан и бензол [8].

Абсолютный спирт в небольших количествах применяется в лабораторной промышленности и органическом синтезе. Образовывая устойчивые соединения с бензином, в некоторых странах абсолютный спирт применяется в качестве добавки к топливу [7].

Выводы

После проведенного информационного исследования были выявлены следующие результаты. Так, самым эффективным видом контактного аппарата являются тарелки переливного с ситчатым и клапанным устройством. Среди насадок самым оптимальными были признаны тонкостенные кольца Рашига. Статус наиболее перспективных в использовании аппаратов при ректификации этилового спирта получил тарельчатый тип колонн благодаря небольшой себестоимости, значительной площади поверхности тарелок и минимальным перепадам давления на них.

Обзор ректификационных устройств в странах ближнего и дальнего зарубежья показал, что наиболее популярной схемой работы является одновременное применение колонн, работающих под давлением и под разрежением, что позволяет уменьшить затраты энергии.

В основном, спиртопроизводящие предприятия имеют схожий механизм ректификации, изменяя лишь некоторые этапы переработки, параметры, объемы и строение установок. Такие изменения продиктованы мно-

гими факторами: масштабом предприятия, требуемой крепостью продукта и степенью его очистки и другим.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ современных схем брагоректификационных установок косвенного действия для получения пищевого ректифицированного спирта / Т. Г. Короткова [и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. – 2007. – № 5–6. – С. 10–14.
2. Ветошкин, А. Г. Инженерная защита окружающей среды от вредных выбросов : уч. пособие / А. Г. Ветошкин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 416 с.
3. Ветошкин, А. Г. Процессы и аппараты газоочистки : уч. пособие / А. Г. Ветошкин. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2006. – 201 с.
4. Макаров, С. Ю. Основы технологии виски / С. Ю. Макаров. – М. : Пробел, 2011. – 196 с.
5. Машины и аппараты пищевых производств: учебник для вузов. В 3 кн. Кн. 2. Т. 2 / С. Т. Антипов [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2008. – 591 с.
6. Поникаров, И. И. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи) : уч. пособие / И. И. Поникаров, С. И. Поникаров, С. В. Рачковский. – М. : Альфа-М, 2008. – 720 с.
7. Технология спирта / В. Л. Яровенко [и др.]. – М. : Колос : Колос-пресс, 2002 – 463 с.
8. Цыганков, С. П. Руководство по ректификации спирта / С. П. Цыганков. – М. : Пищепромиздат, 2001. – 396 с.
9. Wilkin, G. D. Raw Materials – Milling, Mashing and Extract Recovery / G. D. Wilkin // Current Development in Malting, Brewing & Distilling / ed. by F. G. Pries, I. Campbell. – L. : Institute of Brewing, 1983. – P. 35–44.

REFERENCES

1. Korotkova T.G., et al. Analiz sovremennykh skhem bragorektifikatsionnykh ustanovok kosvennogo deystviya dlya polucheniya pishchevogo rektifikovannogo spirta [Analysis of Modern Schemes of Indirect Distillation Plants for Obtaining Food Rectified Alcohol]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [Izvestiya vuzov. Food technology], 2007, no. 5-6, pp. 10-14.
2. Vetoshkin A.G. *Inzhenernaya zashchita okruzhayushchey sredy ot vrednykh vybrosov: uchebnoye posobiye* [Engineering Protection of the Environment from Harmful Emissions: Training Guide]. Moscow, Infra-Engineering Publ., 2019. 416 p.

3. Vetoshkin A.G. *Protsessy i apparaty gazoochistki: uchebnoye posobiye* [Processes and Devices for Gas Cleaning: Training Guide]. Penza, PSU Publishing House, 2006. 201 p.

4. Makarov S.Yu. *Osnovy tekhnologii viski* [Basics of Whiskey Technology], Moscow, Probel Publ., 2011. 196 p.

5. Antipov S.T. et al. *Mashiny i apparaty pishchevykh proizvodstv: uchebnik dlya vuzov* [Machines and Devices for Food Production: Textbook for Universities]. Minsk, BSATU Publ., 2008. 591 p.

6. Ponikarov I.I., Ponikarov S.I., Rachkovskiy S.V. *Raschety mashin i apparatov khimicheskikh proizvodstv i neftegazopererabotki (primery i*

zadachi): uchebnoye posobiye [Calculations of Machines and Devices for Chemical Production and Oil and Gas Processing (Examples and Tasks): Training Guide]. Moscow, Alfa-M Publ., 2008. 720 p.

7. Yarovenko V.L., et al. *Tekhnologiya spirta* [Technology of Alcohol]. Moscow, Kolos, Kolos-press Publ., 2002. 463 p.

8. Tsygankov S.P. *Rukovodstvo po rektifikatsii spirta* [Guide to Alcohol Rectification], Moscow, Pishchepromizdat Publ., 2001. 396 p.

9. Wilkin G.D. Raw Materials – Milling, Mashing and Extract Recovery. *Current Development in Malting, Brewing&Distilling*. London, Institute of Brewing, 1983, pp. 35-44.

Information About the Authors

Helen A. Oganesyán, Student, Department of Biology, Volgograd State University, Prosp. Universitetskiy, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, praskovyaa@gmail.com

Iulia V. Kolesnichenko, Student, Department of Biology, Volgograd State University, Prosp. Universitetskiy, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, koles209@mail.ru

Galina A. Sroslova, Candidate of Sciences (Biology), Associate Professor, Department of Bioengineering and Bioinformatics, Volgograd State University, Prosp. Universitetskiy, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, sroslova.galina@volsu.ru

Информация об авторах

Елена Ашотовна Оганесян, бакалавр кафедры биологии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, praskovyaa@gmail.com

Юлия Валерьевна Колесниченко, бакалавр кафедры биологии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, koles209@mail.ru

Галина Алексеевна Срослова, кандидат биологических наук, доцент кафедры биоинженерии и биоинформатики, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, sroslova.galina@volsu.ru

Журнал «Природные системы и ресурсы» издается для широкого ознакомления научной общественности с результатами современных исследований по биологии и биотехнологии, экологии и природопользованию, географии и геоинформатике, психологии и психофизиологии.



Авторами журнала могут быть преподаватели, научные сотрудники и аспиранты высших учебных заведений и научно-исследовательских учреждений России, а также другие отечественные и зарубежные исследователи.

Уважаемые читатели!

Подписка на II полугодие 2021 года осуществляется по «Объединенному каталогу. Пресса России. Газеты и журналы». Т. 1. Подписной индекс 29087.

Стоимость подписки на II полугодие 2021 года 1 034 руб. 22 коп.

Распространение журнала осуществляется по адресной системе.

**ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ,
ПРЕДСТАВЛЯЕМЫМ В РЕДКОЛЛЕГИЮ ЖУРНАЛА
«ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ И РЕСУРСЫ»**

1. Материалы представляются на бумажном и электронном носителях по адресу: 400062, г. Волгоград, просп. Университетский, 100, Волгоградский государственный университет – главному редактору Рулеву Александру Сергеевичу или высылаются по электронной почте на адрес: vestnik11@volsu.ru.

Обязательно наличие сопроводительного письма, в котором должны содержаться следующие пункты: гарантия оригинальности статьи, отсутствия в ней недостоверных данных и плагиата; обязательство не подавать данный материал в другой журнал; информация о наличии/отсутствии потенциального конфликта интересов с членами редколлегии; данные о финансировании исследования (с пометкой об их конфиденциальности или необходимости опубликования); согласие с принципами, изложенными в разделе «Издательская этика» журнала (<https://ns.jvolsu.com/index.php/publishing-ethics-ru>).

Для российских авторов (аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук) необходимо дополнительно представить рекомендацию, подписанную научным руководителем и заверенную печатью учреждения.

2. Правила оформления статей.

Объем статьи не должен превышать 1 п. л.

Каждая статья должна включать следующие элементы издательского оформления:

- 1) Индексы УДК и ББК.
- 2) Заглавие. Подзаголовочные данные (на русском и английском языках).
- 3) Имя, отчество, фамилия автора; ученое звание, ученая степень; контактная информация (место работы/учебы и должность автора, полный почтовый адрес организации, телефон, e-mail) на русском и английском языках.
- 4) Аннотация на русском языке и авторское резюме (Abstract) на английском языке.
- 5) 5–8 ключевых слов или словосочетаний (на русском и английском языках).
- 6) Текст статьи.
- 7) Список литературы на русском языке, оформленный в соответствии с ГОСТ Р 7.1-2003, и References – список литературы на английском языке (латинским шрифтом), оформленный в соответствии с требованиями редакции. При необходимости – примечания, приложения.

2.1. Требования к авторским оригиналам на бумажном и электронном носителях.

- 1) Поля по 2 см с каждой стороны.
- 2) Нумерация страницы по центру внизу.
- 3) Шрифт Times New Roman, кегль 14, междустрочный интервал 1,5.
- 4) Файл должен быть создан в программе «Microsoft Word» и сохранен с расширением *.rtf; имя файла должно быть набрано латиницей и отражать фамилию автора.

2.2. Оформление библиографических ссылок и примечаний.

- 1) Библиографические ссылки на пристатейный список литературы должны быть оформлены с указанием в строке текста в квадратных скобках цифрового порядкового номера источника и через запятую номеров соответствующих страниц.
- 2) Пристатейный список литературы, озаглавленный как «Список литературы», составляется в алфавитном пронумерованном порядке. Он должен быть оформлен согласно ГОСТ 7.1–2003 с указанием обязательных сведений библиографического описания.

3. После получения материалов рукопись направляется на рецензирование. Решение о публикации статей принимается редакционной коллегией после рецензирования. Редакция оставляет за собой право отклонить или отправить представленные статьи на доработку на основании соответствующих заключений рецензентов. После получения положительной рецензии редакция уведомляет авторов о том, что статья принята к опубликованию, а также направляет замечания рецензентов и редакторов, в соответствии с которыми необходимо исправить или дополнить статью. В случае отказа в публикации статьи редакция представляет автору мотивированный отказ.

Полнотекстовые версии опубликованных статей и их метаданные (аннотации, ключевые слова, информация об авторах на русском и английском языках, список литературы) будут размещены в свободном доступе в Интернете на официальном сайте издания, на платформе Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU и других реферативных баз данных.

4. Более подробно с требованиями к статьям можно ознакомиться на страничке Издательства на сайте Волгоградского государственного университета: <https://www.volsu.ru> – и сайте журнала: <https://ns.jvolsu.com>.

ISSN 2713-1572



9 772713 157005



36 >