
УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

№ 10

2017

ISSN 1681-7494

Импакт-фактор

РИНЦ – 0,741

Журнал издается с 2001 г.

Электронная версия: <http://www.natural-sciences.ru/>

Правила для авторов: <http://www.natural-sciences.ru/ru/rules/index>

Подписной индекс по каталогу «Роспечать» – 70062

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ледванов Михаил Юрьевич, д.м.н., профессор

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Курзанов Анатолий Николаевич, д.м.н., профессор

Чернева Ирина Николаевна, к.с.-х.н.

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.х.н., проф. Алоев В.З. (Нальчик); д.х.н., проф. Великородов А.В. (Астрахань); д.х.н., проф. Дресвянников А.Ф. (Казань); д.х.н., проф. Душкин А.В. (Новосибирск); д.х.н., проф. Ивашкевич А.Н. (Москва); д.х.н., проф. Микитаев А.К. (Нальчик); д.х.н., проф. Нилов А.П. (Егорьевск); д.х.н., проф. Танганов Б.Б. (Улан-Удэ); д.с.-х.н., проф. Анищенко Л.Н. (Брянск); д.с.-х.н., проф. Байрамбеков Ш.Б. (Камызяк); д.с.-х.н., проф. Берсон З. (Великий Новгород); д.с.-х.н., проф. Зволинский В.П. (Волгоград); д.с.-х.н., проф. Коцарева Н.В. (Белгород); д.с.-х.н., проф. Ланцева Н.Н. (Новосибирск); д.с.-х.н., проф. Морозова Н.И. (Рязань); д.с.-х.н., проф. Тихановский А.Н. (Салехард); д.с.-х.н., проф. Улимбашев М.Б. (Нальчик); д.с.-х.н., проф. Ухтверов А.М. (Самара); д.с.-х.н., проф. Хазиахметов Ф.С. (Уфа); д.с.-х.н., проф. Шамшиев Б.Н. (Ош); д.г.-м.н., проф. Абилхасимов Х.Б. (Астана); д.г.-м.н., проф. Алексеев С.В. (Иркутск); д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И. (Екатеринбург); д.г.-м.н., проф. Гавришин А.И. (Новочеркасск); д.г.-м.н., проф. Ерофеев В.И. (Томск); д.г.-м.н., проф. Костицын В.И. (Пермь); д.г.-м.н., проф. Лебедев В.И. (Кызыл); д.г.-м.н., проф. Мельников А.И. (Иркутск)

Журнал «УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ» зарегистрирован
Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий,
и массовых коммуникаций.

Свидетельство – **ПИ № ФС 77-63398.**

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Импакт-фактор РИНЦ = 0,741.

Журнал зарегистрирован в Centre International de l'ISSN. ISSN 1681-7494.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

Ответственный секретарь редакции –
Бизенкова Мария Николаевна –
+7 (499) 705-72-30
E-mail: edition@rae.ru

Подписано в печать – 17.10.2017
Дата выхода номера – 17.11.2017

Формат 60x90 1/8
Типография
ООО «Научно-издательский центр
Академия Естествознания»,
г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка
Митронова Л.М.
Корректор
Галенкина Е.С.

Способ печати – оперативный.
Распространение по свободной цене.
Усл.п.л. 16,63
Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/10-2017
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Химические науки (02.00.00)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗДЕЛЬНОГО АССОЦИИРОВАНИЯ МОЛЕКУЛ И ИОНОВ ДЛЯ ОПРЕСНЕНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД <i>Алхасов А.Б., Абдуллаев А.А., Рабаданов Г.А.</i>	7
ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ПЕСТИЦИДОВ РАЗЛИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ КЛАССОВ <i>Войкина А.В., Бугаев Л.А.</i>	12
ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА ДИМЕТИЛДИЭТИЛБУТИНДИОЛА <i>Меркулов В.В., Алмазов А.И., Мантлер С.Н.</i>	18

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)

МОНИТОРИНГ РОСТА И СОСТОЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА ACER L. В САРАТОВСКОМ ПОВОЛЖЬЕ <i>Арестова С.В., Арестова Е.А.</i>	23
ПИХТА ЦЕЛЬНОЛИСТНАЯ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ (СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ) <i>Гуков Г.В., Гриднев А.Н., Гриднева Н.В.</i>	29
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ БАКТЕРИЦИДНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ХРАНЕНИИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ <i>Кульнева Н.Г., Жаркова И.М., Астапова Е.Н.</i>	35
РЕНТГЕНОВСКИЙ СЕПАРАТОР СЕМЯН НА ОСНОВЕ МЕТОДА СЪЕМКИ С ПРЯМЫМ УВЕЛИЧЕНИЕМ ИЗОБРАЖЕНИЯ <i>Никольский М.А., Ткаченко К.Г., Грязнов А.Ю., Староверов Н.Е., Холопова Е.Д., Клонов В.А.</i>	41
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИНТЕРВАЛА ЗНАЧЕНИЙ УДЕЛЬНОЙ МАССЫ ЗЕРНА ОЗИМОЙ РЖИ ФАЛЕНСКАЯ 4 И СКЛЕРОЦИЙ СПОРЫНЬИ <i>Сысыев В.А., Саитов В.Е., Фарафонов В.Г., Саитов А.В.</i>	48

Науки о Земле (25.00.00)

НАКОПЛЕНИЕ СВИНЦА В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ ИРТЫШ <i>Алимова Г.С., Дударева И.А., Токарева А.Ю., Земцова Е.С.</i>	54
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАТЫРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ВМЕЩАЮЩИЙ ЛАНДШАФТ ОКСКО-ДОНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ <i>Аничкина Н.В.</i>	60
ГЕОСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К СТРАТЕГИЧЕСКОМУ ПЛАНИРОВАНИЮ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭТНОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КОРЕННЫХ МАЛОЧИСЛЕННЫХ НАРОДОВ СЕВЕРА <i>Гильфанова В.И.</i>	65
ОЦЕНКА ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЧЕБОКСАРСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ ДЛЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЦЕЛЕЙ <i>Гуменюк А.Е., Никонорова И.В., Емельянов А.С.</i>	71
РЕКРЕАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕСИИ <i>Кипкеева П.А., Потапенко Ю.Я., Лайпанова А.М.</i>	78
МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ И АЗОТА В ГРУНТАХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНОГО ОБЪЕКТА И ПРИЛЕГАЮЩИХ К НЕМУ ТЕРРИТОРИЙ <i>Кочетова Ж.Ю., Базарский О.В., Маслова Н.В.</i>	83
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОПЕСКОСТРУЙНОЙ ПЕРФОРАЦИИ И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ НА СЕВЕРО-ЛАБАТЬЮГАНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ <i>Минханов И.Ф., Мамчистова Е.И., Хайруллин А.А.</i>	90

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЗАВОДНЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ <i>Нажису, Ерофеев В.И.</i>	96
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СКВАЖИННОЙ ГИДРОДОБЫЧИ НА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗОЛОТА ЮЖНОЙ ЯКУТИИ <i>Рукович А.В., Рочев В.Ф.</i>	101
МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ ВЕРХНЕГО ПРИАМУРЬЯ <i>Серов М.А., Жижерин В.С.</i>	107
ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КЕМА-АМГИНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА (НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭВОЛЮЦИИ И ПРОГНОЗА) <i>Скрыльник Г.П.</i>	113
АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОВИНЦИИ КУАНГ БИНЬ (ВЬЕТНАМ) <i>Хоанг Тхи Зиеу Хьонг</i>	119
СТРУКТУРА ЗЕМЕЛЬНОГО ФОНДА И ОБРАЗОВАНИЕ НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В РЕГИОНАХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ <i>Чибилёв А.А. (мл.)</i>	127

CONTENTS
Chemical sciences (02.00.00)

APPLICATION OF SEPARATE ASSOCIATING MOLECULES AND IONS FOR WATER DESALINATION <i>Alkhasov A.B., Abdullaev A.A., Rabadanov G.A.</i>	7
CHROMATOGRAPHIC SEPARATION OF PESTICIDES BELONGING TO DIFFERENT CHEMICAL CLASSES <i>Voykina A.V., Bugaev L.A.</i>	12
THE PERSPECTIVE METHOD OF SYNTHESIS OF DIMETHYLDIETHYLBUTYNDIOL <i>Merkulov V.V., Almazov A.I., Mantler S.N.</i>	18

Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)

GROWTH AND CONDITION MONITORING OF SOME SPECIES OF ACER L. GENUS IN SARATOV VOLGA REGION <i>Arestova S.V., Arestova E.A.</i>	23
MANCHURIAN FIR IN PRIMORSKIY KRAI (CURRENT STATE, PROBLEMS OF AFFORESTATION) <i>Gukov G.V., Gridnev A.N., Gridneva N.V.</i>	29
USING OF NEW GERMICIDES FOR SUGAR BEET STORAGE <i>Kulneva N.G., Zharkova I.M., Astapova E.N.</i>	35
USING THE METHOD OF MICROFOCUS X-RAY AT THE ESTIMATION OF THE EMBRYONIC FRUIT VARNITY OF THE VINEYARD BUDS <i>Nikolskiy M.A., Tkachenko K.G., Gryaznov A.Yu., Staroverov N.E., Kholopova E.D., Klonov V.A.</i>	41
STATISTICAL EVALUATION OF VALUE INTERVAL OF GRAIN SPECIFIC WEIGHT OF WINTER RYE FALENSKAYA 4 AND ERGOT SCLEROTIA <i>Sysuev V.A., Saitov V.E., Farafonov V.G., Saitov A.V.</i>	48

Earth sciences (25.00.00)

ACCUMULATION OF LEAD IN THE LOWER REACHES OF THE IRTYSH RIVER <i>Alimova G.S., Dudareva I.A., Tokareva A.Yu., Zemisova E.S.</i>	54
ECOLOGICAL STATUS OF MATYRSKY WATER RESERVOIR AND ITS IMPACT ON THE INLAND LANDSCAPES OF THE OKA-DON LOWLAND <i>Anichkina N.V.</i>	60
GEOSYSTEM APPROACH TO STRATEGIC PLANNING OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE ETHNIC TERRITORIES OF THE INDIGENOUS MINORITIES OF THE NORTH <i>Gilfanova V.I.</i>	65
ESTIMATION OF FOREST LANDSCAPES OF CHEBOKSARY AGGLOMERATION FOR RECREATIONAL PURPOSES <i>Gumenyuk A.E., Nikonorova I.V., Emelyanov A.S.</i>	71
RECREATIONAL RESOURCES OF KARACHAY-CHERKESSIA <i>Kipkeeva P.A., Potapenko Yu.Ya., Laypanova A.M.</i>	78
CONTENT MONITORING OF OIL AND NITROGEN IN THE SOIL OF ECOLOGICALLY DANGEROUS OBJECT AND THE SURROUNDING REGIONS <i>Kochetova Zh.Yu., Bazarskiy O.V., Maslova N.V.</i>	83
ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS AT THE HYDRAULIC JET PERFORATION AND SUBSEQUENT ACID TREATMENT IN THE NORTH-LABATYUGANSKOM FIELD <i>Minxhanov I.F., Mamchistova E.I., Khayrullin A.A.</i>	90
INVESTIGATION AND APPLICATION OF INTEGRATED TECHNOLOGY OF THE PLANT FOR IMPROVEMENT OF PETROLEUM OIL REFINING <i>Narisu, Erofeev V.I.</i>	96

USING THE METHOD OF HYDRAULIC BOREHOLE MINING FOR PLACER GOLD DEPOSITS IN SOUTHERN YAKUTIA <i>Rukovich A.V., Rochev V.F.</i>	101
SIMULATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE CRUST OF THE UPPER AMUR <i>Serov M.A., Zhizherin V.S.</i>	107
LANDSCAPE-CLIMATIC STRUCTURE OF THE KEMA-AMGINSKY NATIONAL PARK (SOME ASPECTS OF EVOLUTION AND THE FORECAST) <i>Skrylnik G.P.</i>	113
THE ANALYZE STRUCTURES LAND USE OF QUANG BINH PROVINCE (VIETNAM) <i>Hoang Thi Dieu Huong</i>	119
LAND FUND STRUCTURE AND FORMATION OF UNUSED LANDS IN THE EUROPEAN PART OF RUSSIA STEPPE ZONE REGIONS <i>Chibilev A.A. (jr.)</i>	127

УДК 54-122:628.165

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗДЕЛЬНОГО АССОЦИИРОВАНИЯ МОЛЕКУЛ И ИОНОВ ДЛЯ ОПРЕСНЕНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД

Алхасов А.Б., Абдуллаев А.А., Рабаданов Г.А.

ФГБУН Институт проблем геотермии Дагестанского научного центра
Российской академии наук, Махачкала, e-mail: ramadan01@mail.ru

Показана возможность осуществления в водном растворе раздельного ассоциирования молекул растворителя и ионов растворённых веществ. Выяснилось, что для раздельного ассоциирования молекул и ионов в растворе целесообразно предварительно разрушить связи между ионами и молекулами путем приложения к раствору постоянного магнитного поля величиной $80-120 \frac{\text{кА}}{\text{м}}$. Ассоциирование ионов и разделение общей минерализации на ассоциированную и неассоциированную части с различными свойствами являются следствиями образования димерных связей молекул и значительного понижения диэлектрической проницаемости растворителя. Для димерного ассоциирования молекул растворителя следует обеспечить синхронные переходы протонов в локальной области радиуса $R = 10^{-6}$ м и определить способ распространения димерных ассоциаций, основанный на учёте кооперативной природы водородных связей. Из-за того, что ассоциированная часть общего содержания минералов в растворе не участвует в создании осмотического давления, условие стабильности димерного ассоциирования молекул выполняется практически при самых высоких значениях минерализации раствора. При использовании водного раствора с димерно ассоциированным растворителем избыточная энергия водородных связей используется для стабилизации потока димеров при его прохождении через мембрану. Обычно для определения возможности прохождения димеров через поры мембраны сравнивают длины Н-связей с размерами пор. Такой подход, однако, неверен, так как конфигурация Н-связи зависит от величины её избыточной энергии, которая, в свою очередь, связана с резонансным взаимодействием атомов разных молекул. Благодаря значительной величине резонансных сил стабилизационная энергия Н-связи может стать достаточной для приведения её конфигурации в соответствие с формой пор мембраны. Влияние внешних факторов (температуры, магнитного поля и др.) необходимо еще проверить экспериментально.

Ключевые слова: опреснение, минерализация, раздельное ассоциирование молекул и ионов, димеры

APPLICATION OF SEPARATE ASSOCIATING MOLECULES AND IONS FOR WATER DESALINATION

Alkhasov A.B., Abdullaev A.A., Rabadanov G.A.

Institute for Geothermal Research, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, e-mail: ramadan@mail.ru

The paper focuses on the separate association of solvent's molecules and ions of dissolved substances in aqueous solutions. H-bonds between ions and molecules is found to be pre-destroyed by applying the constant magnetic field of $80-100 \text{ kA/m}$. The dimeric association of the molecules and the significant decrease in the solvent dielectric constant result in the separation of total mineralization into associated and non-associated parts with different properties. To produce the dimeric associations in the solvent, we need to provide synchronous transitions of protons in a local region of $R = 10^{-6}$ m and to determine the way of propagation for the solvent's molecular dimers based on cooperative nature of the H-bonds. The associated part of the total mineralization of the solution does not participate in the creation of osmotic pressure, therefore the stability condition for the dimers is satisfied practically at the highest mineralization values of the solution. The excessive energy of the hydrogen bonds stabilizes the dimers flow through the membrane when using the aqueous solution with the dimeric associated solvent. To determine the possibility of dimers penetration through the pores, the lengths of H-bonds are usually compared with the dimensions of the membrane pores. But the configuration of the H-bond depends on the magnitude of its excessive energy, which is related to the resonant interaction of atoms of different molecules. The stabilizing energy of the H-bond can become sufficient to adjust its configuration to the shape of the pores due to considerable resonant forces.

Keywords: desalination, mineralization, separate associating molecules and ions, dimers

Прикладные аспекты концепции раздельного ассоциирования молекул растворителя и ионов растворённых веществ в значительной мере основаны на преобладании устойчивости Н-связей над разрушительным влиянием на них общей минерализации раствора. Описание взаимного влияния растворителя и растворённых веществ при проведении раздельного ассоциирования молекул и ионов является актуальной проблемой освоения гидроминеральных ресурсов.

Разрушение димерных ассоциаций растворителя может происходить как в результате преобладания осмотического давления над давлением сил резонансного взаимодействия атомов разных молекул, так и путем гидратации ассоциированными ионами. Возможности разрушения димерной структуры растворителя под влиянием высокой общей минерализации удобно исследовать на основе использования представлений о давлениях резонансной и осмотической

сил в растворах [1]. Естественно, что для ассоциирования молекул растворителя необходимо предварительно произвести необратимые разрывы связей между ионами и молекулами [1–3].

В данной работе для осуществления процесса дегидратирования ионов используется постоянное магнитное поле, позволяющее достаточно просто и надёжно описать направленные процессы в водном растворе. В статье значительное внимание уделено также выявлению и обоснованию наиболее устойчивой формы ассоциаций молекул растворителя [3].

При образовании Н-связей в их энергию вносит вклад процесс переноса заряда (протона) от молекулы к молекуле. Из-за отталкивания переносимых зарядов [4] ассоциация молекул становится неустойчивой. Отсюда следует, что чем больше ассоциация молекул, тем она менее устойчива. При температурах $T \geq T_c = 42,68^\circ\text{C}$ стабильны лишь одиночные связи (димеры).

Наблюдаемые в лабораторных условиях [4, 5] синхронные переходы протонов в локальной области радиуса $R = 10^{-6}$ м осуществляют синхронное образование Н-связей. В итоге область радиуса R становится «критической» для образования димерных ассоциаций молекул растворителя во всем растворе.

Вопросы формирования димерной структуры молекул растворителя исследованы авторами, и результаты будут опубликованы.

Методика расчёта параметров раздельного ассоциирования молекул и ионов в растворе

Для осуществления раздельного ассоциирования молекул и ионов в водном растворе помимо электрического взаимодействия ионов необходимо внимательно исследовать ещё два типа взаимодействий: резонансное взаимодействие атомов разных молекул, создающее водородные связи между молекулами, и ион-дипольное взаимодействие, связанное с осмотическими силами в растворе.

Расчёт параметров резонансных сил удобно начать с определения числа синхронных переходов протонов (СПП), совершаемых в область с периметром $L = 2\pi R$. В этом случае число СПП может быть определено равенством

$$N_H = \frac{2\pi R}{r_n}, \quad (1)$$

где r_n – радиус ядра атома водорода.

Из-за однородности замкнутого объёма растворителя $V_R = \frac{H\pi}{3}R^3$ по структуре давление резонансных сил может быть представлено в виде [6]

$$P_{rf} = \frac{E_H}{V_R}, \quad (2)$$

где $E_H = N_H \cdot \varepsilon_H$.

В формуле (2) величина ε_H определяет избыточную энергию отдельной Н-связи (см. раздел «Результаты исследования и их обсуждение» и работу [7]).

Так как число протонов, перешедших в область СПП через её периметр, предполагается равным числу димеров, образовавшихся за счёт Н-связей между молекулами, то формулу (2) следует заменить на

$$P_{rf} = \frac{E_d}{V_R}, \quad (3)$$

где $E_d = N_d \cdot \varepsilon_d$, $N_d = N_H(2v^2)$.

В выражении (3) фактор связи между молекулами димера определяется следующим равенством:

$$v^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1-\alpha^2}} - 1 \right). \quad (4)$$

Важным следствием установления димерной структуры растворителя является значительное усиление взаимодействия ионов раствора, связанное с уменьшением диэлектрической проницаемости растворителя. Действительно, составляя закон взаимодействия ионов a и b

$$v_{ab} = \frac{e_a \cdot e_b}{\varepsilon r_{ab}}$$

в растворителях с неассоциированными и димерно ассоциированными молекулами, получаем

$$\frac{V_{ab}(dA)}{V_{ab}(nA)} = \frac{\varepsilon_{nA}}{\varepsilon_{dA}}. \quad (5)$$

На данном этапе разработки концепции раздельного ассоциирования молекул и ионов растворов можно воспользоваться приближительной пропорциональностью диэлектрической проницаемости ε растворителя общей минерализации раствора, т.е. равенством

$$\frac{\varepsilon_{nA}}{\varepsilon_{dA}} = \frac{C}{C_{nA}}, \quad (6)$$

где ε_{nA} , ε_{dA} – диэлектрические проницаемости растворителей соответственно с неассоциированными и димерно ассоцииро-

ванными молекулами, а C и C_{nA} – общая минерализация раствора до и после образования ассоциаций ионов.

При определении параметров ассоциации молекул и ионов по равенствам (2) и (3) следует использовать также закон сохранения числа ионов при их ассоциировании, т.е. равенство

$$C = C_{nA} + C_{pA} \quad (7)$$

где C_{pA} – общая минерализация попарно ассоциированных ионов.

Результаты исследования и их обсуждение

При ассоциировании молекул в отличие от дегидратации ионов внешнее магнитное поле (МП) не только определяет характер процесса, но и производит необходимое для образования Н-связей локальное сжатие.

Данная роль магнитного поля выявляется, если учесть его влияние через унитарный параметр α резонансного взаимодействия атомов разных молекул, т.е. с помощью формулы

$$\alpha = \frac{h^2}{1 - 2h^2}, \quad (8)$$

где $h = \frac{H}{H_0}$ – безразмерная величина напряженности внешнего магнитного поля Н.

Вычисленные на основе формулы (8) и спектра значений унитарного параметра α величины внешнего магнитного поля приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики внешнего магнитного поля, создающего димерные ассоциации молекул

α	$h = \frac{H}{H_0}$	$H, \frac{\text{кА}}{\text{м}}$
0,72	0,543	325,8
0,75	0,547	328,2
0,78	0,551	330,6
0,80	0,554	332,4

При вычислении параметров табл. 1 использована величина характеристического магнитного поля $H_0 = \left(\frac{2\sigma}{R}\right)^{\frac{1}{2}}$; $H_0 = 600 \frac{\text{кА}}{\text{м}}$, при которой поверхностное натяжение воды σ принимает максимальное значение. Анализ данных табл. 1 показывает, что величина внешнего магнитного поля,

создающего и поддерживающего димерное ассоциирование молекул, значительно превышает его величину, необходимую для придания процессу дегидратации ионов направленного характера. Таким образом, образование димеров молекул происходит при $H = 325,8 \frac{\text{кА}}{\text{м}}$, тогда как для придания направленного характера процессу дегидратации, т.е. для его необратимости, достаточно H порядка $80-120 \frac{\text{кА}}{\text{м}}$. Исследования показали, что образование Н-связей во всей дегидратированной области раствора происходит при следующих параметрах: температуре $T_c = 42,68^\circ\text{C}$ и постоянном магнитном поле $H_c = 325,8 \frac{\text{кА}}{\text{м}}$.

В установление димерной структуры молекул растворителя вносит свой вклад также стабилизационная энергия Н-связей. Известно, что при образовании Н-связей выделяется не вся ожидаемая энергия: часть этой энергии сохраняется в структуре Н-связи в виде конфигурационной или стабилизационной энергии. Стабилизационная энергия является избыточной по отношению к энергии Н-связи и служит источником энергии стабилизации движения связанных молекул (димеров), и в модели резонансных сил Н-связей между молекулами она определяется величиной

$$\epsilon_H = \epsilon_0 \alpha(1 - \alpha), \quad (9)$$

где ϵ_0 – постоянная с размерностью энергии, не зависящая от унитарного параметра α взаимодействия атомов разных молекул.

Здесь целесообразно отметить, что одиночные Н-связи (димеры) обычно не рассматриваются как объект движения из-за их предполагаемой нестабильности. Однако из-за наличия стабилизационной энергии движение димеров может быть устойчивым в определенном интервале изменения внешних параметров. Определяемые равенствами (5–7) параметры раздельного ассоциирования молекул и ионов приведены в табл. 2.

Из данных табл. 2 следует:

1. Диэлектрическая проницаемость ϵ_{dA} растворителя с димерными ассоциациями молекул значительно меньше диэлектрической проницаемости растворителя с неассоциированными молекулами ($\epsilon_{dA} = \frac{1}{14} \epsilon$).

2. Ассоциированная часть растворенных минералов из-за сильной связи между ионами в растворе с димерным типом ассоциирования молекул не способна гидравлически взаимодействовать с димерами рас-

творителя. Эта гидравлически не активная часть общей минерализации не участвует в создании осмотического давления. Согласно равенствам (2–4), ассоциированная часть общей минерализации составляет 93% от исходной общей минерализации раствора.

3. Гидравлически активная часть растворенных минералов составляет 7% от исходной общей минерализации. Она участвует в создании осмотического давления и влияет на стабильность димерной структуры растворителя. С другой стороны, стабильность ассоциаций молекул растворителя обусловлена резонансными силами взаимодействия атомов разных молекул. Поэтому основные параметры отдельного ассоциирования молекул и ионов раствора удобно исследовать на основе использования представлений о давлениях резонансной и осмотической сил.

Как уже отмечалось, разрушение димерной структуры при фиксированном внешнем параметре связано либо с преобладанием осмотического давления над давлением резонансных сил (7), либо с гидравлическим влиянием молекул растворителя на ассоциированные ионы. В рассматриваемых растворах минералы находятся в ассоциированном и неассоциированном состояниях. По данным табл. 2 ассоциированная часть общего минерального состава представляет собой совокупность электронейтральных пар ионов, доля которых составляет примерно 93% от общей минерализации, а остальная часть существует в виде одиночных ионов. Последняя гидравлически активна, влияет на стабильность димерной структуры растворителя и создаёт осмотическое давление

$$P_{osm} = C_{nA} RT. \quad (10)$$

Ассоциированная часть общей минерализации гидравлически не активна, не влияет на структуру растворителя и поэто-

му не участвует в создании осмотического давления.

При фиксированных значениях внешних параметров стабильность димерной структуры растворителя в основном определяется соотношением давлений P_{rf} и P_{osm} , определяемых равенствами (7) и (10).

Судя по свойствам ассоциированной части растворенных минералов, её влияние на структуру растворителя незначительно даже при величинах общей минерализации раствора порядка нескольких сотен г/л.

Однако для определения количественного критерия стабильности димерных ассоциаций молекул следует ещё определить наименьшее значение давления резонансных сил, создающего и поддерживающего димерную структуру растворителя.

Для определения давления P_{rf} на основе формулы (7) используем следующие данные: $\alpha = 0,72$, $r = 1,4 \cdot 10^{-15}$ м, $R = 10^{-6}$ м, $\epsilon_H = 0,323 \cdot 10^{-19}$ Дж. В итоге получаем $P_{rf} = 346 \cdot 10^5$ Па.

Из этого следует, что для разрушения димерной структуры растворителя под влиянием общей минерализации необходимо увеличить величину общей минерализации до 500 г/л и осмотическое давление должно превышать P_{rf} . Таким образом, выяснилось, что общая минерализация C и осмотическое давление P_{osm} как факторы разрушения ассоциаций молекул неэффективны. Отсутствие влияния величины общей минерализации на создание ассоциаций молекул обусловлено ассоциированием ионов, которые гидравлически не активны и не участвуют в создании осмотического давления.

Из анализа процесса отдельного ассоциирования молекул и ионов вытекает целесообразность выполнения его двумя этапами: 1) выделение побочного продукта в виде ассоциированной части общего минерального состава и 2) опреснение подготовленных вод [9].

Таблица 2

Оценка параметров отдельного ассоциирования молекул и ионов в растворе

Наименование параметра	Значение параметра
1. Диэлектрическая проницаемость растворителя, ϵ	70
2. Диэлектрическая проницаемость растворителя с димерными ассоциациями, ϵ_{dA}	5
3. Общая минерализация исходного раствора C , г/л	35
4. Общая минерализация с парными ассоциациями ионов C_{pA} , г/л	32,5
5. Общая минерализация раствора с неассоциированными ионами C_{nA} , г/л	2,5

Заключение

По имеющимся данным одно из условий реализации отдельного ассоциирования молекул и ионов заключается в поддержании их в дегидратированном состоянии во всей области влияния магнитного поля на раствор. Из-за необратимости процесса дегидратации под влиянием магнитного поля можно принять, что молекулы растворителя образуют димерную структуру, если величину внешнего магнитного поля изменить со значения, необходимого для дегидратации ионов $\left(80 - 120 \frac{\text{кА}}{\text{м}}\right)$, до значения, поддерживающего ассоциирование молекул растворителя $\left(325 \frac{\text{кА}}{\text{м}}\right)$.

Конкретное осуществление процессов отдельного ассоциирования молекул и ионов связано с созданием в растворе локального очага радиуса $R = 10^{-6}$ м, где по данным наблюдений совершаются синхронные переходы протонов и формируются водородные связи между молекулами.

Установление димерного ассоциирования молекул растворителя существенно меняет его структуру и свойства. По данным расчёта диэлектрическая проницаемость водного растворителя уменьшается примерно в 14 раз. Такое изменение диэлектрической проницаемости приводит к значительному росту взаимодействия ионов и к разделению общего количества растворённых веществ на ассоциированную и неассоциированную части, имеющие разные величины и свойства. Ассоциированная часть общей минерализации представляет собой совокупность электронейтральных ионных пар. Она не влияет на стабильность димерной структуры растворителя. Кроме того, ассоциированная часть гидравлически не активна, а поэтому она не участвует в создании осмотического давления. При этом гидравлически активная неассоциированная часть минералов составляет малую часть общей минерализации раствора. Это обстоятельство позволяет опреснять воду со значительно более высоким уровнем минерализации.

Ясно также, что ассоциированная часть общей минерализации, не влияющая на стабильность димерной структуры и гидравлически не связанная с растворителем, может быть отделена от гидравлически активной части растворителя с помощью магнитного поля.

Приведённые соображения, по нашему мнению, достаточны для постановки экс-

периментов по проверке ряда изложенных выводов, вытекающих из концепции отдельного ассоциирования молекул и ионов водного раствора.

В заключение отметим, что основные выводы статьи предполагается проверить методом обратного осмоса [9].

Список литературы

1. Цундель Г.Г. Гидратация и межмолекулярное взаимодействие / Г.Г. Цундель. – М.: Мир, 1972. – 405 с.
2. Захаров С.Д., Мосягина М.В. Гетерогенная структура воды: эволюция представлений (обзор) // Механизмы участия воды в биоэлектромагнитных эффектах: материалы науч. симп. (Махачкала, 1–7 июля, 2010 г.). – Махачкала, 2013. – С. 8–21.
3. Алхасов А.Б. Результаты исследования водородных связей воды и перспективы их использования в технологиях опреснения и очистки / А.Б. Алхасов, А.А. Абдуллаев, Г.А. Рабаданов // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 6. – С. 9–13.
4. Абдуллаев А.А. Об электрических и магнитных свойствах локальных ассоциаций молекул в жидкой воде / А.А. Абдуллаев, А.М. Гасаналиев // Известия Дагестанского педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2014. – № 3. – С. 6–9.
5. Зацепина Г.Н. Физические свойства и структура воды / Г.Н. Зацепина. – М.: Изд-во МГУ, 1967. – 171 с.
6. Саркисов Г.Н. Структурные модели воды / Г.Н. Саркисов // Успехи физических наук. – 2006. – № 176. – С. 833–845.
7. Киврин В. Энергетика воды. – СПб.: Вектор, 2007. – 128 с.
8. Абдуллаев А.А. Исследование влияния факторов внешнего воздействия на воду через водородные связи и оценка их эффективности / А.А. Абдуллаев, Г.А. Рабаданов // Сб. науч. тр. по материалам науч.-практ. конф. Ч. 4. – Тамбов, 2014. – С. 9–12.
9. Духин С.С. Электрохимия мембран и обратный осмос / С.С. Духин, М.П. Сидорова. – Л.: Химия. 1991. – 187 с.

References

1. Cundel G.G. Gidratacija i mezhmolekuljarnoe vzaimodjeystvie / G.G. Cundel. M.: Mir, 1972. 405 p.
2. Zaharov S.D., Mosjagina M.V. Geterogennaja struktura vody: jevoljucija predstavlenij (obzor) // Mehanizmy uchastija vody v biojelektromagnitnyh jeffektah: materialy nauch. simp. (Mahachkala, 1–7 ijulja, 2010 g.). Mahachkala, 2013. pp. 8–21.
3. Alhasov A.B. Rezultaty issledovanija vodorodnyh svjazej vody i perspektivy ih ispolzovanija v tehnologijah opresnenija i ochistki / A.B. Alhasov, A.A. Abdullaev, G.A. Rabadanov // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2016. no. 6. pp. 9–13.
4. Abdullaev A.A. Ob jelektricheskikh i magnitnyh svojstvah lokalnyh asociacij molekul v zhidkoj vode / A.A. Abdullaev, A.M. Gasanaliev // Izvestija Dagestanskogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki. 2014. no. 3. pp. 6–9.
5. Zacepina G.N. Fizicheskie svojstva i struktura vody / G.N. Zacepina. M.: Izd-vo MGU, 1967. 171 p.
6. Sarkisov G.N. Strukturnye modeli vody / G.N. Sarkisov // Uspehi fizicheskikh nauk. 2006. no. 176. pp. 833–845.
7. Kivrin V. Jenergetika vody. SPb.: Vektor, 2007. 128 p.
8. Abdullaev A.A. Issledovanie vlijanija faktorov vneshnego vozdejstvija na vodu cherez vodorodnye svjazi i ocenka ih jeffektivnosti / A.A. Abdullaev, G.A. Rabadanov // Sb. nauch. tr. po materialam nauch.-prakt. konf. Ch. 4. Tambov, 2014. pp. 9–12.
9. Duhin S.S. Jelektrohimiya membran i obratnyj osmos / S.S. Duhin, M.P. Sidorova. L.: Himija. 1991. 187 p.

УДК 543.544.5:661.16

ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ПЕСТИЦИДОВ РАЗЛИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ КЛАССОВ^{1,2}Войкина А.В., ¹Бугаев Л.А.¹ФГБНУ «Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства», Ростов-на-Дону, e-mail: vojkina-anna@yandex.ru;²ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону

Показаны особенности хроматографического разделения пестицидов различных химических классов методом обращенно-фазовой (ОФ) высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) при изократическом режиме элюирования. Наиболее полное разделение исследуемых веществ достигается при использовании ведущего электролита, содержащего ацетонитрил и 0,01 М ортофосфорную кислоту в соотношении 3:2 по объему, скорость потока 0,5 мл/мин, температура термостата колонки – 40 °С, длина волны детектирования – 230 нм, объем вводимой пробы – 10 мкл. Время разделения составляет 35 мин. При данных условиях хроматографирования значения разрешения пиков (R) находились в диапазоне от 1,48 до 7,34, что говорит о достаточно полном разделении двух соседних компонентов. Значения фактора удерживания (k') для исследуемых действующих веществ пестицидов варьировали от 0,37 до 9,64, что характеризует их удерживание в колонке как оптимальное. Значение фактора разделения (α) было $\geq 1,1$, что говорит о правильном выборе сорбента в колонке и выборе растворителя в подвижной фазе. Величины коэффициентов асимметрии (A_s), находились в диапазоне от 0,83 до 1,68, что свидетельствует об отсутствии значимых ионообменных взаимодействий. Число теоретических тарелок при данных условиях хроматографирования (N) находилось в диапазоне от 4174 до 11879, что свидетельствует о большом количестве установившихся равновесий и высокой эффективности хроматографической колонки. Полученные градуировочные графики для каждого действующего вещества пестицидов имеют линейную зависимость с коэффициентами корреляции $R^2 \geq 0,9978$. Стандартное отклонение градуировочных графиков S_p составляло от 3 до 10%.

Ключевые слова: пестициды, ВЭЖХ, хроматографические параметры, элюент, критерий гидрофобности Шатца**CHROMATOGRAPHIC SEPARATION OF PESTICIDES BELONGING TO DIFFERENT CHEMICAL CLASSES**^{1,2}Voykina A.V., ¹Bugaev L.A.¹Azov Fisheries Research Institute, Rostov-on-Don, e-mail: vojkina-anna@yandex.ru;²Southern Federal University, Rostov-on-Don

Some specific characteristics are shown of chromatographic separation of pesticides from different chemical classes by reversed-phase high-performance liquid chromatography (RP-HPLC) in the isocratic elution mode. The complete separation can be achieved when the leading electrolyte consists of acetonitrile and 0,01 M orthophosphoric acid (3:2 v/v), at the flow rate of 0,5 ml/min, 40°C of column thermostat, 230 nm wavelength and injected sample volume of 10 μ l. The retention time is 35 min. Under these chromatographic conditions, the peak resolution (R) values were in the range from 1,48 to 7,34, which indicates a fairly complete separation of the two neighboring components. Retention factors (k') of the active ingredients of pesticides ranged from 0,37 to 9,64 which characterized their retention in the column to be optimal. The value of the separation factor (α) amounted to $\geq 1,1$ which indicated the correct choice of the sorbent in the column and the choice of the solvent in the mobile phase. The tailing factors (A_s) whose values ranged from 0,83 to 1,68 testified to the absence of significant ion-exchange chromatographic interactions. The number (N) of theoretical plates under given chromatographic conditions was in the range from 4174 to 11879 that suggested the great amount of steady-state equilibria and high efficiency of the chromatographic column. The calibration curves obtained for each active ingredient of pesticides had linear dependence with the correlation coefficients $R^2 \geq 0,9978$. The standard deviation S_p of the calibration curves was from 3 to 10%.

Keywords: pesticides, HPLC, chromatographic parameters, eluent, Schatz criterion of hydrophobicity

На современном этапе развития сельскохозяйственного производства ассортимент химических и биологических средств защиты растений постоянно изменяется: исключаются препараты, вызывающие отдаленные экологические последствия, а список полезных средств пополняется эффективными соединениями новых механизмов действия в более безопасных препаративных формах. В последние годы из перечня пестицидов, применяемых в сельском хозяйстве, исключены высокотоксич-

ные и персистентные препараты (ртуть-содержащие, хлорорганические, многие фосфорорганические и др.) [1].

К пестицидам XXI столетия относятся сульфонилмочевинные препараты и гетероциклические соединения разных рядов, в том числе пиридиновые гербициды, пиримидиновые инсектициды и фунгициды, гербициды на основе производных арилоксифеноксипропионовой кислот, имидазолиновые гербициды, инсектициды классов фенилпирозолы и неоникотиноиды, триа-

золотые и имидазолиновые фунгициды. Объем работ по синтезу этих соединений непрерывно растет, они успешно конкурируют по эффективности с применяемыми ранее пестицидами [2].

Наряду с использованием единичных пестицидов в сельском хозяйстве часто применяются их различные смеси. Комбинированные пестициды позволяют одновременно уничтожать сорняки, вредителей и болезни и являются важным резервом повышения биологической и экономической эффективности химических средств защиты растений. Известно, что применение комбинаций небольших доз двух или более пестицидов может обеспечить такую же биологическую эффективность и длительность действия, как и обработка большой дозой более токсичного препарата. Однако расширение одновременного использования пестицидов различных классов приводит к заметному загрязнению почвы, грунтовых, поверхностных, питьевых вод и сельскохозяйственной продукции [3].

Сложность и разнообразие состава пестицидных препаратов, большое количество мешающих веществ делают контроль над загрязнением водоемов пестицидами очень сложной аналитической задачей. Кроме того, состав применяемых пестицидов существенно изменяется во времени [4]. Поиск оптимальных методов анализа пестицидов – одна из важнейших проблем экологической аналитической химии. Для аналитического контроля остаточных количеств пестицидов в объектах сельского хозяйства и окружающей среды используют хромато-масс-спектрометрию, газовую хроматографию, электрохимические методы, полярографию, иммунно-ферментный анализ. Наибольшее применение в рутинных анализах получил метод высокоэффективной жидкостной хроматографии, но использование в качестве растворителей токсичных веществ и дорогостоящих реагентов обуславливает необходимость подбора соответствующих элюентов для хроматографического разделения и детектирования [5].

Целью настоящей работы являлась разработка оптимальных условий одновременного хроматографического разделения действующих веществ пестицидов различных химических классов.

Материалы и методы исследования

Хроматографические исследования проводили на жидкостном хроматографе фирмы «Applied Biosystems» (США), снаб-

женном детектором спектрофотометрическим Applied Biosystems Kratos 757 с дейтериевой лампой. Рабочий диапазон от 190 до 360 нм, максимальная чувствительность 0,005 AUFS. Изократическое элюирование подвижной фазы осуществляли через колонку Reprosil-PUR ODS (размер 4×150 мм, зернение – 5,0 мкм). Для приготовления подвижной фазы использовали ацетонитрил «осч.» 1 сорт («Криохром», Россия), воду бидистиллированную (ТУ 6-09-2502-77) и кислоту ортофосфорную («х.ч.»). Для удаления пузырьков воздуха в подвижной фазе использовали дегазатор DG-18. В качестве объектов исследования были взяты стандартные образцы пестицидов (чистота > 98%): имазапир (ГСО 7708-99), имidakлоприд (СОП 28-06), имазетапир (ГСО 8625-04), ципросульфамид (имп., «Bayer CropScience», Германия), метрибузин (ГСО 7713-99), фенмедифам (ГСО 7512-98), флумиоксазин (имп., «Sumitomo Chemical CO.», Япония), хизалофоп-П-этил (СОП 63-06), этофумезат (ГСО 7740-99), ипродион (СОП 8-05), флуфенацет (имп., «Bayer CropScience», Германия), флубендиамид (имп., «Bayer CropScience», Германия), фамоксадон (имп., «Дюпон де Немур Интернэшнл», Швейцария), пенцикурон (СОП 109-11), дифлуфеникан (имп., «Bayer CropScience», Германия). Стандартные растворы пестицидов с концентрацией 100 мкг/мл готовили из сухих образцов, используя в качестве растворителя ацетонитрил. Градуировочные растворы пестицидов хранили в рабочей камере холодильника при температуре +3–5 °С в герметично закрытых стеклянных емкостях не более 3 месяцев. Перед использованием растворы выдерживали при комнатной температуре не менее 20 мин. Рабочие растворы смеси пестицидов готовили путем разбавления стандартных растворов индивидуальных пестицидов ацетонитрилом непосредственно перед использованием. Обработку данных производили с помощью программного обеспечения Мультихром 1,5. Оптимальными условиями разделения компонентов разделяемой смеси являлось достижение хроматографической системой значений [6]: разрешения пиков $R_s \geq 1,0$, фактора емкости $0,5 \leq k' \leq 20$, коэффициента асимметрии $0,7 \leq A_s \leq 1,5$ и коэффициента селективности $\alpha \geq 1,1$.

Результаты исследования и их обсуждение

При выборе условий хроматографического разделения смеси исследуемых дей-

ствующих веществ пестицидов учитывали физико-химические свойства разделяемых соединений (табл. 1). Все вещества представляют собой термически нестабильные, низкомолекулярные ароматические карбоциклические и гетероциклические соединения, содержащие в качестве заместителей как электроноакцепторные, так и электронодонорные группы. Для оценки степени гидрофильности и гидрофобности соединений использовали критерий гидрофобности Шатца (H) и коэффициент распределения октанол-вода ($\log P$), которые рассчитывали по формулам

$$H = n_h - 4\sqrt{n_f}, \quad (1)$$

где n_h – число элементарных гидрофобных фрагментов в молекуле, а n_f – число полярных групп.

$$K_{ow} = \frac{C_o}{C_w}, \quad (2)$$

C_o – концентрация тестируемого вещества в *n*-октаноле, насыщенном водой, а C_w – концентрация тестируемого вещества в воде, насыщенной 1-октанолом.

Все исследуемые действующие вещества пестицидов относятся к низко- ($H = 0-4$) и среднегидрофобным ($H = 4-20$) веществам, которые соответственно частично растворимы в воде и хорошо растворимы в полярных раствори-

телях. Учитывая данные характеристики, наиболее эффективным является использование обращенно-фазового варианта жидкостной хроматографии. В качестве неподвижной фазы использовали хроматографическую колонку, содержащую сорбент на основе силикагеля, химически модифицированный алкилсиланом $Cl-Si(CH_3)_2-R$, где R – алкильная цепь с восемнадцатью атомами углерода или октадецилсилированный силикагель. В качестве подвижной фазы использовали смесь ацетонитрила с 0,01 М раствором ортофосфорной кислоты в различных соотношениях (4:1, 7:3, 3:2, 1:1). Учитывая, что исследуемые действующие вещества пестицидов термически нестабильны, температура термостата колонки не превышала 40 °С. Согласно методическим указаниям по определению остаточных количеств индивидуальных пестицидов, была выбрана длина волны детектора 230 нм. При данной длине волны исследуемые соединения дают максимальный отклик. Изучали хроматографическую подвижность исследуемых действующих веществ пестицидов и определяли время удерживания при различном составе элюента. Результаты хроматографирования в системах с различным содержанием реагентов, как среднее пяти параллельных определений, представлены в табл. 2.

Таблица 1

Краткая физико-химическая характеристика исследуемых действующих веществ пестицидов

Действующее вещество	Класс	Молекулярная масса	H	$\log K_{ow}$
Имазапир	Имидазолиноны	261,3	5	0,11
Имидаклоприд	Неоникотиноиды	255,7	0,6	0,57
Имазетапир	Имидазолиноны	289,3	5	1,49
Ципросульфамид	Производные метоксибензамида	374,0	8	0,8
Метрибузин	Триазиноны	214,3	0,1	1,65
Фенмедифам	Карбаматы	300,3	6	3,59
Флумиоксазин	Фенилфталимиды	354,3	10	2,55
Хизалофоп-П-этил	Арилоксифеноксипропионаты	372,8	9	4,61
Этофумезат	Бензофуранилалкансульфонаты	286,3	5	2,7
Ипродион	Дикарбоксамиды	330,2	5	3,1
Флуфенацет	Оксиацетанилиды	363,3	10	3,2
Флубендиамид	Бензендиакрбоксамиды	682,4	15	4,2
Фамоксадон	Оксазолидинионы	374,4	12	4,8
Пенцикурон	Производные мочевины	328,8	13	4,68
Дифлуфеникан	Карбоксамиды	394,3	16	4,2

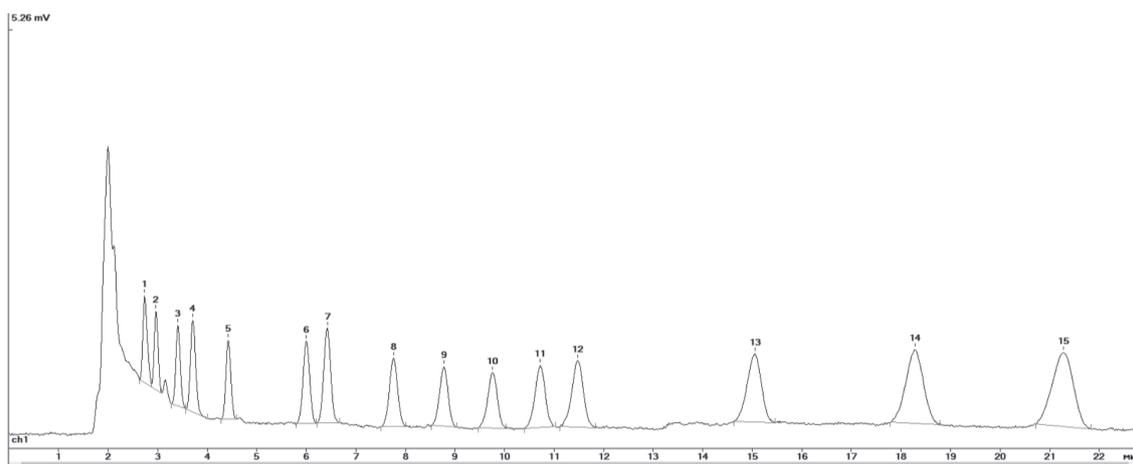
Из табл. 2 видно, что при элюенте содержащем 80% ацетонитрила и 20% 0,01 М раствора ортофосфорной кислоты действующие вещества пестицидов с низким значением критерия Шатца и коэффициентом октанол-вода не детектируются. Имазапир, имидаклоприд, имазетапир и метрибузин сорбируются необратимо, т.е. система имеет недостаточную элюирующую силу по отношению к этим веществам. При уменьшении ацетонитрила в подвижной фазе до 70% аналогичная картина наблюдается для имазапира и имида-

клоприда, остальные действующие вещества пестицидов разделяются. При составе подвижной фазы 60% ацетонитрил и 40% 0,01 М раствор ортофосфорной кислоты все действующие вещества пестицидов разделяются, хроматограммы характеризуются достаточно узкими пиками. При дальнейшем уменьшении объемной доли ацетонитрила в подвижной фазе – время выхода действующих веществ пестицидов значительно увеличивается, а для некоторых веществ, таких как дифлуфеникан, время удержания не определено.

Таблица 2

Времена удерживания действующих веществ пестицидов при различном составе подвижной фазы (n = 5, P = 0,95)

Система элюирования Действующее вещество	Время удерживания, мин			
	CH ₃ CN/ 0,01М Н ₃ PO ₄ (4:1)	CH ₃ CN/ 0,01М Н ₃ PO ₄ (7:3)	CH ₃ CN/ 0,01М Н ₃ PO ₄ (3:2)	CH ₃ CN/ 0,01М Н ₃ PO ₄ (1:1)
Имазапир	–	–	2,735	6,861
Имидаклоприд	–	–	2,964	6,681
Имазетапир	–	2,951	3,403	9,312
Ципросульфамид	3,234	3,032	3,705	12,012
Метрибузин	–	4,311	4,420	13,375
Фенмедифам	3,876	5,304	5,957	24,645
Флумиоксазин	4,458	6,982	6,368	28,234
Хизалофоп-П-этил	5,653	7,321	7,699	32,912
Этофумезат	6,234	7,512	8,714	38,042
Ипродион	7,231	8,612	9,702	43,612
Флуфенацет	8,342	9,432	10,663	45,453
Флубендиамид	9,054	10,234	11,425	45,567
Фамоксадон	11,321	12,241	15,008	46,921
Пенцикурон	14,765	15,442	18,245	49,925
Дифлуфеникан	15,076	17,453	21,243	–



Хроматограмма стандартной смеси пестицидов: 1 – имазапир, 2 – имидаклоприд, 3 – имазетапир, 4 – ципросульфамид, 5 – метрибузин, 6 – фенмедифам, 7 – флумиоксазин, 8 – хизалофоп-П-этил, 9 – этофумезат, 10 – ипродион, 11 – флуфенацет, 12 – флубендиамид, 13 – фамоксадон, 14 – пенцикурон, 15 – дифлуфеникан

Таблица 3

Параметры хроматографического разделения действующих веществ пестицидов

Действующее вещество	R_s	α	A_s	k'	N
Имазапир	1,48	1,3	1,68	0,57	4174
Имидаклоприд	2,79	1,5	1,11	0,59	6513
Имазетапир	1,71	1,2	1,20	0,71	6619
Ципросульфамид	3,82	1,4	1,20	0,86	6034
Метрибузин	7,15	1,6	1,14	1,22	8811
Фенмедифам	1,65	1,1	1,01	1,99	9436
Флумиоксазин	4,73	1,3	1,04	2,19	9691
Хизалофоп-П-этил	3,20	1,2	0,99	2,86	9595
Этофумезат	2,89	1,1	0,93	3,37	10932
Ипродион	2,60	1,1	0,91	3,85	11471
Флуфенацет	1,87	1,1	0,90	4,35	11879
Флубендиамид	1,87	1,1	0,91	4,71	10614
Фамоксадон	7,34	1,4	0,85	6,52	11671
Пенцикурон	5,30	1,2	0,95	8,16	11256
Дифлуфеникан	3,99	1,2	0,83	9,64	10289

Таблица 4

Аналитические характеристики методики определения действующих веществ пестицидов (n = 5, P = 0,95)

ДВ	Время удерживания, мин	Диапазон линейности, мкг/мл	Уравнение градуировочного графика	Коэффициент корреляции
Имазапир	2,70	0,03–4	$y = 0,022100x$	0,9978
Имидаклоприд	2,93	0,08–10	$y = 0,081246x$	0,9986
Имазетапир	3,36	0,04–5	$y = 0,039133x$	0,9993
Ципросульфамид	3,66	0,05–6	$y = 0,036583x$	0,9996
Метрибузин	4,37	0,02–3	$y = 0,020694x$	0,9996
Фенмедифам	5,89	0,02–3	$y = 0,017073x$	0,9997
Флумиоксазин	6,31	0,02–2	$y = 0,009263x$	0,9998
Хизалофоп-П-этил	7,64	0,05–6	$y = 0,031069x$	0,9998
Этофумезат	8,66	0,08–10	$y = 0,058973x$	0,9997
Ипродион	9,65	0,06–7	$y = 0,041369x$	0,9996
Флуфенацет	10,61	0,08–10	$y = 0,049935x$	0,9997
Флубендиамид	11,37	0,08–10	$y = 0,036661x$	0,9997
Фамоксадон	14,96	0,05–6	$y = 0,018735x$	0,9998
Пенцикурон	18,22	0,06–8	$y = 0,017986x$	0,9996
Дифлуфеникан	21,23	0,08–10	$y = 0,018329x$	0,9996

В результате полное разделение исследуемых веществ достигалось при следующих условиях: подвижная фаза (ацетонитрил – 0,01 М ортофосфорная кислота в соотношении 3:2 по объему) в изократическом режиме; скорость потока 0,5 мл/мин, температура термостата колонки – 40 °С. Длина волны детектирования – 230 нм, объем вводимой пробы – 10 мкл. Продолжительность анализа – 35 мин. На рисунке представлена хроматограмма смеси стандартных веществ, полученная при данных условиях.

При выборе оптимальных условий разделения и идентификации веществ в смеси исследовали зависимость между составом подвижной фазы и хроматографическими параметрами (R_s – разрешение пиков, α – коэффициент селективности, A_s – коэффициент асимметрии, k' – фактор удерживания (ёмкости), N – число теоретических тарелок). Результаты расчета хроматографических характеристик представлены в табл. 3.

При данных условиях хроматографирования значения разрешения пиков (R) нахо-

дились в диапазоне от 1,48 до 7,34, что говорит о достаточно полном разделении двух соседних компонентов. Значения фактора удерживания (k') для исследуемых действующих веществ пестицидов составляли от 0,37 до 9,64, что характеризует их удерживание в колонке как оптимальное. При значении фактора разделения (α) $\geq 1,1$ разделение считается полным. В нашем случае α находилось в диапазоне от 1,1 до 1,6, что говорит о правильном выборе сорбента в колонке и выборе растворителя в подвижной фазе. Величины коэффициентов асимметрии (A_s), рассчитанные для пиков исследуемых соединений, находились в диапазоне от 0,83 до 1,68, что свидетельствует об отсутствии значимых ионообменных взаимодействий. Число теоретических тарелок при данных условиях хроматографирования (N) находилось в диапазоне от 4174 до 11879, что свидетельствует о большом количестве установившихся равновесий и высокой эффективности хроматографической колонки. В подобранных оптимальных условиях хроматографирования получены градуировочные характеристики. Графики для каждого действующего вещества пестицидов имеют линейную зависимость с коэффициентами корреляции $R_2 \geq 0,9978$ (табл. 4). Стандартное отклонение градуировочных графиков S_r составляло от 3 до 10%.

Заключение

Таким образом, по результатам проведенного исследования подобран состав подвижной фазы и найдены оптимальные условия элюирования для идентификации действующих веществ пестицидов различных химических классов: имазапир, имидаклоприд, имазетапир, ципросульфамид, метрибузин, фенмедифам, флумиоксазин, хизалофоп-П-этил, этофумезат,

ипродион, флуфенацет, флубендиамид, фамоксадон, пенцикурон, дифлуфеникан. Полученные данные свидетельствуют о том, что данный метод обеспечивает полное разделение и идентификацию исследуемых пестицидов, находящихся одновременно в смеси.

Список литературы

1. Волгина Т.Н. Пути распространения пестицидов в объектах окружающей среды / Т.Н. Волгина, В.Т. Новиков, Д.В. Регужева // Региональные проблемы. – 2010. – Т. 13, № 1. – С. 76–81.
2. Starner K., Goh K.S. Detections of the Neonicotinoid Insecticide Imidacloprid in Surface Waters of Three Agricultural Regions of California, USA, 2010–2011. Bull Environ. Contam. Toxicol., 2012. – vol. 88. – P. 316–321.
3. Большаков Д.С. Одновременное определение полярных пестицидов различных классов в водах и почвах методом капиллярного электрофореза: автореф. дис. ... канд. хим. наук. – Саратов, 2013. – 23 с.
4. Амелин В.Г. Определение неоникотиноидов (имидаклоприда, тиаметоксана, ацетамиприда) в воде методом капиллярного электрофореза / В.Г. Амелин, Д.С. Большаков, А.В. Третяков // Вода: химия и экология. – 2012. – № 9. – С. 76–80.
5. Plimmer J.R. Analytical chemistry and the future of pesticides // Environmental Science and Health. – 2008. – vol. 31(4). – P. 645–670.

References

1. Volgina T.N. Puti rasprostraneniya pesticidov v obektah okruzhajushhej sredy / T.N. Volgina, V.T. Novikov, D.V. Reguzova // Regionalnye problemy. 2010. T. 13, no. 1. pp. 76–81.
2. Starner K., Goh K.S. Detections of the Neonicotinoid Insecticide Imidacloprid in Surface Waters of Three Agricultural Regions of California, USA, 2010–2011. Bull Environ. Contam. Toxicol., 2012. vol. 88. pp. 316–321.
3. Bolshakov D.S. Odnovremennoe opredelenie poljarnyh pesticidov razlichnyh klassov v vodah i pochvah metodom kapilljarnogo jelektroforeza: avtoref. dis. ... kand. him. nauk. Saratov, 2013. 23 p.
4. Amelin V.G. Opredelenie neonikotinoidov (imidakloprida, tiametoksana, acetamiprida) v vode metodom kapilljarnogo jelektroforeza / V.G. Amelin, D.S. Bolshakov, A.V. Tretjakov // Voda: himija i jekologija. 2012. no. 9. pp. 76–80.
5. Plimmer J.R. Analytical chemistry and the future of pesticides // Environmental Science and Health. 2008. vol. 31(4). pp. 645–670.

УДК 547.362:543.429.23

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА ДИМЕТИЛДИЭТИЛБУТИНДИОЛА**Меркулов В.В., Алмазов А.И., Мантлер С.Н.***РГП «Карагандинский государственный индустриальный университет», Темиртау,
e-mail: smart-61@mail.ru*

Высокая реакционная способность ацетилена делает его одним из важнейших исходных соединений для синтеза разнообразных органических продуктов. Принимая во внимание экономику производства конечных продуктов и нарастающий дефицит нефти, разработку новых методов синтеза на его основе можно считать актуальной задачей. Целью данного исследования стал синтез в лабораторных условиях нового мономера 3,6-диметил-3,6-дигидрокси-октана-4 на основе реакции Фаворского, путем присоединения ацетилена к бутанону-2 в присутствии порошкообразного КОН. Это симметричное функциональное производное ацетилена содержит в своей молекуле одновременно две гидроксильные группы и тройную связь, что и дает возможность использовать его для производства широкого ассортимента продуктов и полупродуктов. В работе описана экспериментальная установка и методика осуществления синтеза. Полученный продукт (аморфный порошок из иглообразных кристаллов желтоватого цвета) идентифицирован одномерным методом ЯМР-спектроскопии. Снятые ^1H и ^{13}C ЯМР спектры подтвердили структуру предлагаемого вещества. Наблюдения за ходом эксперимента позволили сделать вывод о простоте, безопасности и достаточной интенсивности предлагаемого метода синтеза ацетиленовых диолов, легкости выделения целевого продукта реакции.

Ключевые слова: ацетилен, непредельные спирты, синтез диолов, реакция Фаворского, ЯМР-спектроскопия**THE PERSPECTIVE METHOD OF SYNTHESIS OF DIMETHYLDIETHYLBUTYNDIOL****Merkulov V.V., Almazov A.I., Mantler S.N.***Karaganda State Industrial University, Temirtau, e-mail: smart-61@mail.ru*

The high reactivity of acetylene makes it one of the most important starting compounds for the synthesis of a variety of organic products. Taking into account the economics of production of final products and the growing deficit of oil, the development of new methods of synthesis on its basis can be considered an important and actual task. The purpose of this study was the synthesis in the laboratory of a new monomer of 3,6-dimethyl-3,6-dihydroxyoctan-4 based on the Favorsky reaction, by attaching acetylene to butanone-2 in the presence of powdered KOH. This symmetric functional derivative of acetylene contains in its molecule simultaneously two hydroxyl groups and a triple bond, which make it possible to use it for the production of a wide range of products and intermediates. The experimental setup and the synthesis procedure are described in the article. The resulting product (amorphous yellow needle-like crystal powder) was identified by a one-dimensional method of NMR spectroscopy. Collected ^1H and ^{13}C NMR spectra for this substance confirmed his anticipated structure. Observations of the course of the experiment made it possible to infer the simplicity, safety and sufficient intensity of the proposed method for the synthesis of acetylene diols, the ease of isolating the desired reaction product.

Keywords: acetylene, unsaturated alcohols, synthesis of diols, Favorsky reaction, NMR spectroscopy

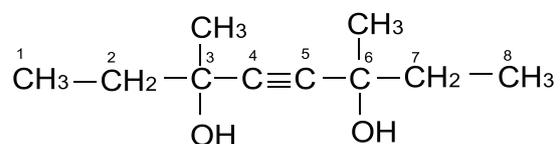
Ацетилен – один из крупнейших полу-продуктов промышленного органического синтеза. Его мировое производство превышает 2 млн тонн в год. Благодаря наличию тройной связи и подвижных атомов водорода ацетилен обладает высокой реакционной способностью, которая и определяет его применение для производства многих продуктов основного и тонкого органического синтеза [1]. Широкое использование ацетилена сдерживается в настоящее время его высокой стоимостью по сравнению с этиленом. Однако устойчивое повышение цен на нефть в недалеком будущем позволит ацетилену стать конкурентоспособным сырьем для химической промышленности по отношению к пока более дешевому этилену. Особый интерес промышленные ацетиленовые технологии органического синтеза вызывают в первую очередь в тех странах, которые богаты углем (Германии, Англии

и некоторых других). В них на основе карбидного ацетилена сформировалась большая ветвь промышленного органического синтеза.

Производные ацетилена, представляющие его соединения, в которых один или оба атома водорода заменены на какой-либо другой атом или группу атомов, имеют всё большую перспективу применения для целей тонкого органического синтеза. На основе ацетиленовых соединений уже сейчас созданы разработки для производства лекарственных препаратов, специальных полимеров, фотоактивных веществ, жидких кристаллов и многих других соединений, используемых в новой технике. Огромный интерес представляют ацетиленовые спирты, особенно гликоли, так как наличие в их составе совместно с ацетиленовой группой, спиртовых групп и алкильных радикалов дает возможность получать разнообразные

винильные мономеры и создавать полимеры на их основе [1]. Они являются ценными продуктами с широким спектром практического применения – полупродукты в синтезе душистых веществ, лекарственных препаратов и витаминов, антикоррозийные средства для защиты нефтяного оборудования, модификаторы моторных топлив, эмульгаторы и другие соединения, используемые в современной технике.

Целью данного исследования был синтез в лабораторных условиях на основе реакции Фаворского нового мономера диметилдиэтилбутиндиола (по номенклатуре IUPAC 3,6–диметил–3,6–дигидрокси–октин–4) со следующей структурной формулой [2]:



Данное соединение относится к органической химии, в частности к функциональным производным ацетиленов в области полимеров, которое содержит в своей молекуле одновременно две гидроксильные группы и тройную связь, что дает возможность получать из него полимеры с заданными характеристиками, лекарства и витамины, душистые вещества, эмульгаторы и флотореагенты. Применение производных данного соединения в качестве флотореагента при обогащении медных и серебряных руд на данный момент является наиболее актуальным, ввиду того, что в республике Казахстан флотореагенты не производятся, а ввозятся из-за рубежа [3].

Материалы и методы исследования

Известно, что получение ацетиленовых спиртов основано на взаимодействии ацетиленов с карбонильными соединениями (технологии А.Е. Фаворского и В. Реппе). Еще в 1905 г. А.Е. Фаворским была высказана мысль о возможности прямой конденсации карбонильных соединений с монозамещенными ацетиленами (алкинами с концевой тройной связью) в присутствии сильных оснований. И действительно, уже первое осуществленное в этом направлении взаимодействие – конденсация ацетона с фенилацетиленом в присутствии порошкообразного едкого калия – позволило одностадийно и с количественным выходом получить ожидаемый 2-метил-4-фенилбутан-3-ол-2 [1]. Впоследствии эта реакция была распространена не только на прочие монозамещенные ацетилены, но и на сам ацетилен.

Весьма обстоятельные исследования по определению оптимальных условий проведения данной реакции были выполнены И.А. Фаворской с сотрудниками. Было показано, что образованию гликолей в эфирной среде способствуют:

- а) медленное перемешивание реакционной, массы;
- б) слабый ток ацетиленов;
- в) быстрое добавление карбонильной компоненты.

Знание этих закономерностей позволило упомянутым авторам ввести в конденсацию не только такие малоактивные карбонильные соединения, как метил-н-нонилкетон, но и получить с количественными выходами ряд вторичных ацетиленовых карбинолов. Последний факт тем более значителен, что при осуществлении классического варианта реакции Фаворского взаимодействие ацетиленов с алифатическими альдегидами очень часто сопровождается альдольной конденсацией взятого альдегида.

Синтез через ацетилениды щелочных металлов в среде инертных растворителей долгое время заметно сдерживался тем, что приходилось работать с грубодисперсными суспензиями этих агентов. Это осложняло температурный контроль реакций и очень часто приводило к разного рода неудачам при синтезе ацетиленовых спиртов. К настоящему времени разработан ряд легко воспроизводимых даже в лабораторных условиях прямых способов получения тонкодисперсных суспензий ацетиленидов щелочных металлов в инертных растворителях, что значительно расширило синтетические возможности указанного выше метода [4].

Ни один из методов стехиометрического этилирования карбонильных соединений в среде инертных растворителей не используется в настоящее время столь широко, как этилирование в среде жидкого аммиака. Удобства в проведении такого рода синтезов общеизвестны, поэтому имеет смысл лишь отметить, что интенсивная разработка этого способа началась после сообщения К. Кэмпбелла с сотрудниками о синтезе большого числа ацетиленовых спиртов с помощью ацетиленидов натрия в жидком аммиаке. На основании большого экспериментального материала было выяснено, что из всех применяемых ацетиленидов наиболее мягко действующим является ацетиленид лития, наиболее реакционноспособен – ацетиленид калия, а ацетиленид натрия занимает промежуточное между ними положение [1, 4].

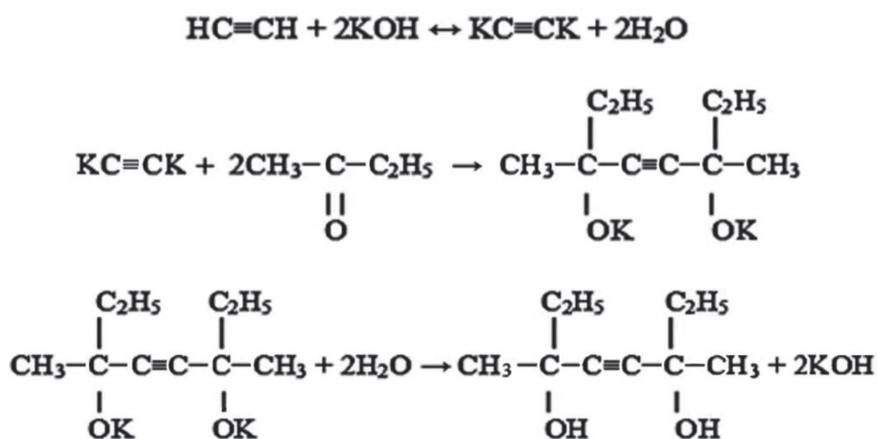
Преимущество предлагаемой в данном исследовании технологии получения ацетиленовых спиртов перед уже известными заключается в безопасности, экономичности и более высокой интенсивности процесса: не применяется жидкий аммиак (токсичный, раздражающий растворитель, образующий с воздухом взрывоопасные смеси), ацетилен используется при атмосферном давлении, процесс проводится при температуре, близкой к комнатной, нет вредных выбросов и отходов. Получение ацетиленовых спиртов производится присоединением ацетиленовых углеводородов к карбонильным соединениям в присутствии оснований. В реакцию вступают алициклические кетоны и некоторые альдегиды. В ряду ацетиленов чаще используют незамещенный аце-

тилен и винилацетилен. Обычно реакцию проводят с суспензией KOH в растворителе (эфире, бензоле, ДМФА и других) и большим избытке ацетилена (вместо ацетилена можно использовать CaC_2 в присутствии KOH) [5].

Наиболее близким структурным аналогом диметилдиэтилбутиндиола является тетраметилбутиндиол



который также используют в качестве полу-продуктов в синтезе лаков, клеев, флоторегентов, ингибиторов коррозии, душистых и лекарственных веществ [3]. Его получают при взаимодействии ацетилена с ацетоном в присутствии мелкодисперсного гидроксида калия в среде бензола или диэтилового эфира:



Недостатком данного вещества является короткая углеродная цепь, которая не позволяет получить большое количество производных. Поэтому в ходе данного исследования и стояла задача, используя реакцию Фаворского, синтезировать новое химическое соединение с более длинной углеродной цепью 3,6-диметил-3,6-дигидроксиоктин-4, путем присоединения ацетилена к бутанону-2 в присутствии порошкообразного KOH.

В результате данной реакции образуется соответствующий ацетиленид, при гидролизе которого с выходом 60% и получают этот ацетиленовый спирт – диметилдиэтилбутиндиол.

Аппаратура для проведения синтеза состоит из трехгорлой колбы емкостью 0,5 л, снабженной механической мешалкой с ртутным затвором, обратным холодильником, капельной воронкой и трубкой для подачи ацетилена. Ацетилен для очистки

пропускают через промывную склянку Тищенко с концентрированной H_2SO_4 . Конеч обратного холодильника также соединяется со склянкой Тищенко или счетчиком пузырьков, заполненными H_2SO_4 , что защищает систему от попадания влаги и позволяет следить за поглощением ацетилена [5].

В трехгорлую колбу загружается 73 г порошка KOH, 270 мл бензола и 24,5 г бутанона-2. При перемешивании и охлаждении водопроводной водой ($13\text{--}15^\circ\text{C}$) через реакционную смесь в течение 1,5 часов пропускают 6 л очищенного ацетилена (из газометра). Реакционную смесь оставляют на ночь и затем гидролизуют, прибавляя из капельной воронки 70–80 мл дистиллированной воды. Бензольный слой отделяют в делительной воронке, а водный экстрагируют тремя порциями бензола по 30 мл. Бензольный слой и вытяжки от экстракции водного слоя соединяют, последовательно промывают 20 мл воды, 20 мл 20%-ной уксусной

кислоты, 20 мл воды и сушат прокаленным поташом. После отгонки бензола целевой продукт (3,6-диметил-3,6-дигидроксиоктин-4) кристаллизуется в колбе в виде игольчатых кристаллов желтоватого цвета с температурой плавления 59 °С, для очистки которых используют перекристаллизацию четыреххлористым углеродом.

Для идентификации и установления структуры полученного вещества были сняты ¹H и ¹³C ЯМР спектры на спектрометре JNM-ECA-400 компании «JEOL» (Япония) с рабочей частотой на ядрах водорода 400 МГц. Анализ выполняли одномерным методом ЯМР-спектроскопии, поскольку ядерный магнитный резонанс является се-

годня одним из самых информативных методов исследования структуры и превращений молекул, межмолекулярных взаимодействий и количественного анализа веществ.

Результаты исследования и их обсуждение

Полученный образец продукта (предположительно диметилдиэтилбутиндиола) представлял собой аморфный порошок желтого цвета, хорошо растворимый в хлороформе, поэтому ¹H и ¹³C ЯМР-спектры образца снимали в дейтерированном хлороформе. Полученные реальные и модельные ¹H и ¹³C ЯМР-спектры данного образца приведены на рис. 1 и 2.

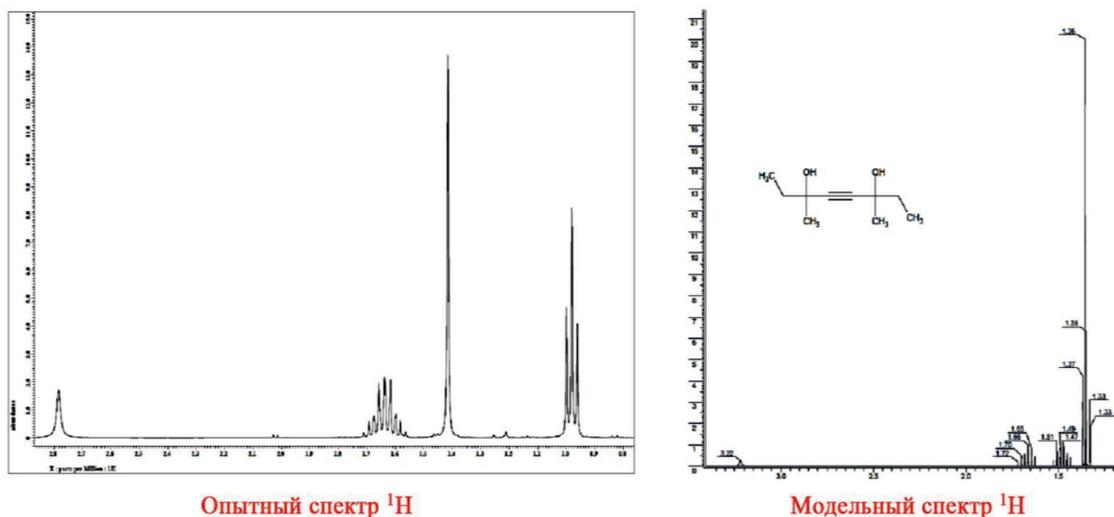


Рис. 1. Спектры ¹H ЯМР синтезированного образца диметилдиэтилбутиндиола

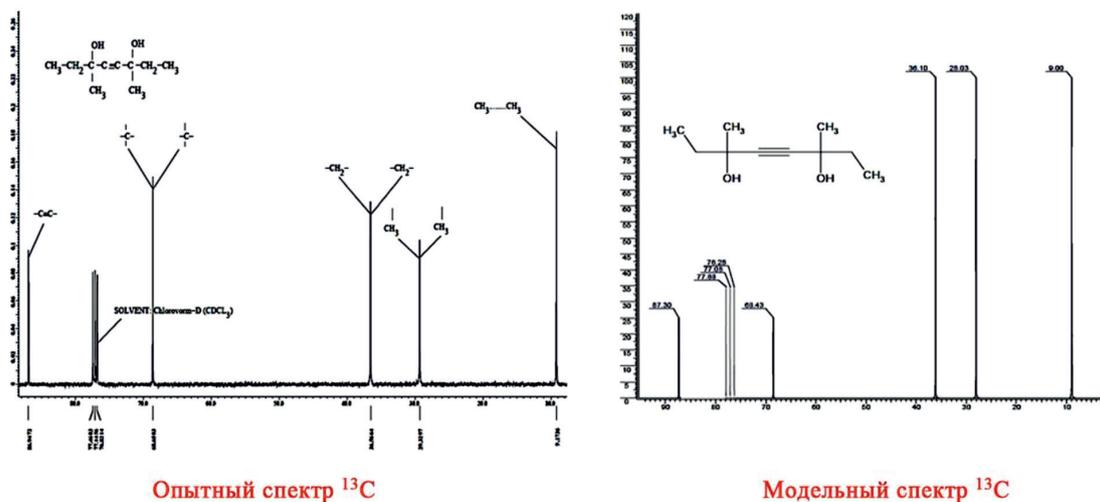


Рис. 2. Спектры ¹³C ЯМР синтезированного образца диметилдиэтилбутиндиола

Известно, что при исследовании методом ЯМР соединений с неизвестной структурой необходимо проводить также и изучение наиболее подходящих модельных соединений в идентичных условиях, т.к. это наиболее надежный путь её установления. Модельные спектры ^1H и ^{13}C ЯМР предполагаемого соединения получали в программе ACDLab Chem Sketch Window, выполняющей большое количество всевозможных физико-химических расчетов.

Как видно из представленных на рис. 1 и 2 спектров, простота и симметричность анализируемого соединения однозначно проявилась в реальном и модельном вариантах. Это свидетельствует о правильной идентификации и установлении строения предполагаемого соединения.

Основываясь на наблюдениях за ходом проведенных экспериментов, можно также сказать, что предлагаемый метод синтеза ацетиленовых диолов отличается простотой реализации и легкостью выделения целевого продукта из реакционной смеси, имеет меньшую продолжительность (1,5 часа против 10 часов) и достаточно высокий выход целевого продукта (около 60%). Кроме того, описанное вещество синтезируется на основе доступного химического сырья и в достаточно мягких условиях. Данные преимущества достигнуты благодаря учету рекомендованных [5–7] особенностей осуществления реакций данного типа: медленное перемешивание реакционной массы, слабый ток ацетилена и быстрое добавление кетона.

Выводы

Благодаря своей высокой ненасыщенности, ацетилен способен очень энергично присоединять самые разнообразны вещества. Возможности использования его в органическом синтезе настолько велики, что даже создана целая отрасль химической промышленности, в которой он является основным сырьевым источником.

Из всех непредельных углеводородов ацетилену принадлежит первое место по разнообразию продуктов, получаемых на его основе. Среди них находятся и ацетиленовые спирты, которые являются ценными продуктами с широким спектром практического применения. Они могут служить полупродуктами в синтезе душистых веществ, лекарственных препаратов и витаминов, антикоррозионными средствами для защиты нефтяного оборудования, модификаторами моторных топлив, эмульгаторами, исходными веществами для синтеза мономеров.

На основании полученных в ходе работы экспериментальных данных можно сделать вывод, что предложенный метод получения вышеупомянутого ненасыщенного ацетиленового диола, основанный на описанном Б.В. Иоффе способе [7] и реакции А.Е. Фаворского, осуществим в лабораторных условиях. Анализ полученных образцов продукта реакции, выполненный методом ЯМР-спектроскопии, подтверждает структуру полученного соединения. Предлагаемая в данной работе методика синтеза диметилдиэтилбутидиола предпочтительней методики синтеза, описанной А.В. Щелкуновым [6], поскольку более перспективна в технологическом плане.

Список литературы

1. Химия ацетилена: Новые главы / Н.К. Гусарова, А.И. Михалева, Е.Ю. Шмидт, А.Г. Малькина // Под ред. Егорова М.П. – Новосибирск: Наука, 2013. – 368 с.
2. Smith M.B. *March's Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure* (7th ed.) / Smith M.B., March J. – Wiley-Interscience, 2013. – 2075 с.
3. Изучение синтезов ненасыщенных спиртов с целью получения новых ценных мономеров / А.И. Алмазов и др. // Республиканский научный журнал «Технология производства металлов и вторичных материалов». – 2012. – № 2 (22). – С. 261–267.
4. Трофимов Б.А. Новая основно-каталитическая реакция кетонов с ацетиленами / Б.А. Трофимов, Е.Ю. Шмидт, Е.В. Иванова. – Saarbruecken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 124 с.
5. Инновационный патент РК № 29740. МПК: C07C 33/00. 3,6-диметил-3,6-дигидрокси-октин-4. Арбузов В.А., Алмазов А.И. Оpubл.: 15.04.2015. Бюл. №4. – 3с.
6. Патент 2199519 РФ. МПК: C07C29/42, C07C33/044. Способ получения третичных α -ацетиленовых диолов. Щелкунов С.А. (RU), Малышев О.А. (RU), Петров В.Ю. (KZ). Патентообладатель Щелкунов С.А. – № 2001104910/04; Заявл. 2001-02-22; Оpubл. 27.02.2003.
7. Современные методы органического синтеза / Под общ. ред. Б.В. Иоффе. – изд. 2-е, допол. и перераб. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1980. – 232 с.

References

1. Himija acetilena: Novye glavy / N.K. Gusarova, A.I. Mihaleva, E.Ju. Shmidt, A.G. Malkina // Pod red. Egorova M.P. Novosibirsk: Nauka, 2013. 368 p.
2. Smith M.B. *March's Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure* (7th ed.) / Smith M.B., March J. Wiley-Interscience, 2013. 2075 p.
3. Izuchenie sintezov nenasyshennyh spirtov s celju poluchenija novyh cennyh monomerov / A.I. Almazov i dr. // Respublikanskij nauchnyj zhurnal «Tehnologija proizvodstva metallov i vtorichnyh materialov». 2012. no. 2 (22). pp. 261–267.
4. Trofimov B.A. Novaja osnovno-kataliticheskaja reakcija ketonov s acetilenami / B.A. Trofimov, E.Ju. Shmidt, E.V. Ivanova. Saarbruecken: Lambert Academic Publishing, 2012. 124 p.
5. Innovacionnyj patent RK no. 29740. MPK: C07C 33/00. 3,6-dimetil-3,6-digidroksi-oktin-4. Arbuzov V.A., Almazov A.I. Opubl.: 15.04.2015. Bjul. no. 4. 3 p.
6. Patent 2199519 RF. MPK: C07C29/42, C07C33/044. Sposob poluchenija tretichnyh α -acetenovyh diolov. Shhelkunov S.A. (RU), Malyshev O.A. (RU), Petrov V.Ju. (KZ). Patentobladatel Shhelkunov S.A. no. 2001104910/04; Zajavl. 2001-02-22; Opubl. 27.02.2003.
7. Sovremennye metody organicheskogo sinteza / Pod obshh. red. B.V. Ioffe. izd. 2-e, dopol. i pererab. L.: Izd-vo LGU, 1980. 232 p.

УДК 630*17:582 (470.44)

МОНИТОРИНГ РОСТА И СОСТОЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА ACER L. В САРАТОВСКОМ ПОВОЛЖЬЕ

Арестова С.В., Арестова Е.А.

ФГБНУ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока,
Саратов, e-mail: arestova.ea@mail.ru

В статье представлены результаты многолетних исследований трех видов родового комплекса *Acer* L., отличающихся в условиях Саратовского Поволжья хорошим ростом и состоянием: *A. platanoides* L., *A. campestre* L., *A. saccharinum* L. Мониторинг проводили в дендрарии научно-исследовательского института сельского хозяйства Юго-Востока, расположенном в черте города Саратова, где сформирована коллекция кленов не имеющая аналогов в регионе по дендрологическому составу и возрасту. Изученные виды растут биогруппами в идентичных условиях засушливого юго-востока европейской части России. В процессе работы измеряли биометрические показатели растений, изучали ритмы сезонного и онтогенетического роста и развития, проводили фенологические наблюдения за вегетативной и генеративной сферами, комплексную оценку интродукционной устойчивости и интегральную оценку жизнеспособности и перспективности растений в новых для них условиях существования. В процессе работы использованы общепринятые методики ботанического и лесохозяйственного профиля. Проведено сравнение интродуцированных видов с аборигенным. В результате работы составлены ряды по степени уменьшения следующих показателей: высоты и диаметра, показателей жизнеспособности, продолжительности вегетации, продолжительности цветения. По комплексным показателям интродукционной устойчивости и жизнеспособности и перспективности *A. platanoides* L. и *A. campestre* L. относятся к группе высокоустойчивые растения и I группе перспективности, а *A. saccharinum* L. – к устойчивым растениям и II группе перспективности. В целом проведенные наблюдения и исследования позволили сделать вывод об успешной адаптации растений изученных видов в новых для них агроклиматических условиях Саратовского Поволжья.

Ключевые слова: адаптация, дендрарий, жизнеспособность, интродукционная устойчивость, мониторинг, перспективность, родовой комплекс

GROWTH AND CONDITION MONITORING OF SOME SPECIES OF ACER L. GENUS IN SARATOV VOLGA REGION

Arestova S.V., Arestova E.A.

Agricultural Research Institute for South-East Region (ARISER), Saratov,
e-mail: arestova.ea@mail.ru

Article presents the results of long-term studies of three species of *Acer* L. generic complex that show good growth and state in the conditions of Saratov Volga region: *A. platanoides* L., *A. campestre* L., *A. saccharinum* L. Monitoring was conducted in the arboretum of the Agricultural Research Institute of the South-East Region, located in the city of Saratov, where a collection of maples was formed which has no analogues in the region in terms of dendrological composition and age. The studied species grow by biogroups in identical conditions of arid southeast of the European part of Russia. During the work, biometric indicators of plants were measured, rhythms of seasonal and ontogenetic growth and development were studied, phenological observations of vegetative and generative spheres were conducted, a comprehensive assessment of introductory sustainability and integral assessment of viability and prospects of plants under new existence conditions were carried out. In the process of work, the standard techniques of botanical and forestry profile were used. The introduced species were compared with native ones. The result of the work is compiling the ranges according to the degree of reduction of the following indicators: height and diameter, viability, vegetation duration, blooming duration. The complex indicators of introductory sustainability, viability and prospects of *A. platanoides* L. and *A. campestre* L. belong to the group of highly resistant plants and group I of perspectivity, and *A. saccharinum* L. – to resistant plants and group II of perspectivity. On the whole, the observations and research that have been carried out have made it possible to conclude that the plants of the species under study have successfully adapted themselves to the new agroclimatic conditions of Saratov Volga region.

Keywords: adaptation, arboretum, viability, introduction sustainability, monitoring, perspectivity, generic complex

Долговременные комплексные мониторинговые исследования позволяют судить об успешности интродукции растений в новых почвенно-климатических условиях. При переносе растений за пределы естественного ареала большое значение имеет изучение особенностей роста и развития. В процессе адаптации происходит приспособление биологических ритмов растений к новым условиям существования. Чем

ближе интродуценты к аборигенным видам по биометрическим размерам, показателям жизнеспособности и ритмам фенологического развития, тем более устойчивыми они являются.

Дендрарий научно-исследовательского института сельского хозяйства Юго-Востока является одним из старейших и крупнейших центров интродукции в лесостепной и степной зонах Поволжья. Интродукцией

кленов в нем занимаются с 1951 г. Здесь сформирована коллекция родового комплекса *Acer L.*, не имеющая аналогов в регионе Саратовского Поволжья по возрасту и дендрологическому составу. В настоящее время в дендрарии произрастает 17 видов, в том числе 2 абортгенных и 15 интродуцентов [1, 2].

В зоне Саратовского Поволжья отсутствует опыт комплексного изучения представителей рода *Acer*. Впервые для региона в дендрарии проводятся длительные регулярные наблюдения с целью изучения роста и состояния интродуцентов.

Целью данной работы являлось мониторинговое изучение на основании многолетних исследований, трех представителей рода *Acer L.*, отличающихся в условиях дендрария хорошим ростом и состоянием. Результаты исследований служат научным обоснованием при разработке ассортимента хозяйственно ценных адаптированных интродуцентов для использования в искусственных насаждениях и пополнения генофонда дендрофлоры региона.

Материалы и методы исследования

Дендрарий НИИСХ Юго-Востока расположен в черте г. Саратова в условиях засушливого юго-востока европейской части России. Среднегодовая температура воздуха $+5,3^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум -37°C , абсолютный максимум $+41^{\circ}\text{C}$, продолжительность безморозного периода 162 дня, среднегодовое количество осадков 451 мм (в том числе за вегетационный период 292 мм). Для климата Саратовской области характерны холодная малоснежная зима, короткая засушливая весна, сухое лето и большая изменчивость погоды по годам. Резкие переходы от холода к теплу и часто повторяющиеся засухи (49 лет из 100 лет) ухудшают условия роста растительности [3].

Объектами изучения служили 3 вида родового комплекса *Acer L.*, произрастающие в коллекции дендрария: *A. platanoides L.* (клен остролистный или платановидный), *A. campestre L.* (клен полевой), *A. saccharinum L.* (клен серебристый или сахаристый). Морфологические признаки растений, область распространения, биометрические показатели, экологические требования в естественных условиях приведены по литературным источникам [4–6].

Acer platanoides L. Распространен в лесной и лесостепной зонах европейской части России, на Кавказе, в центральной Европе. Аборигенный для зоны вид, является

важной лесообразующей породой, широко применяется в лесных культурах и агролесомелиоративных насаждениях. Входит в основной ассортимент для использования в озеленительных насаждениях.

В естественных условиях дерево высотой до 30 м и диаметром ствола до 1 м. Требователен к плодородию и влажности почвы, мирится с сухостью воздуха, ветроустойчив, мало страдает от снеголома, теневынослив. Растет быстро, особенно в молодом возрасте, доживает до 150–200 лет.

Acer campestre L. Интродуцент из более теплых регионов: южная и средняя Европа, Крым, Кавказ, малая Азия. Северная граница ареала естественного распространения не доходит до Саратовской области.

В естественных условиях дерево высотой 15–25 м и диаметром ствола 30–50 см. Очень теневынослив, относительно засухоустойчив, средне требователен к почвам. Более теплолюбив и требователен к почве, чем *A. platanoides*. По зимостойкости уступает *A. platanoides*. Дерево умеренного роста, продолжительность жизни около 100 лет.

Acer saccharinum L. Интродуцент из Северной Америки. Приурочен к влажным условиям местопроизрастания.

В естественных местообитаниях дерево высотой до 40 м и диаметром ствола до 150 см. Предпочитает богатые гумусом, хорошо дренированные влажные почвы. В засушливых регионах встречается только около воды. Переносит кратковременную засуху почвы и значительную сухость воздуха. Относительно теневынослив, но более требователен к свету по сравнению с другими видами *Acer*. Зимостойкость высокая. Может пострадать от сильного ветра. Быстрорастущ, но недолговечен (80–100 лет).

За всеми изучаемыми растениями проводились регулярные наблюдения по общепринятым методикам и инструктивным указаниям, разработанным для учреждений ботанического и лесохозяйственного профиля. Биометрические показатели даны по результатам инструментальных измерений всех растений, которые проводили с момента посадки и до настоящего времени с интервалом в 5 лет. Фенологические наблюдения проводили по методике, разработанной в Главном ботаническом саду РАН [7, 8], фиксировали наступление 12 фаз вегетативного и генеративного развития. Наблюдения проводили за 56 экземплярами *Acer* 2 раза в неделю в течение вегетационных сезонов 2006–2016 гг. Жизнеспособность и перспективность

растений определяли по семи биоэкологическим показателям по методике, разработанной в ГБС РАН [7, 9, 10]. Оценку проводили ежегодно в конце вегетации и весной следующего года, в течение 2014–2016 гг. Интродукционную устойчивость определяли по шести критериям по методике, предложенной Н.В. Трулевич [11] в течение 2014–2016 гг. Обработку экспериментальных данных проводили методами математической статистики с применением пакетов программ Agros, MS Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

В дендрарии НИИСХ Юго-Востока изучаемые виды растут биогруппами в идентичных условиях: рельеф ровный, почва чернозем обыкновенный, без полива. В коллекцию интродуценты вводились семенами, полученными из других ботанических объектов.

Сохранение растениями жизненной формы и размеров, характерных для них в естественных условиях, говорит об успешности акклиматизации и устойчивости в новых экологических условиях. В процессе исследования измерялись следующие биометрические показатели: высота растений, диаметр ствола на высоте 1,3 м и у основания растения, проекция кроны (вдоль и поперек ряда), высота ствола до кроны (табл. 1).

A. platanoides – крупные деревья с широкой округлой кроной средней густоты. Высота поднятия кроны от 4 до 6 м. У 40% растений имеется порослевое побегообразование в приземной части ствола, достигающее высоты 2–4 м (максимально до 10 м). Имеется разновозрастный самосев, от 20 до 40 шт. на 1 м².

A. campestre – крупные одноствольные деревья со стройным стволом, без признаков ослабления. Крона шатровидная, густая, плотная, темно-зеленого цвета, поднята на высоту 3–5 м. Под пологом

имеется обильный разновозрастный самосев, до 60 шт. на 1 м².

A. saccharinum – стройные деревья с овальной раскидистой ажурной кроной со светло-зелеными и серебристыми листьями. Ствол нормально развит. В состоянии растений отмечается ослабление, в верхней части кроны зафиксировано появление сухих ветвей.

Сравнительный анализ показал, что все виды сохранили жизненную форму – форму дерева. Наибольшие размеры у *A. campestre*, он не только имеет максимальные показатели, присущие виду на родине, но и превышает по размерам аборигенный вид. Наименьшие показатели у *A. saccharinum*. Аборигенный вид занимает промежуточное положение.

Клены отличаются по интенсивности роста (рис. 1). Анализ показывает, что в первые 5 лет интенсивность роста у *A. platanoides* и *A. campestre*, посеянных на постоянное место, одинакова. *A. saccharinum*, высаженный сеянцами, вначале отстает в росте, испытывая послепосадочный шок, но к 10 годам догоняет другие виды, а потом и обгоняет их. Эта тенденция сохраняется до 35 лет жизни растений, затем *A. saccharinum* опять снижает темпы роста и значительно отстает от остальных видов. В настоящее время, судя по текущим приростам, большая интенсивность роста у *A. campestre*, затем у *A. platanoides* и *A. saccharinum*.

По полноте прохождения растениями фенологических фаз можно судить об успешности интродукции в конкретных агроклиматических условиях. Проведенные в течение ряда лет фенологические наблюдения показали, что исследованные виды полностью проходили весь цикл вегетативного и генеративного развития. Сроки наступления фенофаз варьируют в зависимости от таксономической принадлежности, индивидуальных особенностей растений и от погодных условий года.

Таблица 1

Биометрические показатели растений рода *Acer* L. (максимальные значения)

Вид	На родине		В дендрарии					
	высота, м	диаметр, см	кол-во, шт.	возраст, лет	высота, м	диаметр, см		проекция кроны, м
						1,3	0,0	
<i>A. platanoides</i>	20–30	до 100	19	65	20	27	32	9,5
<i>A. campestre</i>	15–25	до 50	22	65	22	34	41	11,0
<i>A. saccharinum</i>	< 40	до 150	15	55	13	22	26	4,5

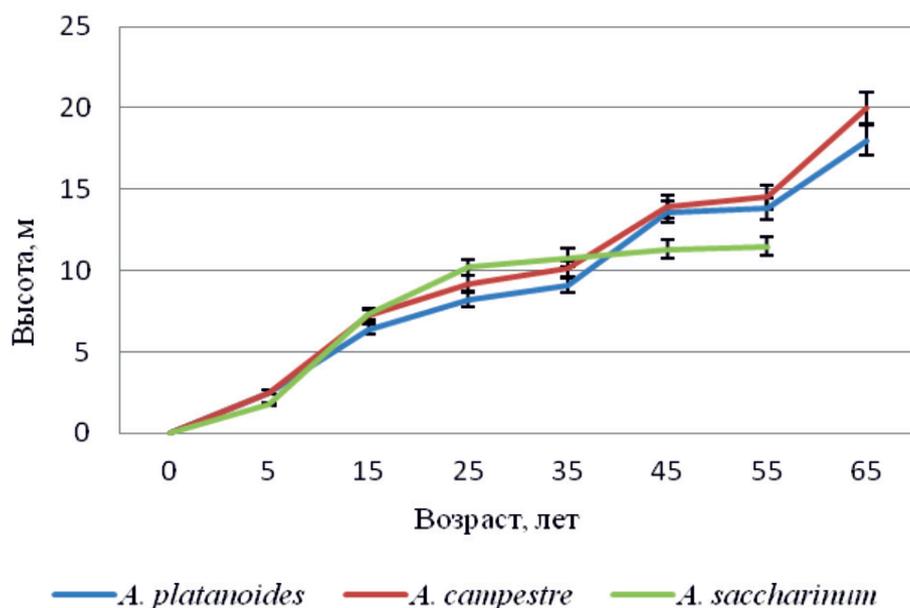


Рис. 1. Динамика роста растений рода *Acer* L.

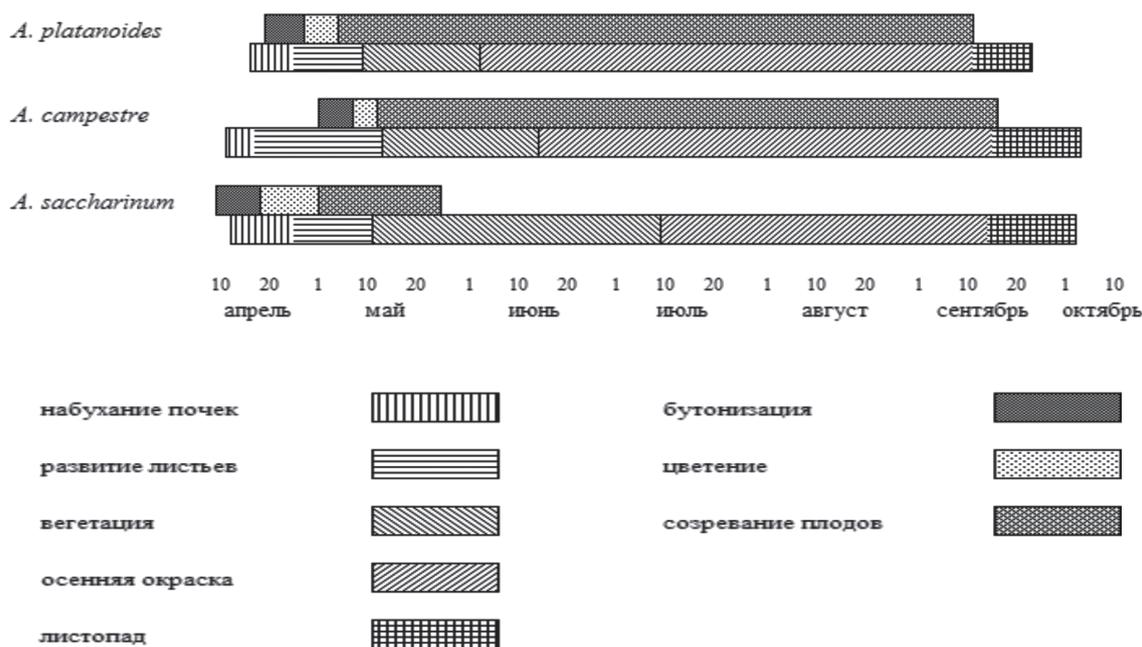


Рис. 2. Феноспектр растений рода *Acer* L. (средние по многолетним данным)

Вегетация начинается с фазы набухания почек – во второй декаде апреля (рис. 2). Аборигенный вид начинает вегетировать на 5–6 дней позже интродуцентов, вступающих в эту фазу одновременно. Развитие листа от появления концов листьев

до полного облиствления происходит у *A. platanoides* за 15 дней, *A. campestre* за 26 дней, *A. saccharinum* за 17 дней. Окончание вегетации происходит во второй половине сентября, начале октября у всех видов практически одновременно.

Таблица 2

Продолжительность вегетации и цветения растений рода *Acer* L.

Вид	Вегетация, дни		Цветение, дни	
	$x \pm m_x^*$	$V, \%$	$x \pm m_x$	$V, \%$
<i>A. platanoides</i>	152 ± 0,31	1,1	7 ± 0,32	11,7
<i>A. campestre</i>	162 ± 1,20	2,1	9 ± 0,68	20,6
<i>A. saccharinum</i>	151 ± 1,01	1,9	11 ± 0,69	16,8

Примечание. *) x – среднее значение; m_x – ошибка среднего; V – коэффициент вариации.

Таблица 3

Интегральная оценка перспективности и жизнеспособности растений рода *Acer* L.

Вид	Балльная оценка показателей жизнеспособности							Общая оценка	
	Зимостойкость	Одревеснение побегов	Сохранение формы роста	Побегообразование	Прирост в высоту	Генеративное развитие	Способы размножения в культуре	Сумма баллов жизнеспособности	Группа перспективности
<i>A. platanoides</i>	25	20	10	3	5	25	10	98	I
<i>A. campestre</i>	20	20	10	3	5	25	10	93	I
<i>A. saccharinum</i>	20	20	10	3	5	25	7	90	II

В прохождении генеративных фаз у видов наблюдаются различия и по времени и по продолжительности. *A. saccharinum* цветет до появления листьев, на формирование полноценных плодов ему требуется около 20 дней. *A. platanoides* цветет позже, одновременно с распусканием листьев, *A. campestre* – после распускания листьев. Формирование плодов у этих видов требует более длительного времени, их созревание происходит во второй декаде сентября с разницей между видами в 5 дней.

По продолжительности ритмов развития изученные виды имеют некоторые различия (табл. 2). Наиболее длительные: вегетация – у *A. campestre*, цветение – у *A. saccharinum*.

Для определения состояния взрослых растений и перспективности их интродукции в новых условиях проводилась интегральная оценка жизнеспособности по семи биологическим показателям (табл. 3).

Все растения полностью проходят циклы сезонного и онтогенетического роста и развития. По пяти из показателей жизнеспособности у всех трех видов оценочные

баллы одинаковы: растения сохраняют форму роста, побеги полностью одревесневают, побегообразовательная способность средняя, прирост в высоту ежегодный, семена созревают. После суровых зим зафиксированы обмерзание части длины однолетних побегов у *A. campestre* и *A. saccharinum*. У *A. saccharinum* нет самосева. Общая оценка показала, что в *A. campestre* и *A. platanoides* относятся к I группе – вполне перспективные, а *A. saccharinum* – к II – перспективные растения.

При определении интродукционной устойчивости по шкале Н.В. Трулевич учитывали 6 критериев: сохранение природных ритмических процессов; способность к прохождению полного цикла развития побегов; способность размножаться; способность сохранять природную жизненную форму; высокое жизненное состояние; сохранение природных темпов онтогенеза. В соответствии с этими критериями *A. saccharinum* относятся к III группе – устойчивые растения, *A. platanoides* и *A. campestre* – к IV – высокоустойчивые растения.

Заключение

Проведенные исследования и анализ полученных результатов позволяют сделать вывод, что *A. campestre* и *A. saccharinum*, являющиеся интродуцентами для региона, успешно адаптированы в условиях засушливого Поволжья. По комплексным показателям интродукционной устойчивости и жизнеспособности и перспективности *A. campestre*, наряду с аборигенным *A. platanoides*, относится к группе высокоустойчивые растения и I группе перспективности, а *A. saccharinum* – к устойчивым растениям и II группе перспективности.

Выявлены различия между видами по показателям интенсивности роста, ритмам сезонного развития и жизнеспособности. В результате работы составлены ряды по степени уменьшения показателей:

– по высоте и диаметру: *A. campestre* → *A. platanoides* → *A. saccharinum*;

– по жизнеспособности: *A. platanoides* → *A. campestre* → *A. saccharinum*;

– по продолжительности вегетации: *A. campestre* → *A. saccharinum* → *A. platanoides*;

– по продолжительности цветения: *A. saccharinum* → *A. campestre* → *A. platanoides*.

В целом проведенные мониторинговые наблюдения и исследования позволили сделать вывод об успешной адаптации растений изученных видов в новых для них агроклиматических условиях Саратовского Поволжья.

Список литературы

1. Арестова С.В. Коллекция рода *Acer* L. в дендрарии НИИСХ Юго-Востока / С.В. Арестова // Лесное хозяйство Поволжья межвузовский сборник научных работ. – Саратов, 2002. – Вып. 5. – С. 103–111.
2. Фондовые материалы дендрария НИИСХ Юго-Востока (1949–2017 гг.).
3. Левицкая Н.Г. Обзор средних и экстремальных характеристик климата Саратовской области во второй половине XX – начале XXI века / Н.Г. Левицкая, О.В. Шаталова, Г.Ф. Иванова // Аграрный вестник Юго-Востока. – Саратов, 2009. – № 1. – С. 30–33.
4. Плотникова Л.С. Клены в природе и культуре / Л.С. Плотникова // Бюллетень Главного ботанического сада. – 2013. № 3. – С. 10–16.
5. Путенихин В.П. Дендрология с основами декоративного садоводства: учебное пособие. Ч. 2 / В.П. Путенихин. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2007. – 242 с.

6. Пчелин В.И. Дендрология: учебник для вузов / В.И. Пчелин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 520 с.

7. Гринаш М.Н. Мониторинг состояния коллекции рода *Acer* L. в дендрарии ГBS РАН / М.Н. Гринаш // Древесные растения: фундаментальные и прикладные исследования. – Кострома: ЗФО «Линия График Кострома», 2013. Вып. 2. – С. 31–34.

8. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. – М.: ГBS АН СССР, 1975. – 28 с.

9. Рысин С.Л. Мониторинг интродуцированных древесных растений на урбанизированных территориях / С.Л. Рысин, Л.С. Плотникова, Е.М. Немова, М.Н. Гринаш // Мониторинг природного наследия. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. – С. 132–168.

10. Рысин С.Л. Новые подходы к организации мониторинга состояния растений в дендрологических коллекциях / С.Л. Рысин, Л.С. Плотникова, Н.А. Трусов, И.О. Яценко // Бюллетень Главного ботанического сада. – 2015. – № 2. – С. 15–22.

11. Трулевич Н.В. Эколого-фитоценологические основы интродукции растений / Н.В. Трулевич. – М.: Наука, 1991. – 216 с.

References

1. Arestova S.V. Kollekcija roda *Acer* L. v dendrarii NIISH Jugo-Vostoka / S.V. Arestova // Lesnoe hozjajstvo Povolzhja mezhdzuvovskij sbornik nauchnyh rabot. Saratov, 2002. Vyp. 5. pp. 103–111.
2. Fondovye materialy dendrarija NIISH Jugo-Vostoka (1949–2017 gg.).
3. Levickaja N.G. Obzor srednih i jekstremalnyh karakteristik klimata Saratovskoj oblasti vo vtoroj polovine XX nachale XXI veka / N.G. Levickaja, O.V. Shatalova, G.F. Ivanova // Agrarnyj vestnik Jugo-Vostoka. Saratov, 2009. no. 1. pp. 30–33.
4. Plotnikova L.S. Kleny v prirode i kulture / L.S. Plotnikova // Bjulleten Glavnogo botanicheskogo sada. 2013. no. 3. pp. 10–16.
5. Putenihin V.P. Dendrologija s osnovami dekorativnogo sadovodstva: uchebnoe posobie. Ch. 2 / V.P. Putenihin. Ufa: RIC BashGU, 2007. 242 p.
6. Pchelin V.I. Dendrologija: uchebnik dlja VUZov / V.I. Pchelin. Joshkar-Ola: MarGTU, 2007. 520 p.
7. Grinash M.N. Monitoring sostojanija kollekcii roda *Acer* L. v dendrarii GBS RAN / M.N. Grinash // Drevesnye rastenija: fundamentalnye i prikladnye issledovanija. Kostroma: ZFO «Linija Grafik Kostroma», 2013. Vyp. 2. pp. 31–34.
8. Metodika fenologicheskikh nabljudenij v botanicheskikh sadah SSSR. M.: GBS AN SSSR, 1975. 28 p.
9. Rysin S.L. Monitoring introducirovannyh drevesnyh rastenij na urbanizirovannyh territorijah / S.L. Rysin, L.S. Plotnikova, E.M. Nemova, M.N. Grinash // Monitoring prirodnoho nasledija. M.: Tovarishhestvo nauchnyh izdanij KMK, 2009. pp. 132–168.
10. Rysin S.L. Novye podhody k organizacii monitoringa sostojanija rastenij v dendrologicheskikh kollekcijah / S.L. Rysin, L.S. Plotnikova, N.A. Trusov, I.O. Jacenko // Bjulleten Glavnogo botanicheskogo sada. 2015. no. 2. pp. 15–22.
11. Trulevich N.V. Jekologo-fitocenoticheskie osnovy introdukcii rastenij / N.V. Trulevich. M.: Nauka, 1991. 216 p.

УДК 630*283.3:582.475.2(571.63)

ПИХТА ЦЕЛЬНОЛИСТНАЯ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ (СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ)

^{1,2}Гуков Г.В., ^{1,2}Гриднев А.Н., ²Гриднева Н.В.

¹ФГБУН Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, e-mail: info@biosoil.ru;

²ФГБОУ ВО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия», Уссурийск, e-mail: pgsa@rambler.ru

Статья посвящена одной из ценнейших лесообразующих пород Приморского края – пихте цельнолистной (*Abies holophylla* Maxim.). Данная порода имеет своеобразные габитусные характеристики, обладает хорошей репродуктивной способностью, быстро растет, очень декоративна, устойчива против болезней и вредителей. Эта самая крупная хвойная порода российского Дальнего Востока, у крупномерных деревьев объем ствола может достигать до 20 м³. Из всех лесных формаций края чернопихтово-широколиственные леса занимают наименьшую территорию, что требует тщательного и всестороннего изучения с целью не только сохранения ее площадей и запасов, но и расширенного воспроизводства, путем интродукции ее в более северные районы. Для расширения ареала пихты цельнолистной нами предлагается поэтапное продвижение ее в более северные районы. На первом этапе необходимо заложить лесосеменные плантации с целью постепенной акклиматизации данного вида в новых условиях роста. В дальнейшем по достижению искусственными древостоями возраста возобновительной спелости с них будут заготавливаться семена для создания лесных культур пихты цельнолистной в ближайших к плантациям районах Приморского края. Одной из важных проблем при искусственном расселении пихт, и в том числе цельнолистной, является заготовка семян. В силу биологии семеношения, а также в связи с тем, что пихта цельнолистная запрещена в рубку, заготовка семян возможна только с растущих деревьев. Для решения данной проблемы нами разработано специальное подъемное устройство в кроны деревьев. В статье приводятся сведения о репродуктивной способности пихты цельнолистной в разные урожайные годы: размерные характеристики шишек, количество семян в них, их вес, а также средний вес одного семени. По специальным стандартным методикам определены лесокультурные характеристики семян, заготовленных в различные урожайные годы. Даны рекомендации по оптимизации выращивания лесокультурного посадочного материала данной породы.

Ключевые слова: пихта цельнолистная, экология древесной породы, чернопихтовые леса, семеношение, подъемное устройство, лесосеменная плантация, лесные культуры, интродукция

MANCHURIAN FIR IN PRIMORSKIY KRAI (CURRENT STATE, PROBLEMS OF AFFORESTATION)

^{1,2}Gukov G.V., ^{1,2}Gridnev A.N., ²Gridneva N.V.

¹Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, e-mail: info@biosoil.ru;

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Primorskaya State Academy of Agriculture», Ussuriisk, e-mail: pgsa@rambler.ru

The article is devoted to one of the most valuable forest-forming species of Primorskiy Kray - Manchurian fir (*Abies holophylla* Maxim.). This species has peculiar habitus characteristics, has good reproductive ability, grows rapidly, is very decorative, resistant to diseases and pests. This is the largest coniferous species of the Russian Far East. The trunk volume of large trees can reach up to 20 m³. Among all forest formations of the region Manchurian fir forests occupy the smallest area, which requires careful and comprehensive study not only to preserve its area and reserves, but also to expand reproduction by introducing it to more northern regions. To expand the range of Manchurian fir, we offer its step by step expansion to more northern regions. At the first stage, it is necessary to plant seed-bearing plantations for gradual acclimatization this species under new growth conditions. In the future when artificial growth stands attain the age of renewed ripeness, seeds will be harvested for the creation of Manchurian fir forest cultures in the areas of Primorskiy Kray, closest to the plantations. One of the most important problems in fir tree afforestation, including Manchurian fir, is seed harvesting. Due to the biology of seed production, and the fact that Manchurian fir felling is forbidden, harvesting of seeds is possible only with growing trees. We have developed a special lifting device in the crowns of trees to solve this problem. The article provides information on the reproductive ability of Manchurian fir in different harvest years: the size characteristics of cones, the number of seeds in them, their weight, and the average weight of one seed. According to special standard methods, the characteristics of the seeds, harvested in different harvest years, are determined. Recommendations for optimizing the cultivation of the forest planting stock of this species are given.

Keywords: Manchurian fir, ecology of tree species, Manchurian fir forest, seed production, lifting device, forest cultures, seed-bearing plantation, introduction

Пихта цельнолистная (черная, маньчжурская) (*Abies holophylla* Maxim.) является одной из ценнейших лесообразующих пород Приморского края и представляет

собой стройное, высокое дерево, которое живет до 300 лет и в этом возрасте достигает до 50 (55) м высоты и 1,5–2 м в диаметре ствола, с темно-серой корой и широкой

конусовидной кроной. Эта самая крупная хвойная порода российского Дальнего Востока, так у крупномерных деревьев объем ствола может достигать до 20 м³. При выращивании высокополнотных насаждений с участием пихты цельнолистной от 6 до 8 единиц к возрасту спелости, запас у таких древостоев может доходить до 1500–2000 м³ на 1 га. Успешный рост пихты цельнолистной наблюдается на хорошо дренированных почвах, на участках с застойным увлажнением растет плохо [1, 2].

Анализ динамики ареала пихты цельнолистной показал, что в доисторическом плане площадь ее лесов составляла миллионы гектаров и распространялась, очевидно, по всей территории хвойно-широколиственных лесов Дальнего Востока. На конец XIX и начало XX веков площадь чернопихтowo-широколиственных лесов, по отрывочным сведениям, составляла несколько сотен тысяч гектар, а к началу XXI века – их площадь существенно сократилась и составляет в настоящее время около 23 тыс. га [3].

Цель исследования

Наметить и осуществить план постепенного и поэтапного продвижения пихты цельнолистной за пределами её естественного ареала. Изучить вопросы семеношения, разработать способы заго-

товки шишек, определить посевные характеристики семян.

Материалы и методы исследования

Обобщив небольшой опыт интродукции пихты цельнолистной на Дальнем Востоке [4–6], авторами разработали план по расширению ареала этой древесной породы. За основу плана была принята концепция известного ботаника и садовода И.В. Мичурина о поэтапном продвижении теплолюбивых растений на север.

Как и у всех видов семейства Сосновые (Pinaceae), семена у пихты цельнолистной образуются в шишках. Молодые женские шишечки зеленоватые или красноватые, одиночные. Зрелые шишки светло-коричневые, блестящие, прямостоячие, почти цилиндрические, на конце затупленные, располагаются на самой вершине кроны (рис. 1).

Опыление у пихты (цветение) происходит в конце мая – начале июня. Созревание шишек начинается с середины сентября этого же года, созревшие шишки рассыпаются, и от них остаются на побегах лишь торчащие вверх стерженьки (оси). Шишки довольно крупные, 7–12 см длины и 3–4 см ширины. Статистическая обработка количественных и качественных характеристик шишек пихты цельнолистной приведена в табл. 1.



Рис. 1. Зрелые шишки пихты цельнолистной на вершине кроны дерева

Таблица 1

Статистические показатели, рассчитанные по шишкам

Статистические показатели	Размеры шишек		Вес шишек, г	Кол-во семян в шишке, шт.	Вес 1 семени в шишке, мг
	диаметр, мм	длина, мм			
Максимальное значение	42	118	32	240	42
Минимальное значение	28	72	15	134	28
Кол-во измерений, шт.	36	36	36	36	36
Среднее значение	34,1	92,6	23,1	187,2	34,1
Ошибка среднего	0,6	1,72	0,75	5,6	0,6
Среднеквадратическое отклонение	3,59	10,34	4,49	33,6	3,59
Коэффициент вариации, %	10,5	11,2	19,4	17,9	10,5
Точность опыта, %	1,8	1,9	3,2	3	1,8



Рис. 2. Семенные чешуи, семена с крылышками и стержень шишки пихты цельнолистной

Семена пихты клиновидно-овальной формы, 7–8 мм длины, такую же длину имеют и крылышки семян. Семенные чешуи широко-округлые, с парой семяпочек каждая (урожай 2003 г.) (рис. 2).

Заготовка семян связана с большими проблемами, так как у пихты цельнолистной в процессе созревания шишки рассыпаются, кроме того, данная порода запрещена в рубку, поэтому валить дерево, чтобы своевременно собрать созревающие шишки с поваленного дерева практически невозможно. Поэтому при изучении особенностей семеношения пихты цельнолистной в первую очередь нужно было разработать и сконструировать опытный образец подъемного устройства, позволяющего, с соблюдением всех требований техники безопасности, подниматься в кроны плюсовых деревьев. Такое приспособление нами было разработано (Патент RU № 2170602), создан и испытан опытный образец [3] (рис. 3), что позволило собирать шишки до момента их рассыпания.

Изучение семенной активности пихты цельнолистной проводилось по стандартизированным методикам (ГОСТ 13204-91 и ГОСТ Р 50264-92), результаты испытаний приведены в табл. 2.

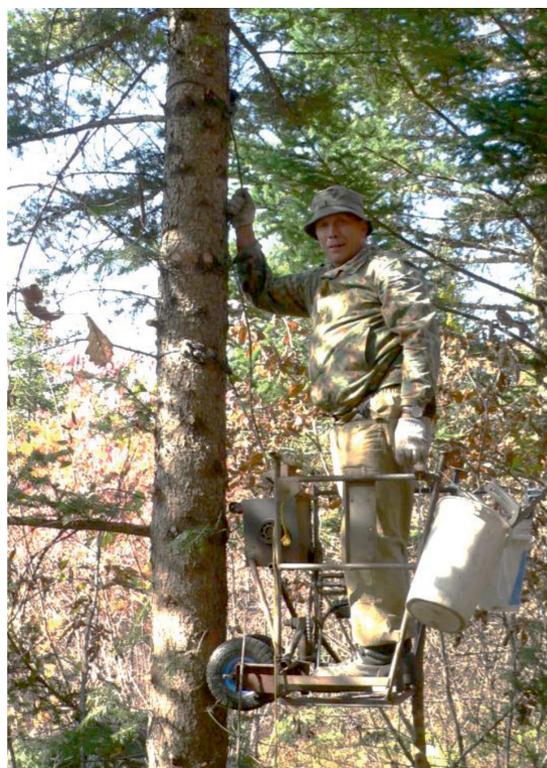


Рис. 3. Вид подъемного устройства на стволе пихты

Таблица 2

Показатели качества семян пихты цельнолистной

Показатели качества семян	Урожай	
	2003 г.	2011 г.
Лабораторные исследования		
Чистота семян, %	85	91
Жизнеспособность, %	49,2	50,1
Вес 1000 семян, г.	34,2	34,1
Энергия прорастания за 10 дней, %	36	5
Всхожесть за 25 дней, %	59*	37**
Полевые исследования		
Грунтовая всхожесть, %:		
а) в открытом грунте (питомник) без стратификации (замачивание), посев в 2004 г.	6,4	–
б) в открытом грунте (питомник) стратификации холодом (снегование), посев в 2004 г.	12,6	–
в) в открытом грунте (под пологом леса), посев в 2004 г.	11,3	–
г) в открытом грунте (под пологом леса на грядах), посев в 2004 г.	33,5	–
д) в закрытом грунте (теплица), посев в 2012 г.	–	78
е) в закрытом грунте (теплица), посев в 2013 г.	–	5

Примечание: * – после снегования; ** – без снегования.

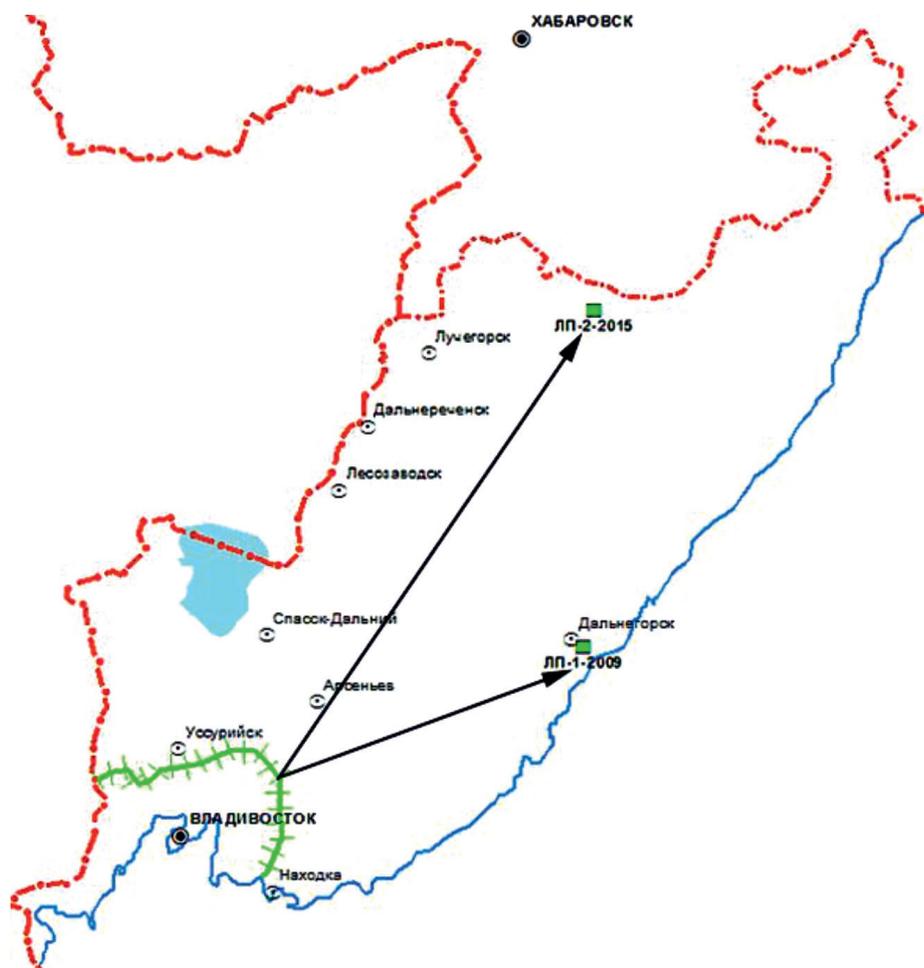


Рис. 4. Схема размещения лесосеменных плантаций пихты цельнолистной в Приморском крае, где:

 – северная граница ареала пихты цельнолистной в крае;

 ЛП-2-2015 – лесосеменные плантации пихты цельнолистной

По данным, приведенным в табл. 2, можно заключить, что семена пихты цельнолистной плохо переносят длительное хранение, поэтому их нужно высевать весной следующего года после заготовки семян, предварительно семена подвергнуть снегованию, либо свежесобранные семена высевать осенью. Осенний посев позволит семенам пройти естественную стратификацию холодом. Для выращивания качественного посадочного материала лучше выращивать сеянцы в теплицах, а также практиковать грядковые посеы в подпочвоых питомниках.

Для выполнения программы исследования в период с 2006 по 2016 г. были заложены две лесосеменные плантации на различном удалении от естественного ареала пихты цельнолистной в Приморском крае. Первая лесосеменная плантация заложена весной 2009 г. в 221 квартале Мономаховского участкового лесничества Кавалеровского лесничества на расстоянии 325 км северо-восточнее естественного ареала этой породы (координаты N 44°27'06,69''; E 135°45'42,29''. Вторая плантация создана весной 2015 г. в 214 квартале Красноярского участкового лесничества Верхне-Перевальнинского лесничества на расстоянии 585 км севернее естественного ареала пихты цельнолистной (координаты N 46°41'12,83'' E 135°50'10,8'', рис. 4).

Результаты исследования и их обсуждение

Пихта цельнолистная, как сохранившийся реликт, является теплолюбивой и в то же время морозостойкой породой, однако северная её граница проходит южнее 44° с.ш., т.е. не поднимается выше широты г. Уссурийска. Морозостойкость пихты по различным физиологическим показателям (отсутствие колебаний ферментативной активности зимой, высокое количество запасных сахаров) является достаточно высокой, что делает её выращивание благоприятным не только в пределах естественного ареала, но и в более северных районах.

Посадочным материалом для создания первой лесосеменной плантации явились 5-летние саженцы, которые в Дальнегорском районе прошли предварительную акклиматизацию с 2006 г. во временном питомнике. Участок для лесосеменной плантации выбран под пологом леса с горным рельефом, на юго-западном склоне крутизной 10°. Её площадь составляет 0,25 га. Древоустой: состав 7Д1Лп1Я1Кл + Бж. Полно-

та – 0,36. Подрост 5Д5Лп средней густоты 3,0 тыс. шт/га.

Перед закладкой плантационного участка территория, отведённая под культуры, была очищена от захламлиенности, затем проведена разбивка посадочных мест в соответствии со схемой посадки 4×4 м. По данным инвентаризации осенью 2009 г. можно отметить, что приживаемость саженцев составила 99%.

Ревизия в 2010 г. показала, что сохранность растений после зимовки составила 39%, из 120 высаженных саженцев выжили и имели здоровый вид с нормальной окраской хвои 47 растений. Остальные саженцы погибли из-за объедания коры мышами. Сохранившиеся саженцы за вегетационный период показали существенное увеличение по высоте и диаметру. В этом же году было проведено дополнение лесосеменной плантации новыми саженцами.

Весной 2014 г. лесосеменная плантация вновь была дополнена новыми растениями, выращенными в Уссурийском районе. Из 120 саженцев к осенней инвентаризации сохранились и имели здоровый вид с нормальной окраской хвои 75 растений, остальные 45 саженцев были повреждены гусеницами сибирского шелкопряда и погибли.

Весной 2015 г. на лесном участке была проведена инвентаризация всех саженцев и определена их сохранность. Сохранность саженцев посадки 2009 г. составила 19 штук, саженцы растут и развиваются, имеют здоровый вид и окрас хвои, сохранность саженцев посадки 2010 г. составила 26 штук, саженцы также хорошо растут и развиваются, имеют здоровый вид и окрас хвои. Саженцы 2014 г. посадки довольно успешно перезимовали – из 75 штук выжило 65, все они имели здоровый вид и окрас хвои.

Вторая лесосеменная плантация заложена под пологом малоценных насаждений, образовавшихся на гари 1985 г. В настоящее время там произрастают низкополотные березовые насаждения. На месте гари ранее произрастало хвойно-широколиственное насаждение с господством пихты белокорой и ели аянской. Уклон местности составляет 2–3 градуса. Тип условий местопроизрастания – нижняя терраса склона, предпойменная на аллювиальных почвах.

Лесосеменная плантация была разделена на два участка в связи с тем, что во время пожара деревья выгорели не полностью и часть ельника осталась, эта часть и разделяет участки. Первый участок имеет со-

став древостоя – 7Бб2Ос1Лп + Бх, Чм, Бж, а второй – 5Ос4Бб 1Лп + Бж. Под пологом обоих участков имеется редкий подрост хвойных пород: состав – 6ЕЗПб1К, густота – 0,5 тыс. шт./га.

Посадочным материалом для создания лесосеменной плантации явились трехлетние сеянцы пихты цельнолистной, выращенные в теплице. Посадка была произведена весной 2015 г. в предварительно прорубленные коридоры шириной 1 м, со схемой посадки 4×4 м. Всего было высажено 227 сеянцев пихты цельнолистной.

Весной 2016 г. была проведена инвентаризация посадок на предмет приживаемости и сохранности после зимовки. Надо отметить, что сохранность саженцев к началу лета 2016 г. составила 94,3%, из 227 высаженного саженца выжили и имели здоровый вид с нормальной окраской хвои 214 растений. За вегетационный период 2015 г. практически не увеличили свои размеры по высоте и диаметру. Сеянцы были уже с приростами, которые отпали в связи с акклиматизацией на новом месте. Ни один саженец за время произрастания не был поврежден мышами. Средняя высота саженцев составила 15,3 см, саженцы растут и развиваются, имеют здоровый вид и окрас хвои.

Выводы

Итоги первого этапа интродукции позволяют нам сделать предварительный вывод, несмотря на негативные факторы (повреждения грызунами и насекомыми), в целом об успешной акклиматизации саженцев пихты цельнолистной на территории нового места посадки, за сотни километров севернее своего естественного ареала. Необходимые работы и наблюдения за посадками реликтовой древесной породы – пихты цельнолистной будут продолжены, планируется также подготовить

к печати рекомендации по агротехнике её выращивания за пределами естественного ареала.

Список литературы

1. Урусов В.М. Хвойные российского Дальнего Востока – ценные объекты изучения, охраны, разведения и использования / В.М. Урусов, И.И. Лобанова, Л.И. Варченко. – Владивосток: Дальнаука, 2007. – 440 с.
2. Усенко Н.В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока: справочная книга / В.Н. Усенко; авт. вступ. ст. С.Д. Шлотгауэр. – 3-е изд., перераб. и доп. – Хабаровск: Издательский дом «Приамурские ведомости», 2009. – 272 с.
3. Гриднев А.Н. Генеративные особенности пихты цельнолистной на юге Приморского края / А.Н. Гриднев, Г.В. Гуков, Н.В. Гриднева // Дальневосточный аграрный вестник. – 2011. – Вып. 2 (18). – С. 47–53.
4. Реброва Е.Ю. Оценка морозоустойчивости местных и интродуцируемых хвойных пород в условиях Южного Приморья: автореф. дис. канд. биол. наук / Е.Ю. Реброва. – Усурийск, 2003. – 26 с.
5. Ухваткина О.Н. Хвойные в городских посадках и коллекциях в г. Хабаровске / О.Н. Ухваткина, Н.И. Денисов // Вестник КрасГАУ. 2008. – № 1. – С. 78–82.
6. Гуков Г.В. Опыт интродукции пихты цельнолистной в Приморском крае / Г.В. Гуков, Н.В. Гриднева // Лесное хозяйство. – 2009. – № 1. – С. 45–46.

References

1. Urusov V.M. Hvojnye rossijskogo Dalnego Vostoka cennye objekty izuchenija, ohrany, razvedenija i ispolzovanija / V.M. Urusov, I.I. Lobanova, L.I. Varchenko. Vladivostok: Dalnauka, 2007. 440 p.
2. Usenko N.V. Derevjja, kustarniki i liany Dalnego Vostoka: spravocnaja kniga / V.N. Usenko; avt. vstup. st. S.D. Shlotgaujer. 3-e izd., pererab. i dop. Habarovsk: Izdatelskij dom «Priamurskie vedomosti», 2009. 272 p.
3. Gridnev A.N. Generativnye osobennosti pihty celnolistnoj na juge Primorskogo kraja / A.N. Gridnev, G.V. Gukov, N.V. Gridneva // Dalnevostochnyj agrarnyj vestnik. 2011. Vyp. 2 (18). pp. 47–53.
4. Rebrova E.Ju. Ocenka morozoustojchivosti mestnyh i introduciруemyh hvojnyh porod v uslovijah Juzhnogo Primorja: avtoref. dis. kand. biol. nauk / E.Ju. Rebrova. Ussurijsk, 2003. 26 p.
5. Uhvatkina O.N. Hvojnye v gorodskih posadkah i kolekcijah v g. Habarovske / O.N. Uhvatkina, N.I. Denisov // Vestnik KrasGAU. 2008. no. 1. pp. 78–82.
6. Gukov G.V. Opyt introdukcii pihty celnolistnoj v Primorskom krae / G.V. Gukov, N.V. Gridneva // Lesnoe hozjastvo. 2009. no. 1. pp. 45–46.

УДК 633.63:664.121

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ БАКТЕРИЦИДНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ХРАНЕНИИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Кульнева Н.Г., Жаркова И.М., Астапова Е.Н.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж,
e-mail: ngkulneva@yandex.ru

Актуальной проблемой свеклосахарного производства является обеспечение технологического качества сахарной свеклы и ее устойчивости к микробиологической порче в процессе хранения. В период хранения в корнеплодах протекают сложные биохимические процессы, регулируемые собственными ферментами и внесенными патогенной микрофлорой. Действие микроорганизмов нарушает естественные ферментативные процессы, снижает устойчивость корнеплодов к неблагоприятному воздействию, вызывает появление кагатной гнили. Высокая обсемененность свёклы приводит к затруднениям при ее переработке. Для подавления патогенной микрофлоры перед укладкой на хранение корнеплоды необходимо обрабатывать бактерицидными препаратами. Проведены исследования по выбору препарата, обеспечивающего эффективное хранение сахарной свёклы. Для обработки свеклы использовали хлорсодержащий реагент на основе дихлоризоциануровой кислоты (ДХЦН), бензойную кислоту и препарат Бетасепт. Эффективность действия препаратов оценивали визуально, по динамике накопления несахаров в процессе хранения и путем оценки технологических показателей качества свеклы путем ее лабораторной переработки, а также определением активности воды в образцах после хранения. В процессе хранения были отмечены существенные изменения в химическом составе корнеплодов. Результаты лабораторных исследований показали увеличение содержания всех групп несахаров в сахарной свекле, преимущественно в вариантах без обработки и после обработки Бетасепт. В корнеплодах снижается чистота свекловичного сока и содержание в нем белковых веществ, увеличивается концентрация нитратов, α -аминного азота и золы. Лучшее качество отмечено у корнеплодов, обработанных перед закладкой на хранение препаратом ДХЦН. В ходе лабораторной переработки сахарной свеклы было установлено, что обработка хлорсодержащим реагентом перед закладкой на хранение повышает технологические качества в сравнении с обработкой другими препаратами. Проведенные исследования позволяют сделать вывод о целесообразности использования для объемной обработки сахарной свеклы перед закладкой на хранение раствора ДХЦН концентрацией 0,075% в количестве 2% к массе свеклы.

Ключевые слова: свеклосахарное производство, хранение, технологическое качество, микробиологическая порча, бактерицидные препараты, активность воды

USING OF NEW GERMICIDES FOR SUGAR BEET STORAGE

Kulneva N.G., Zharkova I.M., Astapova E.N.

Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh,
e-mail: ngkulneva@yandex.ru

The actual problem of sugar beet production is the providing of sugar beet technological quality and its sustainability to microbiological damage in storage period. During the storage period, complex biochemical processes take place in the root-crops, being regulated by their own enzymes as well as brought in by pathogenic microflora. The effect of microorganisms disturbs the natural enzymatic processes, reduces the sustainability of root-crops to unfavorable influence, causes the appearance of gray rot. High microbial content in beets leads to difficulties in its processing. To reduce the pathogenic microflora before root-crops storage, it is necessary to treat them with bactericidal preparations. The studies have been carried out allowing to choose a preparation that ensures efficient sugar beet storage. For treating sugar beet, a chlorine-containing reagent was used based on dichloroisocyanuric acid (DHCN), benzoic acid and Betasept preparation. The efficiency of the preparations was estimated visually, by the dynamics of non-sugars' accumulation during the storage and by evaluating the technological parameters of beet quality by laboratory processing, and by determining water activity in the samples after storage. In the process of storage, significant changes in chemical composition of beet roots have been found. Laboratory study results have shown increasing content of all groups of non-sugars in sugar beet, mainly in samples without treatment and after treatment with Betasept preparation. Juice purity and albumens content in beet roots were reduced, and concentration of nitrates, α -amine nitrogen and ash was increased. The best quality is registered in beet roots that have been treated with the biologic preparation based on DHCN just before storage. During the laboratory sugar beet processing, it has been determined that treatment by chlorine-containing reagent before storage improves technological qualities as compared to treatment with other preparations. The carried out studies allow to draw a conclusion on the expediency of DHCN solution use in concentration 0,075% in quantity of 2% to the weight of beet roots, for overall treatment of sugar beet before putting it for storage.

Keywords: sugar beet production, storage, technological quality, microbiological damage, germicides, water activity

Сахарная свекла – ценная техническая культура, являющаяся единственным отечественным сырьевым ресурсом для производства сахара [1]. Актуальной проблемой свеклосахарного производства остается обеспечение технологического качества све-

клы и ее устойчивости к микробиологической порче в процессе хранения [2].

В тканях сахарной свеклы микроорганизмы находят все необходимые элементы для метаболизма, при этом в корнеплодах накапливаются токсины и ферменты, раз-

рушающие метаболизм растений. Данные процессы снижают содержание сахарозы, способствуют накоплению растворимых азотистых и минеральных веществ, снижению технологических качеств заготовленного сырья [3].

В период хранения в корнеплодах протекает сложная совокупность биохимических процессов, которая регулируется биологическими катализаторами – ферментами. Нарушение взаимосвязи между отдельными ферментативными процессами ведет к снижению устойчивости тканей корнеплодов к действию микроорганизмов, что становится причиной появления кагатной гнили [4]. Чем больше обсемененность корнеплодов микроорганизмами, тем больше они разлагают сахарозу.

Активность окислительных ферментов усиливается в местах поражения корнеплодов, что также повышает дыхание, увеличивает потерю влаги. Для снижения потерь сахарозы, обусловленных деятельностью микроорганизмов, необходимо уменьшить повреждения корнеплодов во время уборки, погрузочно-разгрузочных операций при перевалках сырья [5].

Высокая обсемененность перерабатываемой сахарной свёклы приводит к затруднению экстрагирования сахарозы за счет газообразования, что сопровождается нарушением перемещения фаз в диффузионном аппарате, увеличивает накопление в процессе диффузии продуктов жизнедеятельности микроорганизмов, повышает неучтенные потери сахарозы, снижает качество диффузионного сока и выход товарной продукции.

Для подавления фитопатогенной микрофлоры перед укладкой на хранение корнеплоды обрабатывают различными фунгицидными препаратами. Перспективным направлением хранения свёклы является использование различных биологических стимуляторов, входящих в состав растений и имеющих естественное происхождение. Находясь в растениях в малых количествах, они регулируют их рост и развитие, ускоряют или замедляют сроки созревания, интенсифицируют синтез пластических веществ, в том числе сахарозы, а также обеспечивают лучшую сохранность растительного сырья при длительном хранении.

Перед хранением необходимо проводить объёмную обработку корнеплодов в кагатах консервантами и антисептиками для подавления микробиологических и биохимических процессов. Для борьбы

с прорастанием и загниванием используют различные химические и биологически активные препараты [6]. Наибольшее распространение получили химические способы защиты, заключающиеся в использовании препаратов консервирующего, антисептического и ростингибирующего действия (известковая суспензия, пирокатехин, Фалтан, Текто, Фитоспорин-М и другие).

Химические методы защиты корнеплодов с учетом условий охраны окружающей среды должны предусматривать использование минимальных количеств препаратов, что возможно при применении составов комплексного действия, которые оказывают влияние на разные функции обмена веществ патогенов и позволяют значительно уменьшить количество препарата, необходимое для подавления их жизнедеятельности.

Материалы и методы исследования

Проведены исследования по выбору препарата для обработки сахарной свёклы при закладке на хранение. Исследовали влияние препаратов на эффективность переработки свёклы по показателям диффузионного и очищенного сока.

Для обработки свёклы использовали хлорсодержащий реагент на основе дихлоризоциануровой кислоты (ДХЦН). Препараты, содержащие хлор, оказывают антисептическое и дезинфицирующее действие. Механизм действия этих препаратов состоит в хлорирующем и окислительном эффекте. Растворяясь в воде, хлор образует хлористоводородную и хлорноватистую кислоты. При реакции с белковыми соединениями образуются соединения типа хлораминов, легко отдающие атомарный хлор, который денатурирует белки и разрушает клеточные мембраны микробной клетки. Кроме этого, хлорноватистая кислота, в свою очередь, разлагаясь, выделяет атомарный кислород, который окисляет ряд жизненно важных ферментов микробной клетки. Данный препарат не вызывает коррозию металла.

В качестве сравнения были взяты бензойная кислота и препарат Бетасепт.

Бензойная кислота, блокируя ферменты, замедляет обмен веществ в одноклеточных организмах. Она подавляет рост плесени, дрожжей и некоторых бактерий. Механизм действия начинается с абсорбции бензойной кислоты клеткой. Но бензойная кислота проявляет антимикробное действие только в кислых пищевых продуктах, а свекловичный сок имеет слабокислую среду.

Бетасепт – вспомогательное технологическое антисептическое средство, используемое для профилактики и оперативного уничтожения посторонней микрофлоры в производстве сахара. Главные действующие вещества препарата – это абиотические вещества биохимического синтеза, комплексно воздействующие на метаболизм вегетирующих клеток микроорганизмов, нарушая в них синтез ДНК, веществ клеточной стенки и веществ энергетического и белкового метаболизма. Бетасепт обладает бактерицидным действием, подавляет развитие молочнокислых микроорганизмов. Активно уничтожает опасные для производства слизееобразующие молочнокислые микроорганизмы (лейконостоки).

Для исследования было заложено на хранение 4 партии свеклы: без обработки, обработанные бензойной кислотой, Бетасепт и ДХЦН.

Свеклу хранили 30 дней при условиях: температура 2–4 °С, относительная влажность воздуха 88–90%. Далее из свеклы получали и анализировали свекловичный сок, диффузионный сок и очищенный сок второй сатурации.

Диффузию проводили в течение 60 минут при температуре 70–72 °С. Диффузионный сок подвергали физико-химической очистке с использованием гидроксида кальция и диоксида углерода по общепринятой схеме [7]. Анализ полупродуктов осуществляли по чистоте, количеству белковых соединений, редуцирующих веществ, рН. Содержание этих веществ зависит от климатических и агротехнических условий возделывания свеклы, поэтому для здоровой

свеклы их количество изменяется незначительно. В свекле инфицированной источником для накопления нитратов являются продукты глубокого разложения органических веществ. При очистке они не удаляются, переходят в мелассу, увеличивая ее выход и потери сахарозы в производстве. Известно, что одна часть этих веществ удерживает в мелассе до пяти частей сахара.

Результаты исследования и их обсуждение

При визуальной оценке корнеплодов, обработанных реагентами и заложённых на хранение без обработки, наблюдали различия в качестве свеклы. Корнеплоды без обработки после хранения были значительно сильнее повреждены микрофлорой.

Существенные изменения были отмечены в химическом составе корнеплодов во время хранения. По результатам лабораторных исследований установлено увеличение содержания всех групп нес сахаров в сахарной свекле, особенно у необработанной и после обработки Бетасепт. У необработанных корнеплодов резко снижается чистота свекловичного сока и содержание в нем белковых веществ, увеличивается концентрация нитратов, α-аминного азота и золы. Лучшее качество отмечено у корнеплодов, обработанных перед закладкой на хранение препаратом на основе ДХЦН.

В ходе лабораторной переработки сахарной свеклы было установлено, что обработка хлорсодержащим реагентом перед закладкой на хранение повышает технологические качества в сравнении с обработкой другими препаратами (рис. 1–4).

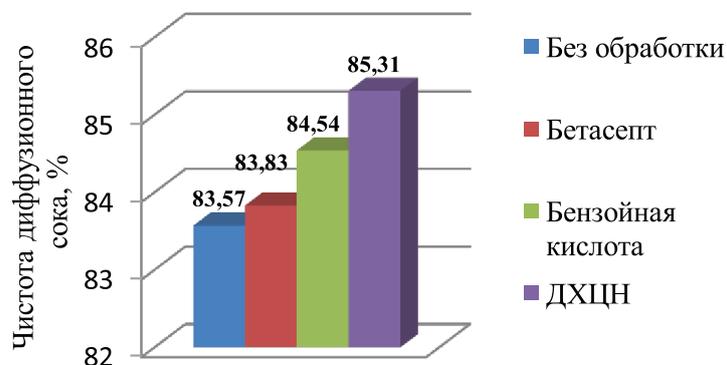


Рис. 1. Чистота диффузионного сока при переработке свеклы с применением различных препаратов перед закладкой на хранение

Наблюдалось низкое содержание редуцирующих веществ в образце, обработанном ДХЦН, в сравнении с другими препаратами. С увеличением срока хранения свеклы происходит увеличение концентрации инвертазы в клеточном соке за счет продуцирования ее различными видами микроорганизмов, что приводит к увеличению в свекле редуцирующих веществ. Редуцирующие вещества в процессе сгущения сока участвуют в образовании окрашенных соединений, способствуя повышению цветности продуктов и ухудшению качества сахара.

У образца после обработки ДХЦН переход белковых соединений в диффузионный сок происходит менее интенсивно в сравнении с другими препаратами. Результатом разложения белковых соединений является увеличение количества азо-

тистых веществ, т.к. при распаде белков происходит высвобождение азота. Содержание азотистых соединений играет важную роль в производстве сахара, т.к. чем выше содержание вредного азота в свекле, тем хуже качество перерабатываемого сырья, ниже выход и выше цветность готового сахара.

Комплексным показателем, позволяющим оценить технологическое качество корнеплодов, является чистота очищенного сока. Установлено, что хранение необработанных корнеплодов или обработка Бетасепт не обеспечивают хорошие технологические показатели при переработке свеклы. Наиболее высокое значение чистоты достигается после обработки свеклы ДХЦН, что препятствует накоплению значительного количества несахаров в свекле и повышает эффективность ее переработки.

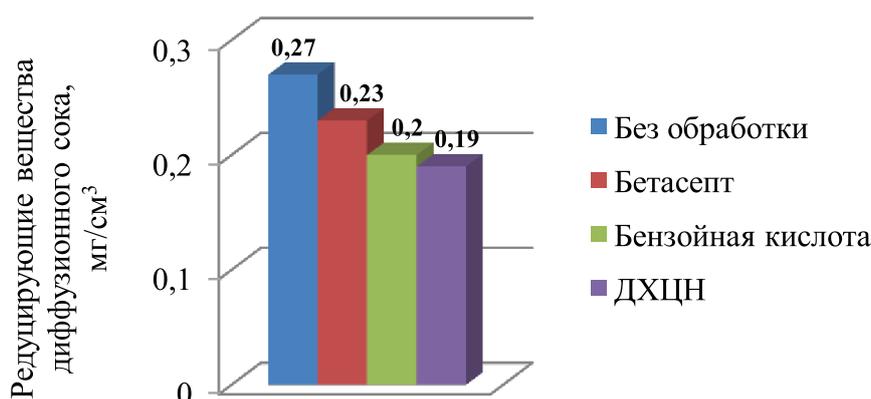


Рис. 2. Содержание редуцирующих веществ в диффузионном соке при хранении свеклы с применением исследуемых препаратов

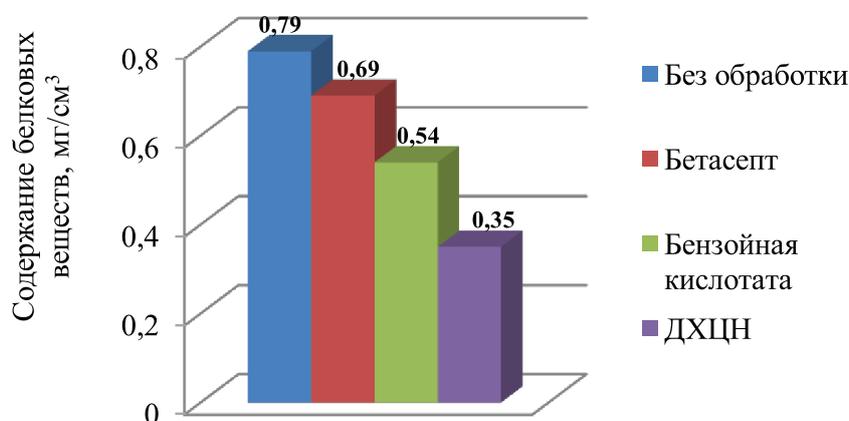


Рис. 3. Содержание белковых веществ в диффузионном соке при хранении свеклы с применением исследуемых препаратов

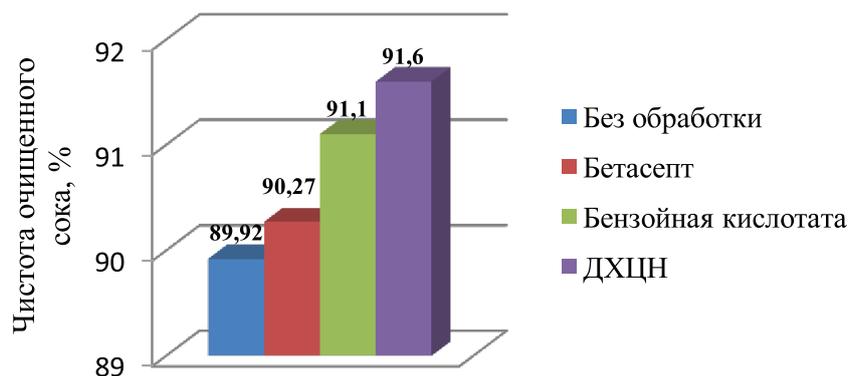


Рис. 4. Чистота очищенного сока с применением исследуемых препаратов перед хранением

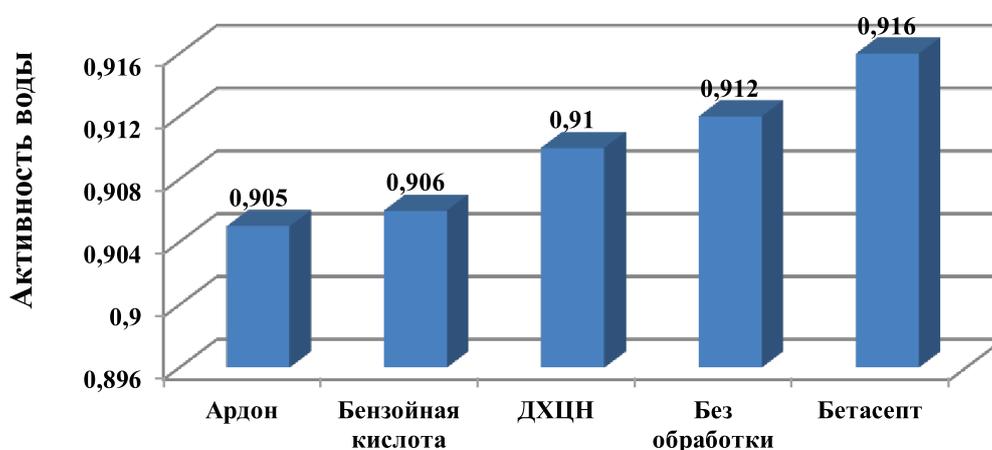


Рис. 5. Изменение активности воды при хранении свеклы после обработки бактерицидными препаратами

Одной из характеристик, позволяющих прогнозировать вероятность развития микрофлоры в процессе хранения сырья, является показатель активности воды (a_w) [8, 9]. Активность воды характеризует состояние воды в пищевых продуктах и её способность к химическим и биологическим изменениям. Это один из критериев, по которым можно судить об устойчивости пищевого продукта при хранении. Чем выше активность воды, тем быстрее проходят процессы порчи продуктов под влиянием микроорганизмов. По значению активности воды можно прогнозировать способность продукта к хранению и подобрать оптимальные условия для сохранения его качества.

Проведены исследования по определению активности воды в свекле в процессе хранения при обработке ее разными препаратами. Для проведения эксперимента на хранение было заложено 5 партий свеклы:

без обработки, обработанные бензойной кислотой, Бетасепт, ДХЦН и Ардон. Растворы готовили с концентрацией 0,1% и обрабатывали образцы в количестве 2% к массе свеклы. Свеклу хранили 30 дней при температуре 2–4 °С, относительной влажности воздуха 88–90%. Далее свеклу измельчали и помещали образцы одинаковой массы в отдельные бюксы. Измерения проводили при комнатной температуре (рис. 5).

Из лабораторных исследований видно, что максимальная активность воды наблюдается у свеклы без обработки и обработанной препаратом Бетасепт. Самая низкая активность воды отмечена у образцов, обработанных перед закладкой на хранение растворами ДХЦН и Ардон. Полученные результаты хорошо коррелируют с представленными выше исследованиями по определению технологических показателей.

Выводы

1. При визуальной оценке в процессе хранения отмечается существенное поражение микрофлорой корнеплодов без обработки и обработанных Бетасепт.

2. По результатам лабораторных исследований установлено увеличение содержания всех групп нес сахаров в сахарной свекле при хранении, особенно у необработанной и после обработки Бетасепт: снижается чистота свекловичного сока и содержание в нем белковых веществ, увеличивается концентрация нитратов, α -аминного азота и золы. Лучшее качество отмечено у корнеплодов, обработанных перед закладкой на хранение препаратом ДХЦН.

3. Результаты лабораторной переработки сахарной свеклы позволяют сделать вывод, что обработка ДХЦН перед закладкой на хранение повышает ее технологические качества в сравнении с обработкой другими препаратами.

4. Установлено, что образцы, обработанные перед закладкой на хранение растворами ДХЦН и Ардон, характеризуются низкой активностью воды. Это хорошо коррелирует с результатами технологической оценки свеклы.

5. Проведенные исследования позволяют сделать вывод о целесообразности использования для объемной обработки сахарной свеклы перед закладкой на хранение раствора ДХЦН концентрацией 0,075 % в количестве 2 % к массе свеклы.

Список литературы

1. Мослемзаде Э.А. Изменение содержания химических компонентов в сахарной свекле при ее хранении до переработки / Э.А. Мослемзаде // Сахар. – 2010. – № 10. – С. 50–51.
2. Улучшение технологических качеств сахарной свеклы и повышение ее устойчивости к хранению на основе использования биотехнологий / Н.М. Сапронов [и др.] // Сахар. – 2002. – № 5. – С. 31–39.
3. Химическая обработка корнеплодов перед закладкой на хранение / Н.Г. Кульнева [и др.] // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование, производство. – 2016. – С. 58–62.
4. Кучеренко Е.П. Потери сухих веществ в корнеплодах при хранении / Е.П. Кучеренко // Сахарная свекла. – 2013. – № 6. – С. 34–35.
5. Чернявская Л.И. Препарат Септодор для улучшения технологических качеств свеклы при хранении / Л.И. Чернявская // Сахар. – 2003. – № 3. – С. 38–41.

6. Хранение корнеплодов с использованием препарата Корцид / В.М. Милькевич [и др.] // Сахар. – 2000. – № 2. – С. 17–18.

7. Сапронов А.Р. Технология сахара: учебник / А.Р. Сапронов, Л.А. Сапронова, С.В. Ермолаев. – СПб.: ИД «Профессия», 2013. – 296 с.

8. Срок годности пищевых продуктов: Расчет и испытания / Под ред. Р. Стеле. – СПб.: Профессия, 2008. – 480 с.

9. Жаркова И.М. Применение показателя активности воды для оценки качества неферментированного солода / И.М. Жаркова, А.Е. Чусова, Ю.А. Сафонова // В сборнике: «Физическая и коллоидная химия – основа новых технологий и современных методов анализа в химической и пищевой отраслях промышленности» – Воронежский государственный университет инженерных технологий; под общей редакцией проф. Т.А. Кучменко. – Воронеж, 2016. – С. 179–183.

10. Пат. 2607603 Российская Федерация, МПК А 01 F 25/00. Способ обработки сахарной свеклы перед закладкой на хранение / Кульнева Н.Г., Путилина Л.Н., Селезнева И.Г., Гребенникова А.Н., Свешников И.Ю.; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – № 2015148788; заявл. 13.11.15; опубл. 10.01.17, Бюл. № 1.

References

1. Moslemzade Je.A. Izmenenie soderzhaniya himicheskikh komponentov v saharnoj svjokle pri ee hranenii do pererabotki / Je.A. Moslemzade // Sahar. 2010. no. 10. pp. 50–51.
2. Uluchshenie tehnologicheskikh kachestv saharnoj svjokly i povyshenie ee ustojchivosti k hraneniju na osnove ispolzovanija biotehnologij / N.M. Sapronov [i dr.] // Sahar. 2002. no. 5. pp. 31–39.
3. Himicheskaja obrabotka korneplodov pred zakladkoj na hranenie / N.G. Kulneva [i dr.] // Innovacionnye tehnologii v pishhevoj promyshlennosti: nauka, obrazovanie, proizvodstvo. 2016. pp. 58–62.
4. Kucherenko E.P. Poteri suhih veshhestv v korneplodah pri hranenii / E.P. Kucherenko // Saharnaja svjokla. 2013. no. 6. pp. 34–35.
5. Chernjavskaja L.I. Preparat Septodor dlja uluchsheniya tehnologicheskikh kachestv svekly pri hranenii / L.I. Chernjavskaja // Sahar. 2003. no. 3. pp. 38–41.
6. Hranenie korneplodov s ispolzovaniem preparata Korcid / V.M. Milkevich [i dr.] // Sahar. 2000. no. 2. pp. 17–18.
7. Sapronov A.R. Tehnologija sahara: uchebnik / A.R. Sapronov, L.A. Sapronova, S.V. Ermolaev. SPb.: ID «Professija», 2013. 296 p.
8. Srok godnosti pishhevyyh produktov: Raschet i ispytaniya / Pod red. R. Stele. SPb.: Professija, 2008. 480 p.
9. Zharkova I.M. Primenenie pokazatelja aktivnosti vody dlja ocenki kachestva nefermentirovannogo soloda / I.M. Zharkova, A.E. Chusova, Ju.A. Safonova // V sbornike: «Fizicheskaja i kolloidnaja himija osnova novyyh tehnologij i sovremennyh metodov analiza v himicheskoy i pishhevoj otrasljah promyshlennosti» Voronezhskij gosudarstvennyj universitet inzhenernyh tehnologij; pod obshhej redakciej prof. T.A. Kuchmenko. Voronezh, 2016. pp. 179–183.
10. Pat. 2607603 Rossijskaja Federacija, MPK A 01 F 25/00. Sposob obrabotki saharnoj svekly pred zakladkoj na hranenie / Kulneva N.G., Putilina L.N., Selezneva I.G., Grebennikova A.N., Sveshnikov I.Ju.; zjavitel i patentoobladatel Voronezh. gos. un-t inzh. tehnol. no. 2015148788; zjavl. 13.11.15; opubl. 10.01.17, Bjul. no. 1.

УДК 631.53.02/.171:621.386.8

РЕНТГЕНОВСКИЙ СЕПАРАТОР СЕМЯН НА ОСНОВЕ МЕТОДА СЪЕМКИ С ПРЯМЫМ УВЕЛИЧЕНИЕМ ИЗОБРАЖЕНИЯ

¹Никольский М.А., ²Ткаченко К.Г., ³Грязнов А.Ю., ³Староверов Н.Е.,
³Холопова Е.Д., ³Клонов В.А.

¹*Анапская зональная опытная станция виноградарства и виноделия – филиал ФГБНУ Северо-Кавказского федерального научно-исследовательского центра садоводства, виноградарства, виноделия, Анапа, e-mail: mcnik-anapa@mail.ru;*

²*ФГБУН «Ботанический институт им. В.Л. Комарова» Российской академии наук, Санкт-Петербург, e-mail: kigatka@rambler.ru;*

³*ФГАОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», Санкт-Петербург, e-mail: ay-gryaznov@yandex.ru*

Производство и получение высококачественного посевного и посадочного материала является важнейшей задачей развития агропромышленного комплекса. Использование качественного посевного материала позволяет не только увеличить урожайность возделываемой культуры, но и снизить энергетические издержки производства, что в свою очередь позволяет уменьшить антропогенную нагрузку на агробиоценоз. Одной из основных причин снижения посевных качеств семян и посадочного материала является наличие в них различных внутренних дефектов, таких как скрытая травмированность или повреждение вредителями. Идентификация скрытых дефектов и сортировка таких семян на используемых сортировальных машинах не представляется возможной, поэтому для такой сепарации используется метод рентгенографии, который находит все большее применение. Работы ряда отечественных и зарубежных ученых показали, что рентгенография является одним из наиболее перспективных методов регистрации скрытых дефектов у растительных организмов, позволяющим визуализировать все его внутренние формообразующие структуры, а следовательно, и их плотностные, объемные и линейные аномалии. В процессе исследований учеными СПбГЭТУ были созданы микрофокусные рентгеновские установки для исследования растительных организмов (ПРДУ-02, РМ-01, ПАРДУС). Однако основной недостаток этих приборов состоит в том, что работа с ними требует присутствия оператора, обладающего специфическими знаниями по рентгенологии исследуемых растительных объектов. В связи с этим было принято решение о разработке рентгеновского сепаратора семян, способного при минимальном участии оператора самостоятельно проводить сортировку исследуемых образцов. В ходе выполнения исследований авторами был собран банк рентгеновских изображений семян различных видов растений, представителей разных семейств. Определены основные параметры разрабатываемого рентгеновского сепаратора семян. Предложенная методика автоматической рентгеносепарации плодов и семян позволяет упростить работу и снизить трудозатраты по очистке семенного материала, получить результаты оперативно и без проверки качества семян традиционными способами.

Ключевые слова: семена, диагностика, скрытый дефект, микрофокусная рентгенография, рентгеновский сепаратор

USING X-RAY SEPARATOR WITH DIRECT IMAGE INCREASE FOR SEED LATENT DEFECTS' IDENTIFICATION

¹Nikolskiy M.A., ²Tkachenko K.G., ³Gryaznov A.Yu., ³Staroverov N.E.,
³Kholopova E.D., ³Klonov V.A.

¹*The Anapa Zonal Experimental Station for Viticulture and Wine-Making is a branch of the North-Caucasian Federal Research Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking, Anapa, e-mail: mcnik-anapa@mail.ru;*

²*Botanical Institute named after V.L. Komarova Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, e-mail: kigatka@rambler.ru;*

³*Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI» Petersburg, St. Petersburg, e-mail: ay-gryaznov@yandex.ru*

Production of high quality seed and planting material is the most important task for the development of thagro-industrial complex. The use of quality seed allows not only increasing the yield of the cultivated crop, but also reducing the energy costs of production, which in turn makes it possible to reduce the anthropogenic impact on agrobiocenosis. One of the main reasons for reducing the seed quality and planting material is the presence of various internal defects in them, such as latent injuries or damage by pests. Identification of latent defects and sorting of such seeds using sorting machines is not possible, so an X-ray method is used for this separation, which is increasingly popular. The works of a number of Russian and foreign scientists have shown that X-ray method is one of the most promising ones for recording latent defects in plant organisms, which makes it possible to visualize all its internal shaping structures, and, consequently, their density, volumetric and linear anomalies. During the research, scientists of St. Petersburg Electrotechnical University created microfocus X-ray devices for plant organisms study (PRDU-02, RM-01, PARDUS). However, the main drawback of these devices is that they require the presence of an operator possessing specific knowledge in radiology of the plant objects under study. In this connection, it was decided to develop an X-ray seed separator which is capable to sort samples under study separately with the minimum operator involvement. During the research, a bank of X-ray images of seeds of various plant species, representatives of different families was organized. The main parameters of the developed X-ray seed separator are determined. The proposed technique of automatic X-ray separation of fruits and seeds makes it possible to simplify work and reduce labor costs for cleaning seed material, to obtain results promptly and without testing the quality of seeds by traditional methods.

Keywords: seeds, diagnostics, latent defect, microfocus X-ray, X-ray separator

Производство и получение высококачественного посевного и посадочного материала является важнейшей задачей развития агропромышленного комплекса. В настоящее время все более широкое распространение в сельском хозяйстве получают рентгенографические методы контроля качества плодов и семян. Основные достоинства этих методов: высокая скорость анализа и информативность, надёжность и точность, распознавание скрытых дефектов семян и выявление вредителей.

На сегодняшний день сформировались два основных способа рентгенографии: контактный и с увеличением изображения [1, с. 23–24; 2].

Для реализации первого, контактного способа съёмки, используется источник рентгеновского излучения с протяженным фокусным пятном, объект съёмки при этом располагается на достаточно большом расстоянии от источника излучения и вплотную к приемнику рентгеновского изображения.

Для реализации съёмки с увеличением используется источник излучения с точечным фокусным пятном, поэтому этот метод называется микрофокусной рентгенографией. Объект съёмки располагается на определенном расстоянии, как от источника излучения, так и от приемника изображения, а соотношение этих расстояний определяет коэффициент увеличения изображения объекта.

Микрофокусная рентгенография позволяет получить увеличенное изображение объекта, именно поэтому данный метод является предпочтительным при рентгенографии семян, так как получаются резкие, увеличенные в десятки раз, изображения семян, что невозможно при контактной рентгенографии. Таким образом, метод микрофокусной рентгенографии позволяет надёжно выявлять разнообразные дефекты семян, в том числе их разную степень выполненности, поражение вредителями, трещиноватость, а затем отделить некачественные семена от качественных (выполненных, полнозёрных) [3, с. 10–12; 4; 5, с. 18–23].

В целом использование метода рентгенографии для изучения внутренней структуры растений и семян древесных пород как за рубежом, так и в нашей стране используется достаточно давно [6].

Так, работы ученых ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт» и ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт расте-

ниеводства» показали, что рентгенография является одним из наиболее перспективных методов регистрации скрытых дефектов у растительных организмов, позволяющим визуализировать все его внутренние формообразующие структуры, а следовательно, и их плотностные, объемные и линейные аномалии [7, 8].

Как видно из приведенного краткого литературного обзора, отечественные ученые, в частности коллективы ученых из СПбГЭТУ, АФИ, ВИР, АЗОС, БИН, и их зарубежные коллеги имеют довольно обширный опыт по применению интроскопических методов оценки и регистрации внутреннего состояния растительных организмов, а также качественных показателей семенного материала, предназначенного для дальнейшего размножения, на основе анализа полученного рентгеновского изображения.

В процессе исследований учеными СПбГЭТУ были созданы микрофокусные рентгеновские установки для исследования растительных организмов (ПРДУ-02, РМ-01, ПАРДУС). Однако основной недостаток этих приборов состоит в том, что работа с ними требует присутствия оператора, обладающего специфическими знаниями по рентгенологии исследуемых растительных объектов, а так как специалисты с такими знаниями – явление довольно редкое, использование подобных установок весьма ограничено.

В связи с этим было принято решение о разработке рентгеновского сепаратора семян, способного при минимальном участии оператора самостоятельно проводить сортировку исследуемых образцов.

Материалы и методы исследования

Для разделения качественных и некачественных семян была предложена модель рентгеновского сепаратора семян. В данной установке рентгеновское излучение используется для получения теневого изображения объектов, после чего выполняется цифровая обработка снимка. На основе полученных данных принимается решение, повреждено семя или нет, и, соответственно, поврежденные семена отделяются от неповрежденных.

Макет рентгеновского сепаратора семян включает в себя рентгенозащитную камеру 1, перестраиваемый микрофокусный источник рентгеновского излучения 2, систему перемещения источника 3, приемник рентгеновского излучения 4, состоящий из сцинтиллятора 5 и матрицы фоточувстви-

тельных транзисторов 6, систему подачи семян 7, магнитную фокусирующую систему 8, блок обработки и управления 9. Блок обработки и управления соединен с приемником излучения, источником излучения и магнитной фокусирующей системой. Схема макета показана на рис. 1.

Макет управляется оператором, который загружает объекты исследования в систему подачи семян, а также контролирует работу самого сепаратора.

Коэффициент увеличения изображения задается при указании оператором типа исследуемых семян. Он рассчитывается исходя из минимального размера дефектов, которые могут присутствовать в этих семенах, по следующим формулам:

$$A = a \cdot f_2 / f_1, \quad (1)$$

$$H = d \cdot (f_2 - f_1) / f_1, \quad (2)$$

где a – размер дефекта (мм); A – размер изображения дефекта (мм); H – нерезкость изображения дефекта (мм); d – размер фокусного пятна микрофокусного источника

рентгеновского излучения (мм); f_1 – расстояние от фокусного пятна до семени (см); f_2 – расстояние от фокусного пятна до плоскости приемника излучения (см).

Сепаратор работает следующим образом: оператор задает тип исследуемых семян, автоматически устанавливаются рабочее напряжение и ток рентгеновской трубки, в зависимости от типа семян изменяется расстояние от источника излучения до объекта исследования, меняя таким образом коэффициент увеличения изображения. Рентгеновское излучение, генерируемое микрофокусным источником, проходит сквозь семена и неравномерно ослабляется элементами их структуры. Сформированное за семенем теневое рентгеновское изображение регистрируется и преобразуется в цифровой электрический сигнал приемником рентгеновского излучения. Блок обработки и управления с помощью специального программного обеспечения обрабатывает цифровое изображение каждого семени и определяет качество партии семян.

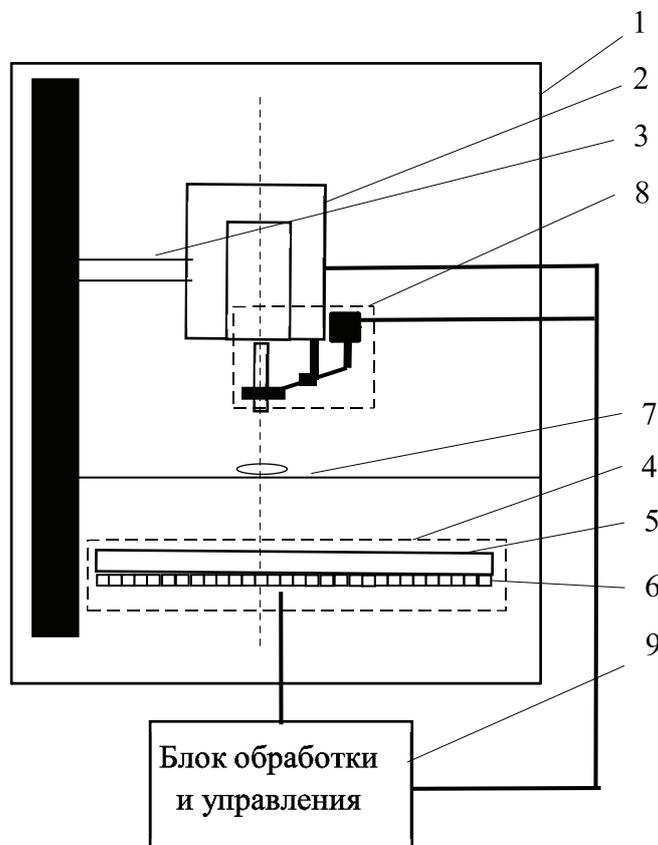


Рис. 1. Схема макета рентгеновского сепаратора семян

Результаты исследования и их обсуждение

Для определения качества семян была проведена предварительная работа по определению оптимальных режимов съемки семян разного видового состава. В этой работе были использованы коллекционные образцы некоторых видов семян растений, которые произрастают на территории парка-дендрария Ботанического сада Петра Великого БИН РАН (Санкт-Петербург), основным требованием к растениям, участвовавшим в исследованиях, было наличие разного вида семян (боб, орешек, двураздельная семянка), что позволяло индивидуально для каждого вида подбирать режимы

съемки, получая наиболее информативные и достоверные результаты.

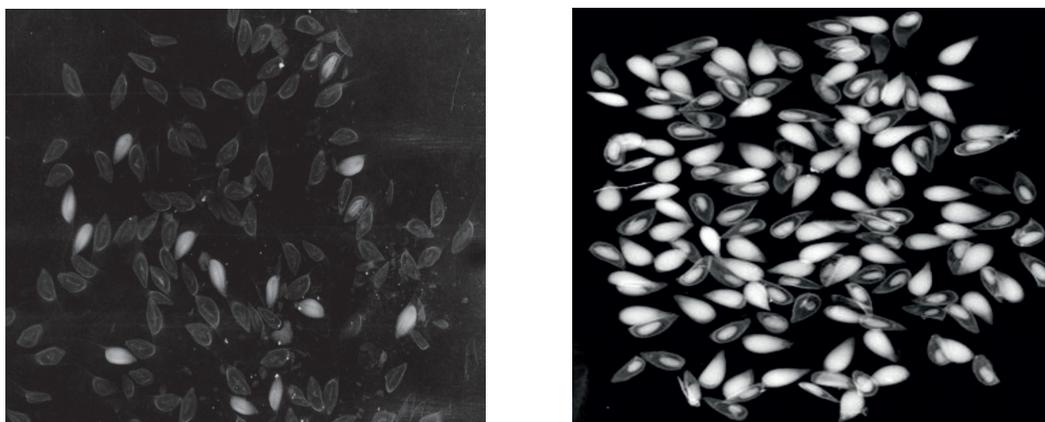
В результате проведенной работы был собран банк эталонных изображений. При разработке технологии сепарации семян была получена и использована база изображений семян различных видов растений. Всего для исследований были отобраны семена почти 40 различных видов растений (некоторые рода, указанные в таблице, были представлены разными видами). Для проведения исследований использован микрофокусный источник излучения РАП50, имеющий диапазон изменения анодного напряжения рентгеновской трубки 5...50 кВ, диапазон изменения анодного тока: 20...200 мкА.

Параметры рентгенографии для семян различных видов

Латинское название рода	Анодное напряжение трубки, кВ	Анодный ток трубки, мкА	Время экспозиции, с
<i>Abies</i>	16	100	1
<i>Acer</i>	22	150	1
<i>Berberis</i>	18	180	1
<i>Carpinus</i>	18	140	1
<i>Colutea</i>	26	200	1
<i>Cotoneaster</i>	21	100	2
<i>Ecbalium</i>	17	200	1
<i>Echinacea</i>	15	120	1
<i>Foeniculum</i>	15	120	1
<i>Gladiolus</i>	15	200	2
<i>Heracleum</i>	19	150	1
<i>Holodiscus</i>	24	120	2
<i>Hydrangea</i>	21	100	1
<i>Incarvillea</i>	22	200	2
<i>Iris</i>	25	160	1
<i>Juniperus</i>	18	150	1
<i>Lablab</i>	22	120	2
<i>Lespedeza</i>	16	120	1
<i>Malus</i>	16	100	1
<i>Mangifera</i>	17	60	1
<i>Mespilus</i>	21	200	1
<i>Phytolaca</i>	23	200	1
<i>Picea</i>	22	150	1
<i>Platycladus</i>	18	130	1
<i>Ptelea</i>	19	150	1
<i>Pterocaria</i>	24	130	2
<i>Pyrus</i>	22	100	1
<i>Quercus</i>	29	120	2
<i>Rhaponticum</i>	15	120	1
<i>Ricinus</i>	15	60	1
<i>Robinia</i>	25	90	1
<i>Rosa</i>	18	120	2
<i>Silybum</i>	19	90	1
<i>Sorbaria</i>	18	90	1



Рис. 2. Образцы карточек с семенами, приготовленные для рентгенографии



а

б

Рис. 3. Рентгеновские снимки неупорядоченно расположенных семян яблони (а) и ели (б)

Для каждого вида семян были рассчитаны оптимальные параметры съёмки, получены рентгенографические изображения, после чего параметры съёмки были уточнены. При рентгенографическом контроле семян объекты исследования,

как правило, расположены на карточках, в строгом порядке, как показано на рис. 2. Карточка имеет рабочее поле из рентгенпрозрачного материала площадью, допускающей размещение всей анализируемой партии семян.

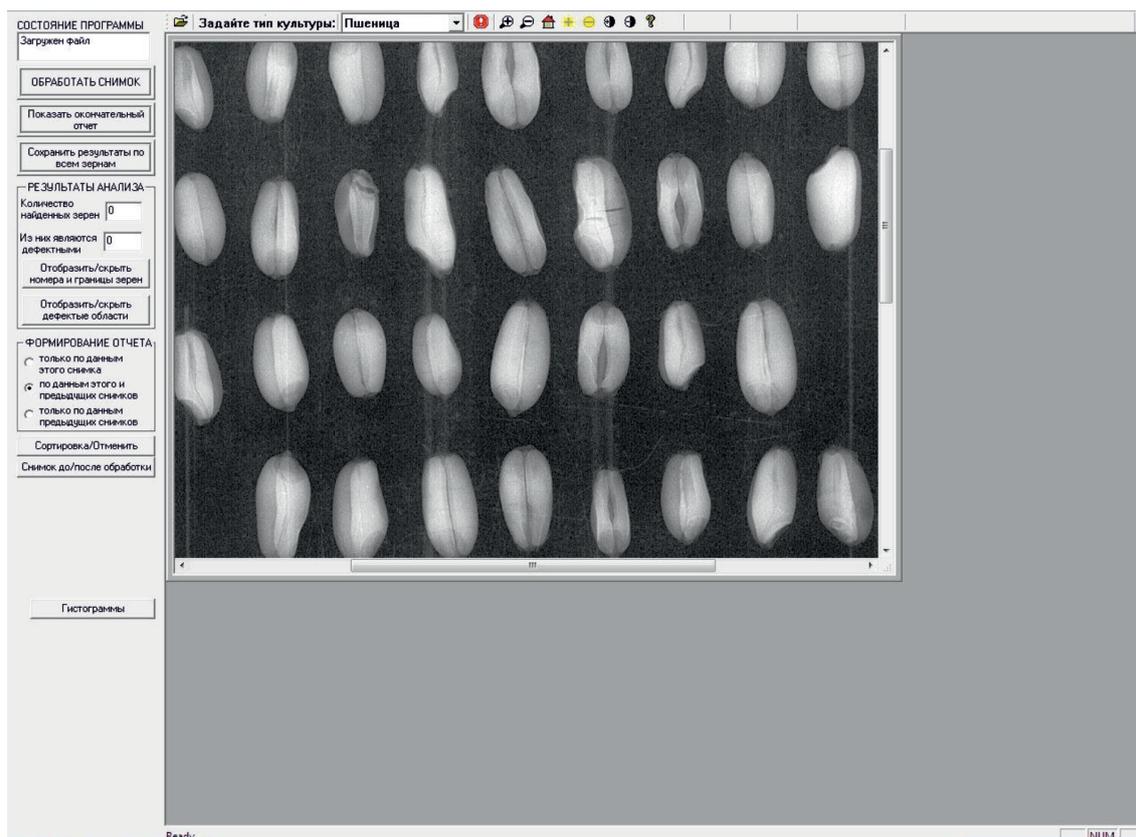


Рис. 4. Рабочее окно программы *Агротест 3.0*

При получении банка изображений семян также использовали картонные карточки. Однако, так как при разбраковке семян при помощи сепаратора они не будут расположены отдельно друг от друга, в строгом порядке, были проведены эксперименты, которые позволили выяснить, что и в хаотично расположенных семенах (рис. 3), что имеет место в сепараторе, все скрытые дефекты надежно распознаются.

Анализ полученных изображений проводится в программе с рабочим названием *Агротест 3.0* (рис. 4). Программа в автоматическом режиме проводит обработку снимка, идентифицирует виды скрытых дефектов семени, выделяет семена с различными видами дефектов, а также проводит автоматический учет и формирует отчет в отдельный файл.

Выводы

В ходе выполнения исследований собран банк рентгеновских изображений семян различных видов растений, представителей разных семейств.

Определены основные параметры разрабатываемого рентгеновского сепаратора семян. Показано, что в сепараторе должна быть предусмотрена возможность изменять напряжение рентгеновской трубки от 14 до 30 кВ, а ток трубки от 60 до 200 мкА во всем диапазоне рабочих напряжений, коэффициент увеличения изображения должен изменяться от 3 до 5. Производительность у использованного макета сепаратора семян составляет несколько кг в час с точностью сортировки на уровне 85–90%. У производственного образца может быть достигнута производительность до нескольких тонн в час.

Предложенная методика автоматической рентгеновской сепарации плодов и семян позволяет упростить работу и снизить трудозатраты по очистке семенного материала, получить результаты оперативно и без проверки качества семян традиционными способами.

Было подтверждено, что методика без потери качества может использоваться для семян, различных по плотности и размерам. Предложенная методика, конечно же, не заменяет стандартную проверку лабора-

торной и грунтовой (полевой) всхожести, но позволяет быстро сделать предварительную оценку качества партии плодов и семян и разработать направления дальнейших исследований.

Список литературы

1. Архипов М.В. Микрофокусная рентгенография растений / М.В. Архипов, Н.Н. Потрахов. – СПб.: Технолит, 2008. – 194 с.
2. Васильев А.Ю. Высокодетальная микрофокусная рентгенография с многократным увеличением изображения: прошлое, настоящее и будущее // *Мат. II междунар. конгр. «Невский радиологический форум 2005»*. – СПб.: МАЛО, 2005. – С. 54–57.
3. Никольский М.А. Определение качества срастания привитых компонентов саженцев винограда, методом микрофокусной рентгенографии. Учебно-методическое пособие / М.А. Никольский, М.И. Панкин, А.Ю. Грязнов, Н.Н. Потрахов. – Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2014. – 20 с.
4. Ренгенодиагностическая установка для экспресс-контроля качества / В.П. Нино, А.Ю. Грязнов, Е.Н. Потрахов, Н.Н. Потрахов // *Пищевая промышленность*. – 2008. – № 5. – С. 18–20.
5. Архипов М.В. Интроскопический метод ускоренно определения скрытой заселенности зерна карантинными вредителями: методические рекомендации: Методические рекомендации / М.В. Архипов, Д.И. Алексеева, Л.П. Великанов, Л.П. Гусакова, И.В. Дерунов. – СПб., 2005. – 24 с.
6. Carolyn A Larabell Imaging cellular architecture with X-rays / Carolyn A Larabell, Keith A Nugent // *Current Opinion in Structural Biology*. – 2010. – Vol. 20. – P. 623–631.
7. Мусаев Ф.Б. Применение рентгенографического метода в семеноведении овощных культур / Ф.Б. Мусаев, О.В. Курбакова, Е.Л. Курбаков, М.В. Архипов, Л.П. Великанов, Н.Н. Потрахов // *Гавриш*. – 2011. – № 1. – С. 44–46.

8. Гусакова Л.П., Великанов Л.П., Бурляева М.О. Использование рентгенографии для оценки качества семян вигны и чины из коллекции ВИР / Л.П. Гусакова, Л.П. Великанов, М.О. Бурляева // *Сельскохозяйственная биология*. – 2012. – № 5. – С. 121–127.

References

1. Arhipov M.V. Mikrofokusnaja rentgenografija rastenij / M.V. Arhipov, N.N. Potrahov. SPb.: Tehnolit, 2008. 194 p.
2. Vasilev A.Ju. Vysokodetalnaja mikrofokusnaja rentgenografija s mnogokratnym uvelicheniem izobrazhenija: proshloe, nastojashhee i budushhee // *Mat. II mezhdun. kongr. «Nevskij radiologicheskij forum 2005»*. SPb.: MALO, 2005. pp. 54–57.
3. Nikolskij M.A. Opredelenie kachestva srastanija privitykh komponentov sazhencev vinograda, metodom mikrofokusnoj rentgenografii. Uchebno-metodicheskoe posobie / M.A. Nikolskij, M.I. Pankin, A.Ju. Grjaznov, N.N. Potrahov. Krasnodar: Izdatelskij Dom Jug, 2014. 20 p.
4. Rengenodiagnosticheskaja ustanovka dlja jekspress-kontrolja kachestva / V.P. Nino, A.Ju. Grjaznov, E.N. Potrahov, N.N. Potrahov // *Pishhevaja promyshlennost*. 2008. no. 5. pp. 18–20.
5. Arhipov M.V. Introskopicheskij metod uskorenno opredelenija skrytoj zaselelnosti zerna karantinnyimi vrediteljami: metodicheskie rekomendacii: Metodicheskie rekomendacii / M.V. Arhipov, D.I. Alekseeva, L.P. Velikanov, L.P. Gusakova, I.V. Derunov. SPb., 2005. 24 p.
6. Carolyn A Larabell Imaging cellular architecture with X-rays / Carolyn A Larabell, Keith A Nugent // *Current Opinion in Structural Biology*. 2010. Vol. 20. pp. 623–631.
7. Musaev F.B. Primenenie rentgenograficheskogo metoda v semenovedenii ovoshhnyh kultur / F.B. Musaev, O.V. Kurbakova, E.L. Kurbakov, M.V. Arhipov, L.P. Velikanov, N.N. Potrahov // *Gavrish*. 2011. no. 1. pp. 44–46.
8. Gusakova L.P., Velikanov L.P., Burljaeva M.O. Ispolzovanie rentgenografii dlja ocenki kachestva semjan vigny i chiny iz kolekcii VIR / L.P. Gusakova, L.P. Velikanov, M.O. Burljaeva // *Selskohozjajstvennaja biologija*. 2012. no. 5. pp. 121–127.

УДК 633.14:311

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИНТЕРВАЛА ЗНАЧЕНИЙ УДЕЛЬНОЙ МАССЫ ЗЕРНА ОЗИМОЙ РЖИ ФАЛЕНСКАЯ 4 И СКЛЕРОЦИЙ СПОРЫНЬИ

¹Сысуев В.А., ¹Сайтов В.Е., ²Фарафонов В.Г., ²Сайтов А.В.

¹ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока», Киров;

²ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия»,

Киров, e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

Актуальной задачей отделения зерна от вредных примесей является очистка ржи от спорыньи, ядовитой даже в небольших долях. Физико-механические свойства склероций спорыньи имеют близкие значения аналогичным значениям зерна ржи, поэтому традиционные методы не дают хороших результатов отделения спорыньи от ржи. Одним из свойств, по значениям которого спорынья отличается от ржи, является удельная масса (плотность массы), что позволяет использовать растворы соли в качестве разделителя ржи и спорыньи. Применение этого способа требует знания интервалов значений плотностей конкретных сортов ржи и сопутствующим им спорыньи. В данной работе дается оценка интервалов плотностей озимой ржи сорта Фаленская 4 и 10 навесок склероций спорыньи влажностью 14%. Каждая навеска содержала 1000 штук зерен ржи или 1000 штук склероций спорыньи. Взвешивание навесок зерен озимой ржи и склероций спорыньи осуществляли при помощи электронных весов марки САРТОГОСМ ЛВ 210А с точностью до $1 \cdot 10^{-7}$ кг. Для определения занимаемого объема каждой навески зерен озимой ржи и склероций спорыньи использовали мерные цилиндры с градуировкой деления $1 \cdot 10^{-6}$ м³, в которые предварительно наливалась дистиллированная вода. С учетом интервальной статистической оценки плотность зерна озимой ржи распределяется в интервале 1100...1300 кг/м³, а склероций спорыньи – в интервале 960...1080 кг/м³. Исходя из этого для эффективного разделения зерен озимой ржи сорта Фаленская 4 от склероций спорыньи раствор соли должен быть приготовлен с плотностью 1090...1110 кг/м³.

Ключевые слова: зерновой материал, озимая рожь, злаковая культура, спорынья, ядовитая примесь, зерноочистительная машина, удельная масса зерна, раствор соли

STATISTICAL EVALUATION OF VALUE INTERVAL OF GRAIN SPECIFIC WEIGHT OF WINTER RYE FALENSKAYA 4 AND ERGOT SCLEROTIA

¹Sysuev V.A., ¹Saitov V.E., ²Farafonov V.G., ²Saitov A.V.

¹Agricultural Research Institute of the North-East, Kirov;

²Viatka State Agricultural Academy, Kirov, e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

The actual task of separating grain from harmful impurities is to clean rye from ergot, poisonous even in small fractions. Physical and mechanical properties of ergot sclerotia have close values similar to those of rye grain, so the traditional methods do not give good results in separating ergot from rye. One of the properties that ergot differs from rye is a specific weight (mass density), which allows the use of salt solutions as a rye and ergot separator. Application of this method requires knowledge of density values` range of rye specific varieties and ergot attendants. In this article, we assess the density range of winter rye Falenskaya 4 and ergot attendant, as well as the dependence of rye loss percent on sodium salt solution (NaCl) density. In conducting research, 10 samples of winter rye grains of Falenskaya 4 variety and 10 samples of ergot sclerotia with a moisture content of 14% were used. Each sample contained 1000 pieces of rye grains or 1000 pieces of ergot sclerotia. Weighing of winter rye grain samples and ergot sclerotia samples was carried out with the help of electronic scales brand SARTOGOSM LV 210A having accuracy of $1 \cdot 10^{-7}$ kg. Measuring cylinders with graduations division $1 \cdot 10^{-6}$ m³ pre-filled by distilled water were used to determine the volume occupied by each measuring sample of winter rye grains and ergot sclerotia. Taking into account the interval statistical evaluation, the density of winter rye grain is distributed in the range of 1100 ... 1300 kg/m³, and ergot sclerotia - in the range of 960 ... 1080 kg/m³. Proceeding from this fact, for efficient separating winter rye grains of Falenskaya 4 variety from ergot sclerotia, salt solution should have a density of 1090 ... 1110 kg/m³.

Keywords: grain material, winter rye, cereals, ergot, poisonous impurity, grain cleaning machine, grain specific weight, salt solution

Основным сырьем для производства наиболее важных продуктов питания человека и кормов животных является зерно сельскохозяйственных культур. Поэтому увеличение валового сбора зерна – важнейшая из задач, стоящих перед агропромышленным комплексом Российской Федерации. Один из главных резервов повышения производства зерна – это использование для

посева высококачественного зернового материала, очищенного от примесей [1].

В структуре валового сбора зерновых культур особое место занимает озимая рожь. Она является традиционной и наиболее распространенной в Приволжском федеральном округе Российской Федерации зерновой культурой в сельскохозяйственном производстве вследствие неприхотливости к ус-

ловиям произрастания, способности давать достаточно высокие и гарантированные урожаи на почвах с невысоким плодородием. Однако рожь часто поражается спорыньей, которая является ядовитой примесью. Сильная поражаемость ржи спорыньей объясняется продолжительностью цветения и особенностями строения ее цветков, для которых характерно перекрестное опыление, и они продолжительное время бывают открытыми, а также повышенной влажностью воздуха и почвы [2, 3].

Очистку зерна ржи от склероций спорыньи осуществляют при помощи воздушно-решетно-триерных машин, пневмосортировальных столов, фотосепараторов и других устройств. Физико-механические свойства склероций спорыньи имеют близкие значения аналогичным значениям зерна ржи, поэтому традиционные методы не дают хороших результатов отделения спорыньи от ржи [4].

Одним из свойств, по значениям которого спорынья отличается от ржи, является удельная масса (плотность массы), что позволяет использовать растворы соли в качестве разделителя ржи и спорыньи [5].

Поэтому для очистки зернового материала «мокрым» способом требуется определение удельной массы зерна озимой ржи и склероций спорыньи для приготовления солевого раствора определенной плотности с целью уменьшения потерь зерна в отходы и гарантированного выделения склероций спорыньи.

Цель исследования – определение удельной массы зерна озимой ржи и склероций спорыньи для нахождения условий их разделения в растворе соли.

Материалы и методы исследования

С целью определения удельной массы озимой ржи сорта Фаленская 4 и склероций спорыньи использовали для каждой 10 навесок. Каждая навеска содержала 1000 штук зерен ржи или 1000 штук склероций спорыньи, влажность каждой навески составляла 14% (рис. 1).

Взвешивание навесок зерен озимой ржи и склероций спорыньи осуществляли при помощи электронных весов марки САРТО-ГОСМ ЛВ 210А с точностью до $1 \cdot 10^{-7}$ кг. Для определения занимаемого объема каждой навески зерен озимой ржи и склероций спорыньи использовали мерные цилиндры с ценой деления $1 \cdot 10^{-6}$ м³, в которые предварительно наливалась дистиллированная вода (рис. 2).



а



б

Рис. 1. Навеска зерен озимой ржи сорта Фаленская 4 (а) и склероций спорыньи (б)

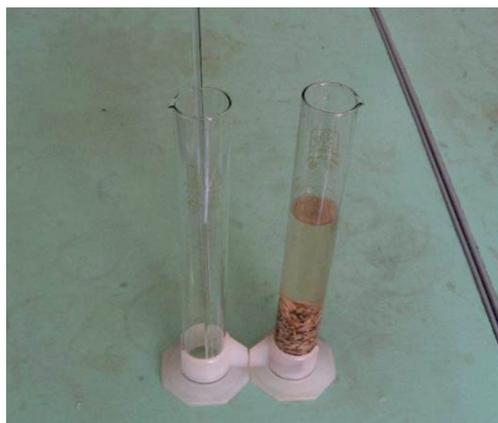
Навеска зерен ржи (склероций спорыньи) засыпалась в мерный сосуд с водой и перемешивалась стеклянной палочкой для ликвидации захваченных зернами (склероциями спорыньи) пузырьков воздуха. Занимаемый объем $V_{i,з(i,c)}$ i -ой навеской зерен озимой ржи (склероциями спорыньи) i -го измерения определялся по формуле

$$V_{i,з(i,c)} = V_{i,в,з(i,в,c)} - V_{i,в}, \quad (1)$$

где $V_{i,в,з(i,в,c)}$ – объем воды в мерном сосуде с i -ой навеской зерна озимой ржи (склероциями спорыньи), м³;
 $V_{i,в}$ – объем воды, налитой в мерный сосуд, при i -ом измерении, м³.



а



б

Рис. 2. Электронные весы марки САРТОГОСМ ЛВ 210А (а) и мерные цилиндры для определения занимаемого объема навески зерна озимой ржи или склероциями спорыньи (б)

Среднее значение массы навески $m_{\text{ср.з(ср.с)}}$ и среднее значение занимаемого навеской объема $V_{\text{ср.з(ср.с)}}$, найденные для 10 навесок зерен озимой ржи (склероций спорыньи), определяли по выражениям

$$m_{\text{ср.з(ср.с)}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N m_{i,з(i,с)},$$

$$V_{\text{ср.з(ср.с)}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_{i,з(i,с)}, \quad (2)$$

где $m_{i,з(i,с)}$ – масса i -ой навески 1000 штук зерен озимой ржи (склероций спорыньи), кг; N – число навесок зерна или склероций спорыньи, $N = 10$ шт.

Средние квадратические отклонения измерений массы $S_{з(с)}(m)$ и объема $S_{з(с)}(V)$ навесок зерна озимой ржи (склероций спорыньи) определяли по выражениям [6]:

$$S_{з(с)}(m) = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (m_{i,з(i,с)} - m_{\text{ср.з(ср.с)}})^2}, \quad (3)$$

$$S_{з(с)}(V) = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (V_{i,з(i,с)} - V_{\text{ср.з(ср.с)}})^2}. \quad (4)$$

Каждое прямое измерение массы $m_{i,з(i,с)}$ и объема $V_{i,з(i,с)}$ проверялось на понятие «грубое измерение». Для этого определяли выполнение неравенств

$$|m_{i,з(i,с)} - m_{\text{ср.з(ср.с)}}| > 3S_{з(с)}(m),$$

$$|V_{i,з(i,с)} - V_{\text{ср.з(ср.с)}}| > 3S_{з(с)}(V). \quad (5)$$

В случае выполнения неравенств (5) измерение нужно было бы отбросить. Все результаты оказались прямыми измерениями [6].

Плотность $\rho_{i,з(i,с)}$ зерна (склероций спорыньи) в каждой навеске и его среднее значение $\rho_{\text{ср.з(ср.с)}}$ находили по формулам

$$\rho_{i,з(i,с)} = \frac{m_{i,з(i,с)}}{V_{i,з(i,с)}},$$

$$\rho_{\text{ср.з(ср.с)}} = \frac{m_{\text{ср.з(ср.с)}}}{V_{\text{ср.з(ср.с)}}}. \quad (6)$$

Абсолютные погрешности измерений массы $\Delta m_{з(с)}$ навески и занимаемого объема $\Delta V_{з(с)}$ навеской зерен озимой ржи (склероций спорыньи) определялись по выражениям [6]:

$$\Delta m_{з(с)} = \frac{t_{p,N} S_{з(с)}(m)}{\sqrt{N}},$$

$$\Delta V_{з(с)} = \frac{t_{p,N} S_{з(с)}(V)}{\sqrt{N}}, \quad (7)$$

$t_{p,N}$ – табличный коэффициент Стьюдента, определяемый по доверительной вероятности $p = 0,95$ и числу измерений $N = 10$, $t_{0,95;10} = 2,26$ [6].

Абсолютные погрешности одиночных измерений массы $\Delta m_{\text{оз(ос)}}$ навески и занимаемого объема $\Delta V_{\text{оз(ос)}}$ навеской зерен озимой ржи (склероций спорыньи) равны цене деления и половине цены делений измерительных приборов соответственно [6].

Абсолютные погрешности одиночных измерений массы $\Delta m_{\text{оз(с)}}$ навески много меньше абсолютной погрешности многократных (десяти) измерений массы $\Delta m_{з(с)}$: $\Delta m_{\text{оз(с)}} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ кг} \ll \Delta m_{з(с)}$.

Для занимаемых объемов эти значения одного порядка $\Delta V_{\text{оз(с)}} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \sim \Delta V_{з(с)} = 0,8269 (0,8405) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ [7]. Поэтому

общая погрешность измерений занимаемого объема навеской зерен равна

$$\Delta V_{об.з(с)} = \sqrt{\Delta V_{о.з(с)}^2 + \Delta V_{з(с)}^2}. \quad (8)$$

Относительную погрешность измерения массы $\epsilon_{m_{з(с)}}$ навески и занимаемого объема $\epsilon_{V_{з(с)}}$ навеской зерен озимой ржи (склероций спорыньи) находили в виде

$$\epsilon_{m_{з(с)}} = \frac{\Delta m_{з(с)}}{m_{ср.з(ср.с)}},$$

$$\epsilon_{V_{з(с)}} = \frac{\Delta V_{об.з(с)}}{V_{ср.з(ср.с)}}. \quad (9)$$

Относительная погрешность определения удельной массы (плотности) зерна озимой ржи (склероций спорыньи) определялась по формуле [6]:

$$\epsilon_{\rho_{з(с)}} = \sqrt{\left(\frac{\Delta m_{з(с)}}{m_{ср.з(ср.с)}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_{об.з(с)}}{V_{ср.з(ср.с)}}\right)^2}. \quad (10)$$

Тогда абсолютная погрешность косвенного определения удельной массы зерна озимой ржи (склероций спорыньи) выражается по формуле

$$\Delta \rho_{з(с)} = \epsilon_{\rho_{з(с)}} \cdot \rho_{ср.з(ср.с)}. \quad (11)$$

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные результаты проведенных экспериментов представлены на рис. 3 в виде удельной массы (плотности) навесок зерна озимой ржи сорта Фаленская 4 и склероций спорыньи от номера $x_{\text{не}}$ проведенного опыта. На рисунке также штриховкой приведены границы определения удельной массы зерна озимой ржи и склероций спорыньи с учетом абсолютной погрешности проведенных измерений $\Delta \rho_{з(с)}$.

Среднее значение плотности зерна $\rho_{ср.з}$ согласно выражениям (2) и (6) соответствует значению $1221,5 \text{ кг/м}^3$ [7]. Среднее квадратическое отклонение $S_3(m)$ массы навесок зерна озимой ржи равно $1,814 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$, а относительная погрешность ϵ_{m_3} в процентах составляет $5,49\%$. Среднее квадратическое отклонение $S_3(V)$ занимаемого объема навески зерен озимой ржи равно $1,157 \cdot 10^{-3} \text{ л}$, а относительная погрешность ϵ_{V_3} занимаемого объема навеской в процентах – $5,99\%$. Тогда, в соответствии с выражениями (7), (8), (9) и (10), относительная погрешность ϵ_{ρ_3} определения удельной массы (плотности) зерна озимой ржи составляет $0,0814$. В результате абсолютная погрешность $\Delta \rho_3$ косвенного определения удельной массы зерна

озимой ржи согласно выражению (11) составляет $99,3 \text{ кг/м}^3$. Доверительный интервал $\rho_{ср.з} \pm \Delta \rho_3$ удельной массы (плотности) зерна озимой ржи с надежностью $p = 0,95$ с учётом принятых при обработке результатов эксперимента правил округления равен $1100 \dots 1300 (1200 \pm 100) \text{ кг/м}^3$ [7].

Среднее значение плотности склероций спорыньи $\rho_{ср.с}$ согласно выражению (2) равно $1022,1 \text{ кг/м}^3$. Среднее квадратическое отклонение $S_c(m)$ массы навесок склероций спорыньи равно $1,898 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$, а относительная погрешность ϵ_{m_c} в процентах составляет $4,51\%$. Среднее квадратическое отклонение $S_c(V)$ занимаемого объема навесок склероций спорыньи равно $1,646 \cdot 10^{-3} \text{ л}$, а относительная погрешность ϵ_{V_c} измерения занимаемого объема навесками в процентах составляет $4,0\%$. Тогда согласно выражениям (7), (8), (9) и (10) относительная погрешность ϵ_{ρ_c} определения удельной массы (плотности) склероций спорыньи составляет $0,0603$. В результате абсолютная погрешность $\Delta \rho_c$ определения удельной массы склероций спорыньи равна $61,65 \text{ кг/м}^3$. Доверительный интервал $\rho_{ср.с} \pm \Delta \rho_c$ удельной массы (плотности) склероций спорыньи с надежностью $p = 0,95$ с учётом принятых при обработке результатов эксперимента правил округления равен $960 \dots 1080 (1120 \pm 60) \text{ кг/м}^3$.

С надежностью $p = 0,95$ доверительные интервалы плотностей зерна озимой ржи Фаленская 4 и склероций спорыньи не пересекаются в интервале $1080 \dots 1120 \text{ кг/м}^3$. Этот интервал является возможным значением для третьего компонента (разделителя) – плотности раствора соли.

Можно дать оценку процента возможных потерь зерна ржи после применения «мокрого» способа отделения спорыньи в зависимости от значения плотности раствора соли. Предполагаем, что плотность ржи (количественный признак) имеет нормальное распределение с математическим ожиданием, равным средней величине удельной массы ржи $\rho_{ср.з(ср.с)} = 1221,5 \text{ кг/м}^3$, и средним квадратическим отклонением $S_3(\rho) = 43,96 \text{ кг/м}^3$ [7]. Зерно ржи уйдет в потери (зерно всплывет), если его плотность будет меньше плотности раствора соли. Тогда процент Π_3 потери зерна равен вероятности того, что значение удельной массы ржи будет меньше плотности $\rho_{соли}$ раствора соли, умноженной на 100% [8]:

$$\Pi_3 = 100 \cdot \left(\frac{1}{2} + \Phi \left[\frac{\rho_{соли} - \rho_{ср.з}}{S_3(\rho)} \right] \right), \quad (12)$$

где $\Phi(x)$ – функция Лапласа [8].

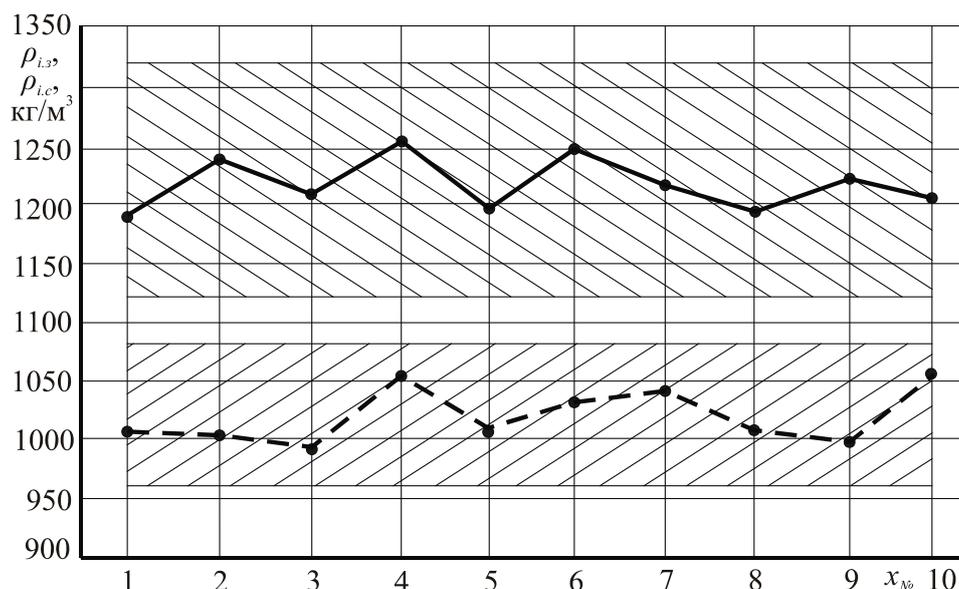


Рис. 3. Удельные массы (плотности) навесок зерна озимой ржи сорта Фаленская 4 (—) и склеротичной спорыньи (---) от номера $x_{№}$ проведенного опыта: \square — границы определения удельной массы зерна озимой ржи с учетом абсолютной погрешности $\Delta\rho_z$; \square — границы удельной массы склеротичной спорыньи с учетом абсолютной погрешности $\Delta\rho_{pc}$

Если плотность соли $\rho_{\text{соли}} = 1090 \text{ кг/м}^3$, то процент возможных потерь зерна ржи в отходы будет $\Pi_3 = 0,14\%$, если $\rho_{\text{соли}} = 1100 \text{ кг/м}^3$ — $\Pi_3 = 0,29\%$, при $\rho_{\text{соли}} = 1110$ — $\Pi_3 = 0,55\%$ [7]. Данные значения соответствуют требованиям работы специальных зерноочистительных машин при очистке зерна продовольственного назначения, при котором содержание полноценного зерна в отходах не должно превышать 0,5%. При получении семенного зерна потери Π_3 зерна в отходы не должны превышать 3,0%. Поэтому можно использовать более насыщенный раствор соли, так при $\rho_{\text{соли}} = 1139 \text{ кг/м}^3$ значение Π_3 составляет 3,0%.

Полученные результаты показывают хорошую возможность применения «мокрого» способа отделения склеротичной спорыньи от зерна ржи. Поэтому с практической стороны для эффективного разделения зерен озимой ржи и склеротичной спорыньи с минимальными потерями зерна в отходы раствор соли должен быть приготовлен с плотностью 1090...1110 кг/м^3 , что подтверждается предварительно проведенными экспериментами.

Выводы

Таким образом, исходя из пределов варьирования плотности зерна озимой ржи сорта Фаленская 4 и склеротичной спорыньи

выбор плотности раствора соли с целью разделения данных материалов определяется нижней границей плотности зерна озимой ржи для исключения его потерь в отходы и верхней границей плотности склеротичной спорыньи для гарантированного всплывания их на поверхность раствора. Для эффективного разделения зерен озимой ржи сорта Фаленская 4 от склеротичной спорыньи раствор соли должен быть приготовлен с плотностью 1090...1110 кг/м^3 .

Список литературы

1. Бурков А.И. Разработка и совершенствование пневмосистем зерноочистительных машин / А.И. Бурков. — Киров: ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока», 2016. — 380 с.
2. Щеклеина Л.М. Вредоносность спорыньи на посевах озимой ржи в условиях Кировской области / Л.М. Щеклеина // Методы и технологии в селекции растений: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. — Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2014. — С. 110–113.
3. Щеклеина Л.М. Характер цветения сортов озимой ржи различного эколого-географического происхождения / Л.М. Щеклеина // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: Школа молодых ученых по эколого-генетическим основам Северного растениеводства в рамках Международной научно-практической конференции. — Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2015. — С. 286–289.
4. Дринча В.М. Применение и функциональные возможности пневмосортировальных столов / В.М. Дринча, И.Б. Борисенко // Научно-агрономический журнал. — 2008. — № 2 (83). — С. 33–36.
5. Павловский Г.Т. Очистка, сушка и активное вентилирование зерна. — 2-е изд., исправ. и доп. / Г.Т. Павловский, С.Д. Птицын. — М.: Высшая школа, 1972. — 256 с.

6. Зайдель А.Н. Ошибки измерений физических величин: учебное пособие. – 3-е изд., стер. / А.Н. Зайдель. – М.: Лань, 2009. – 112 с.

7. Корнелл П. Анализ данных в Excel. Просто как дважды два / П. Корнелл; пер. с англ. – М.: Эксмо, 2007. – 224 с.

8. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для прикладного бакалавриата. – 12-е изд. / В.Е. Гмурман. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 479 с.

References

1. Burkov A.I. Razrabotka i sovershenstvovanie pnevmosistem zernoochistitelnyh mashin / A.I. Burkov. Kirov: FGBNU «NIISH Severo-Vostoka», 2016. 380 p.

2. Shhekleina L.M. Vredonosnost sporyni na posevah ozimoy rzhi v usloviyah Kirovskoj oblasti / L.M. Shhekleina // Metody i tehnologii v selekcii rastenij: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Kirov: NIISH Sever-Vostoka, 2014. pp. 110–113.

3. Shhekleina L.M. Karakter cvetenija sortov ozimoy rzhi razlichnogo jekologo-geograficheskogo proishozhdenija / L.M. Shhekleina // Metody i tehnologii v selekcii rastenij i rastenievodstve: Shkola molodyh uchenykh po jekologo-geneticheskim osnovam Severnogo rastenievodstva v ramkah Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Kirov: NIISH Sever-Vostoka, 2015. pp. 286–289.

4. Drincha V.M. Primenenie i funkcionalnye vozmozhnosti pnevmosortirovalnyh stolov / V.M. Drincha, I.B. Borisenko // Nauchno-agronomicheskij zhurnal. 2008. no. 2 (83). pp. 33–36.

5. Pavlovskij G.T. Ochistka, sushka i aktivnoe ventilirovanie zerna. 2-e izd., isprav. i dop. / G.T. Pavlovskij, S.D. Ptitsyn. M.: Vysshaja shkola, 1972. 256 p.

6. Zajdel A.N. Oshibki izmerenij fizicheskikh velichin: uchebnoe posobie. 3-e izd., ster. / A.N. Zajdel. M.: Lan, 2009. 112 p.

7. Kornell P. Analiz dannykh v Excel. Prosto kak dvazhdy dva / P. Kornell; per. s angl. M.: Jeksmo, 2007. 224 p.

8. Gmurman V.E. Teorija verojatnostej i matematicheskaja statistika: uchebnik dlja prikladnogo bakalavriata. 12-e izd. / V.E. Gmurman. M.: Izdatelstvo Jurajt, 2015. 479 p.

УДК 556:53(282.25):543.3

НАКОПЛЕНИЕ СВИНЦА В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ ИРТЫШ**Алимова Г.С., Дударева И.А., Токарева А.Ю., Земцова Е.С.***ФГБУН Тобольская комплексная научная станция Уральского отделения Российской академии наук (ТКНС УрО РАН), Тобольск, e-mail: gulsem76@mail.ru*

Исследовано накопление свинца в донных отложениях нижнего течения р. Иртыш. На основе атомно-эмиссионного анализа получены данные о концентрации валовой формы свинца в воде и донных отложениях на отрезке реки от села Абалак Тобольского района до села Горнослинкино Уватского района Тюменской области. Общая протяженность исследуемого отрезка реки составила 163 км. Концентрация растворенного свинца составила 4...9 мкг/дм³. Выявлено превышение предельно допустимой концентрации свинца в воде в 1,2 раза в районе села Абалак и деревни Бизино Тобольского района, в 1,1 раза – в районе деревень Медведчиково и Бронниково Тобольского района. Проведена геохимическая оценка накопления свинца в донных отложениях нижнего течения р. Иртыш на основе сравнения полученных данных с фоновым значением с применением показателя накопления. Изучение гранулометрического состава донных отложений, как одного из факторов адсорбции химических элементов, позволило выявить преобладание глинистых и илстых частиц в донных отложениях по левому берегу и магистральному руслу реки, по правому берегу – песчаных частиц. Наибольшее значение показателя накопления свинца, до 536%, обнаружено в донных отложениях вдоль левого берега и магистрального русла реки, представляющих собой песчанистые суглинки, суглинки и суглинки илстые и содержащие 0,17...0,66% органического вещества. Отсутствие превышения фона и минимальное значение показателя накопления элемента до 17% выявлено в донных отложениях реки вдоль правого берега реки, являющихся в основном песками с концентрацией органического вещества до 0,18% по медиане значений.

Ключевые слова: нижнее течение р. Иртыш, вода, донные отложения, гранулометрический состав, свинец, показатель накопления

ACCUMULATION OF LEAD IN THE LOWER REACHES OF THE IRTYSH RIVER**Alimova G.S., Dudareva I.A., Tokareva A.Yu., Zemtsova E.S.***Tobolsk complex scientific station of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (TCSS UB RAS), Tobolsk, e-mail: gulsem76@mail.ru*

It's investigated the accumulation of lead in the sediments of the lower reaches of the river Irtysh. On the basis of atomic emission analysis of the obtained data on the concentrations of the gross forms of lead in water and sediments on the stretch of the river from the village of Abalak of Tobolsk district to the village Gornoslinskino of Uvat district of the Tyumen region. The total length of the studied stretch of the river was 163 km. The concentration of dissolved lead was 4 ... 9 µg/dm³. Revealed excess of maximum permissible concentration of lead in water of 1,2 times in the village of Abalak and in the village Bizino of Tobolsk district, 1.1 times – in the area of villages Medvedchikova and Bronnikovo of Tobolsk district. Geochemical evaluation of accumulation of lead in sediments of the lower reaches of the river Irtysh on the basis of comparison of obtained data with a background value by applying the index of accumulation. The study of granulometric composition of sediments as a factor of the adsorption of the chemical elements revealed a predominance of clay and silt particles in sediments on the left bank and main channel of the river, on the right bank – sand particles. The highest value of the index of accumulation of lead up to 536% found in the sediments along the left bank and main channel of the river, which is a sandy loam, loam and silty loam and containing ... 0,17 and 0,66% organic matter. No exceedance of background and the minimum value of the index of the accumulation of element to the 17% identified in the sediments of the river along the right bank of the river, which is mostly sand with a concentration of organic matter to 0,18% for the median values.

Keywords: lower reaches of Irtysh river, water, sediment, granulometric composition, the lead, the index of accumulation

Соединения свинца относят к токсичным соединениям для живых организмов [1]. Накопление свинца в воде и донных отложениях (ДО) реки зависит от многих факторов: гранулометрического состава ДО, концентрации органического вещества, pH, наличия аморфных гидроксидов алюминия и железа и т.д. [2]. Источники загрязнения свинца в нижнем течении р. Иртыш могут иметь как трансграничный, так и локальный характер. Основным источником появления соединений свинца в поверхностных водах

реки могут быть сточные воды металлургических предприятий и химических производств, расположенных на территории среднего и верхнего течения р. Иртыш (Омская область, Казахстан). Локальными объектами поступления загрязняющих веществ, в том числе и свинца, в р. Иртыш на исследуемом участке могут быть зоны отстоя и ремонта судов речного флота, выпуски канализационно-очистной станции (КОС) г. Тобольска, очистные сооружения ЗАО «СИБУР», стоки Тобольской ТЭЦ, несанкционированные свалки мусора [3].

Значимость водной экосистемы нижнего течения р. Иртыш обусловлена активной хозяйственной деятельностью человека на данной территории (нефтехимические производства, добыча нефти и газа и др.). Также здесь расположена крупная Горнослиннинская зимовальная яма, которую относят к категории особо важных биотопов Иртышского бассейна, играющих особую роль на путях миграции ценных видов рыб (осетра, стерляди, нельмы, муксуна). В таких биотопах происходит развитие молоди, откорм и зимовка массового скопления рыб [4, 5]. Цель работы – провести геохимическую оценку накопления свинца в донных отложениях исследуемого отрезка реки Иртыш в нижнем течении на основе сравнения полученных данных с фоновым значением с применением показателя накопления.

Материалы и методы исследования

Отбор образцов проб воды и ДО в нижнем течении р. Иртыш проведен в семи станциях – на участке от села Абалак Тобольского района до села Горнослинкино Уватского района Тюменской области в 2015 г. (рис. 1). Длина реки Иртыш в пределах рассматриваемой территории составила 163 км [6]. Отбор ДО выполнен в период весенне-летнего половодья (май – сентябрь) 2015 г. из верхнего слоя донных отложений до глубины 10 см с помощью специального пробоотборника с площадью сечения 36 см² [6]. На каждой станции производили девять выемок грунта – не менее трех с магистрального русла (М.Р.), левого (Л.Б.) и правого (П.Б.) берегов. Определение валового содержания свинца проведено атомно-эмиссионным методом на спектрометре ОРТИМА-7000 DV по ПНД Ф 14.1:2.4.135-98 – в воде и по ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011 – в ДО. Содержание органического вещества в ДО определено по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова. Гранулометрический состав ДО исследован с помощью метода Рутковского, для классификации ДО использован треугольник Ферре [7]. Результаты анализов обрабатывали математически с помощью программы *Microsoft Excel* с вычислением среднего арифметического значения (его стандартного отклонения (SD)). Значение заданной доверительной вероятности $P = 0,05$. Для оценки загрязнения ДО использовался показатель накопления (ПН) свинца, характеризующий превышение содержания рассматриваемо-

го элемента по сравнению с его фоновым значением [8]:

$$\text{ПН} = \frac{C_i - C_\phi}{C_\phi} \cdot 100 \%,$$

где C_i – измеренная концентрация элемента в донных отложениях, мг/кг, а $C_\phi = 21,6$ мг/кг – фоновая концентрация элемента, определенная по данным специальных региональных исследований, мг/кг [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Среднее содержание свинца в воде на станциях 1 и 2 превышает предельно-допустимую концентрацию в 1,2 раза, на станциях 4 и 5 – в 1,1 раза, на станции 3 – находится на уровне ПДК, на станциях 6 и 7 – ниже ПДК (рис. 2).

В целом по исследуемому участку р. Иртыш концентрация растворенного свинца находится в пределах 4...9 мкг/дм³, что характерно для поверхностных вод со слабощелочной средой (рН, близкое 8,0), учитывая его миграцию в составе взвешенных частиц [1]. Следует отметить, что данный диапазон концентрации свинца в воде был выявлен и по результатам гидрохимического мониторинга, проведенного в 1994–1998 гг. в нижнем течении р. Иртыш [3]. Выявлено сопоставление содержания взвешенных форм с валовым содержанием свинца в поверхностном слое ДО водоемов [1]. Разными исследователями установлены статистически значимые корреляции между гранулометрическим составом и содержанием металлов в ДО [10, 11]. В период отбора проб ДО гранулометрический состав исследуемого участка нижнего течения р. Иртыш характеризуется по левому берегу в основном песчанистыми суглинками – 42,9%, суглинками илистыми – 23,8%, суглинистыми песками – 19% и песками – 14,3%; по магистральному руслу: песчанистыми суглинками, суглинками – 42,9%, песками – 28,6%, суглинистыми песками – 19% и суглинками илистыми – 9,5%; по правому берегу: песками – 38,1%, песчанистыми суглинками, суглинками – 28,6%, суглинистыми песками – 23,8% и суглинками илистыми – 9,5% (табл. 1, 2). Таким образом, в гранулометрическом составе ДО по левому берегу и магистральному руслу реки преобладают глинистые и илистые частицы с размером менее 0,005 мм, а по правому берегу – песчаные частицы, размером более 0,25 мм, как и в предыдущие годы исследования [6].

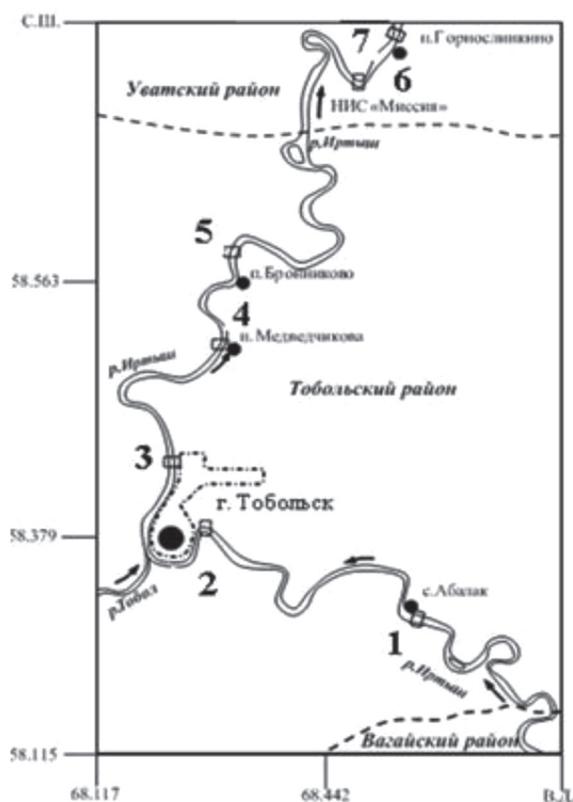


Рис. 1. Схема-карта района исследований (масштаб 1:500000)
 - - - границы муниципальных районов; - - - границы г. Тобольска;
 ● населенные пункты; ← направление течения реки; (1-7) – станции отбора проб воды и донных отложений: 1 – село Абалак, Тобольский район; 2 – деревня Бизино, Тобольский район; 3 – г. Тобольск, Речной порт; 4 – деревня Медведчикова, Тобольский район; 5 – деревня Бронниково, Тобольский район; 6 – Научно-исследовательский стационар «Миссия» ТКНС УрО РАН, Уватский район; 7 – село Горнослинкино, Уватский район [6]

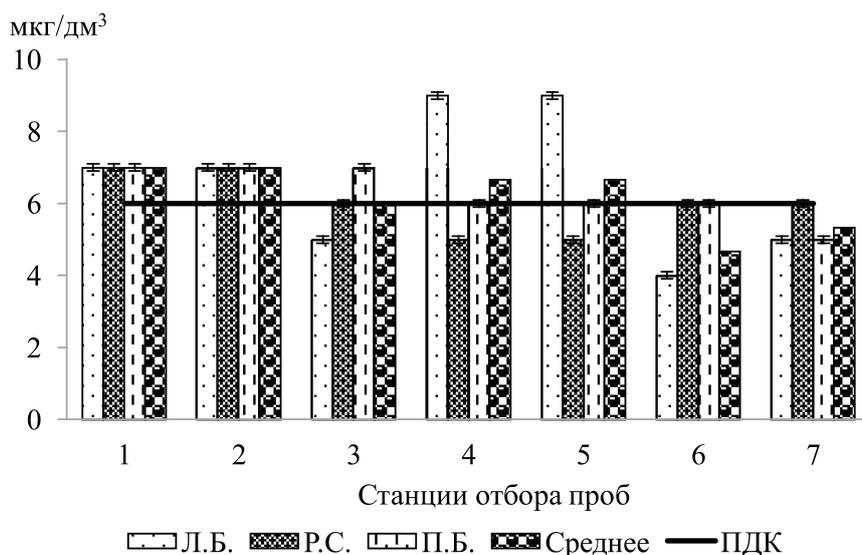


Рис. 2. Содержание Pb в поверхностных водах исследуемого участка нижнего течения р. Иртыш

Таблица 1

Гранулометрический состав ДО исследуемого участка нижнего течения р. Иртыш (ПС – песчанистый суглинок, П – песок, СИ – суглинок илистый, суглинок; СП – суглинистый песок)

№ створа	Период отбора	Правый берег	Магистральное русло	Левый берег	№ створа	Правый берег	Магистральное русло	Левый берег
1	Весенний	ПС	ПС	ПС	5	С	ПС	ПС
	Летний	СП	ПС	ПС		СП	СП	СП
	Осенний	П	П	СИ		П	СП	ПС
2	Весенний	С	СИ	СИ	6	ПС	С	СП
	Летний	СП	ПС	ПС		СП	ПС	ПС
	Осенний	П	П	СИ		СИ	П	П
3	Весенний	П	П	ПС	7	С	ПС	СИ
	Летний	П	ПС	ПС		СП	ПС	ПС
	Осенний	П	СП	СИ		П	СИ	ПС
4	Весенний	П	П	П				
	Летний	СИ	П	СП				
	Осенний	ПС	СП	СП				

Таблица 2

Физико-химические показатели ДО нижнего течения р. Иртыш в зависимости от гранулометрического состава (медиана, в скобках – минимум и максимум значений)

Физико-химические показатели ДО нижнего течения р. Иртыш	Песок	Суглинистый песок	Песчанистый суглинок, суглинок	Суглинок илистый
Фракция песчаных частиц (0,25 ÷ 2 мм), %	95,0 (90–100)	80,0 (72,5–85,0)	62,5 (55–65)	37,5 (27,5–45,0)
Фракция глинистых частиц (менее 0,005 мм), %	2,3 (0,0–4,5)	4,5 (3,4–9,1)	6,8 (6,8–9,7)	9,1 (6,8–12,5)
Фракция илистых частиц (0,005 ÷ 0,25 мм), %	1,6 (0,0–7,7)	15,5 (10,5–21,6)	29,5 (26,5–37,8)	52,5 (44,8–63,4)
Органический углерод, %	0,18 (0,00–0,42)	0,20 (0,06–0,98)	0,38 (0,17–0,56)	0,46 (0,10–0,66)

По данным [2] глинистые частицы в ДО являются субстратами для более активных адсорбентов, например, органических соединений. Концентрация органического углерода в пробах ДО увеличивается с повышением процентного содержания фракции глинистых и илистых частиц (табл. 2). Максимальное содержание органического углерода наблюдается в суглинках илистых – до 0,66%, далее в песчанистых суглинках и суглинках – до 0,56%, а в песках – 0,18% по медиане значений. Валовое содержание свинца и его показатель накопления (ПН) в ДО на разных участках нижнего течения р. Иртыш приведены в табл. 3.

Наибольшие показатели накопления свинца выявлены в пробах ДО по левому берегу и магистральному руслу, представляющие собой как раз в основном суглинки илистые, песчанистые суглинки

и суглинки – от 164 до 536% (табл. 1 и 3). В данных образцах проб ДО по левому берегу в осенний период ПН свинца достигает 406% на станции 1 и свыше 500% на станции 7. Весной ПН по левому берегу и руслу варьирует от 230 до 373%, летом – от 116 до 181%. В пробах ДО – песках, характерных для ДО вдоль правого берега реки, адсорбция свинца практически отсутствует, так как превышение фона не наблюдается. В суглинистых песках ПН изменяется от 1 до 63%.

Выводы

Одним из основных факторов, влияющих на пространственное распределение свинца в ДО нижнего течения р. Иртыш, является гранулометрический состав исследуемых образцов. Концентрация растворенного свинца составила 4...9 мкг/дм³.

Таблица 3

Валовое содержание ($\bar{X} \pm SD$, $n = 3$, $P = 0,05$, мг/кг) и ПН (%) Pb в ДО нижнего течения р. Иртыш: левого берега (ЛБ), магистрального русла (МР) и правого берега (ПБ) (прочерк – отсутствие превышения фона)

Створы отбора проб	Точка отбора	Сезон отбора проб					
		Весна		Лето		Осень	
		$\bar{X} \pm SD$	ПН	$\bar{X} \pm SD$	ПН	$\bar{X} \pm SD$	ПН
1	Л.Б.	71,2 ± 0,4	230	60,7 ± 0,3	181	109 ± 1	406
	М.Р.	70,8 ± 0,5	228	49,4 ± 0,3	129	15,4 ± 0	–
	П.Б.	35,3 ± 0,2	63	56,3 ± 0,1	161	13,4 ± 0	–
2	Л.Б.	99,8 ± 1,1	362	41,0 ± 0,3	90	85,1 ± 0,2	294
	М.Р.	80,8 ± 0,3	274	60,2 ± 0,2	179	19,6 ± 0,1	–
	П.Б.	37,4 ± 0,3	73	39,7 ± 0,1	84	23,0 ± 0,1	6
3	Л.Б.	66,9 ± 0,1	210	46,6 ± 0,1	116	80,2 ± 0,5	271
	М.Р.	10,3 ± 0,1	–	77,4 ± 0,1	258	96,2 ± 0,9	345
	П.Б.	17,7 ± 0	–	12,5 ± 0	–	17,5 ± 0,1	–
4	Л.Б.	25,2 ± 0	17	28,7 ± 0,2	33	30,3 ± 0,1	40
	М.Р.	25,2 ± 0,3	17	19,3 ± 0,1	–	40,8 ± 0,1	89
	П.Б.	56,0 ± 0,3	159	57,1 ± 0,2	164	48,8 ± 0,4	126
5	Л.Б.	68,0 ± 0	215	33,4 ± 0	55	49,1 ± 0,3	127
	М.Р.	86,9 ± 0,4	302	34,6 ± 0,3	60	23,9 ± 0,4	11
	П.Б.	58,0 ± 0,2	169	67,3 ± 0,3	212	11,0 ± 0,1	–
6	Л.Б.	21,8 ± 0,1	1	23,3 ± 0,1	8	7,4 ± 0	–
	М.Р.	85,0 ± 0,5	294	59,6 ± 0,3	176	12,9 ± 0	–
	П.Б.	19,9 ± 0	–	35,3 ± 0,1	63	62,8 ± 0,8	191
7	Л.Б.	102,2 ± 0,6	373	15,2 ± 0,1	–	137,7 ± 0,5	536
	М.Р.	79,0 ± 0,6	266	58,0 ± 0,3	169	135,7 ± 3,1	528
	П.Б.	64,1 ± 0,2	197	40,5 ± 0,4	88	10,2 ± 0,1	–

Наибольшее значение ПН свинца, до 536%, обнаружено в донных отложениях вдоль левого берега и магистрального русла реки, представляющих собой песчаные суглинки, суглинки и суглинки илистые и содержащие 0,17...0,66% органического вещества. Отсутствие превышения фона и минимальное значение ПН элемента в пределах 17% выявлено в донных отложениях реки вдоль правого берега, являющихся в основном песками с концентрацией органического вещества до 0,18% по медиане значений.

Статья подготовлена при финансовой поддержке ФАНО России в рамках темы ФНИ № 0408-2014-0019 «Миграционные процессы радионуклидов и химических поллютантов в экосистеме водоемов Обь-Иртышского бассейна».

Список литературы

1. Миграция и аккумуляция свинца в водной экосистеме Кузальницкого Лимана / Г.Н. Шихалева [и др.] // Вестник. – 2009. – Т. 14. – Вып. 11. – С. 79–88.
2. Шавнин А.А., Паничев С.А. Теоретические основы распределения микроэлементов в системах «Вода – дон-

ные отложения» фоновых озер Западной Сибири: моногр. / А.А. Шавнин, С.А. Паничев. – Ишим: Изд-во ИПИ им. П.П. Ершова (филиал) ТюмГУ, 2016. – 132 с.

3. Михайлова Л.В., Чемагин А.А., Медведева И.Н. Ретроспективный анализ и современное состояние гидрохимического режима р. Иртыш в нижнем течении / Л.В. Михайлова, А.А. Чемагин, И.Н. Медведева // Вестник рыбохозяйственной науки. – 2015. – Т. 2, № 2 (6). – С. 60–75.

4. Павлов Д.С., Мочек А.Д. Биологическое значение русловых ям в связи со стратегией сохранения рыбных ресурсов Обь-Иртышского бассейна // Экология рыб Обь-Иртышского бассейна: монография [под ред. Д.С. Павлова, А.Д. Мочека]. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – С. 370–376.

5. Алимова Г.С., Дударева И.А. Гидрохимия Горнослинкинской зимовальной русловой ямы и пойменных водоемов в нижнем течении р. Иртыш / Г.С. Алимова, И.А. Дударева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 12–6. – С. 977–982.

6. Алимова Г.С., Земцова Е.С., Токарева А.Ю. Применение экогеологических критериев при оценке химического загрязнения донных отложений Нижнего Иртыша / Г.С. Алимова, Е.С. Земцова, А.Ю. Токарева // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 5. – С. 94–98.

7. Фурсов В.В. Определение гранулометрического состава грунтов (методические указания) / В.В. Фурсов, М.В. Балюра. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2007. – 21 с.

8. Концентрации тяжелых металлов в донных отложениях Верхней Волги / Косов В.И. [и др.] // Водные ресурсы. – 2001. – Т. 28, № 4. – С. 448–453.

9. Чемагин А.А. Современное экологическое состояние реки Иртыш в нижнем течении: дис.... канд. биол. наук. – Тюмень, 2015. – 231 с.

10. Современная характеристика донных отложений Азовского моря по степени загрязненности комплексом наиболее опасных токсикантов / А.А. Кленкин [и др.] // Водные ресурсы. – 2008. – Т. 35, № 1. – С. 88–92.

11. Лукьянов С.А., Лебедев А.А., Шварцман Ю.Г. Гранулометрический состав донных отложений и его распределение в устьевой зоне р. Северной Двины / С.А. Лукьянов, А.А. Лебедев, Ю.Г. Шварцман // Arctic Environmental Research. – 2011. – № 2. – С. 12–19.

References

1. Migracija i akumuljacija svinca v vodnoj jekosisteme Kujalnickogo Limana / G.N. Shihaleeva [i dr.] // Bestnik. 2009. T. 14. Vyp. 11. pp. 79–88.

2. Shavnin A.A., Panichev S.A. Teoreticheskie osnovy raspredelenija mikrojelementov v sistemah «Voda – donnye otlozhenija» fonovyh ozer Zapadnoj Sibiri: monogr. / A.A. Shavnin, S.A. Panichev. Ishim: Izd-vo IPI im. P.P. Ershova (filial) TjumGU, 2016. 132 p.

3. Mihajlova L.V., Chemagin A.A., Medvedeva I.N. Retrospektivnyj analiz i sovremennoe sostojanie gidrohimicheskogo rezhima r. Irtysh v nizhnem techenii / L.V. Mihajlova, A.A. Chemagin, I.N. Medvedeva // Vestnik rybohozjajstvennoj nauki. 2015. T. 2, no. 2 (6). pp. 60–75.

4. Pavlov D.S., Mochev A.D. Biologicheskoe znachenie ruslovyh jam v svjazi so strategiej sohraneniya rybnyh resursov Ob-Irtyshskogo bassejna // Jekologija ryb Ob-Irtyshskogo

bassejna: monografija [pod red. D.S. Pavlova, A.D. Mochevka]. M.: Tovarishhestvo nauchnyh izdanij KMK, 2006. pp. 370–376.

5. Alimova G.S., Dudareva I.A. Gidrohimiya Gornoslinskoy zimovalnoj ruslovoj jamy i pojmyennyh vodoemov v nizhnem techenii r. Irtysh / G.S. Alimova, I.A. Dudareva // Mezh-dunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2016. no. 12–6. pp. 977–982.

6. Alimova G.S., Zemcova E.S., Tokareva A.Ju. Primenenie jekogeologicheskikh kriteriev pri ocenke himicheskogo zagrjaznenija donnyh otlozhenij Nizhnego Irtysha / G.S. Alimova, E.S. Zemcova, A.Ju. Tokareva // Uspehi sovremennoego estestvoznaniya. 2016. no. 5. pp. 94–98.

7. Fursov V.V. Opredelenie granulometricheskogo sostava gruntov (metodicheskie ukazaniya) / V.V. Fursov, M.V. Baljura. Tomsk: Izd-vo Tom. gos. arhit.-stroit. un-ta, 2007. 21 p.

8. Koncentracii tjazhelyh metallov v donnyh otlozhenijah Verhnej Volgi / Kosov V.I. [i dr.] // Vodnye resursy. 2001. T. 28, no. 4. pp. 448–453.

9. Chemagin A.A. Sovremennoe jekologicheskoe sostojanie reki Irtysh v nizhnem techenii: dis.... kand. biol. nauk. Tjumen, 2015. 231 p.

10. Sovremennaja harakteristika donnyh otlozhenij Azovskogo morja po stepeni zagrjaznenosti kompleksom naibolee opasnyh toksikantov / A.A. Klenkin [i dr.] // Vodnye resursy. 2008. T. 35, no. 1. pp. 88–92.

11. Lukjanov S.A., Lebedev A.A., Shvarcman Ju.G. Granulometricheskij sostav donnyh otlozhenij i ego raspredelenie v ustevoj zone r. Severnoj Dviny / S.A. Lukjanov, A.A. Lebedev, Ju.G. Shvarcman // Arctic Environmental Research. 2011. no. 2. pp. 12–19.

УДК 502.2:908:911.2/.53

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАТЫРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ВМЕЩАЮЩИЙ ЛАНДШАФТ ОКСКО-ДОНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Аничкина Н.В.

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет
имени П.П. Семенова-Тян-Шанского», Липецк, e-mail: nina-viktorowna@mail.ru

В двадцать первом веке одним из важнейших критериев, определяющих качество жизни является состояние природных вод. Именно вода является лимитирующим фактором для развития промышленности, сельского хозяйства и роста населения. В статье рассматриваются трансформация водных экосистем и экологические последствия постройки водохранилища на реке Матыре Окско-Донской низменности. Целью работы было изучение экологического состояния Матырского водохранилища и его влияния на ландшафты прилегающей территории. Для изучения экологического состояния поверхностных вод и прибрежных ландшафтов изучаемой территории были разработаны маршруты полевых исследований, согласно общепринятым методикам проведены краеведческие и ландшафтные исследования, сделаны запросы в природоохранные организации, изучены методы отбора проб и проведения лабораторных исследований. В начале двадцать первого века экологическое состояние водохранилища было неблагоприятным. На мелководьях, которые составляли около сорока процентов поверхности водохранилища, бурно развивалась водная растительность, отмирающая в конце сезона. Это было первоосновой неблагоприятного экологического состояния Матырского водохранилища. В жаркие летние дни вода в водохранилище начинала цвести и из-за нехватки кислорода массово гибла рыба. Полностью исчезли традиционные для Матыры виды рыб сом, налим, голавль. После проведения мероприятий: замыв мелководий, реабилитация водоема методом альгоценоза, выпуск мальков рыб, ремонт гидротехнических сооружений произошло оздоровление водохранилища. Проведённые нами лабораторные исследования показали, что воду Матырского водохранилища можно использовать для нужд населения, а также для развития рыбохозяйственной деятельности. В процессе работы мы пришли к выводу, что использование ресурсов небольших рек для создания на их основе антропогенных форм водного ландшафта увеличивает общую устойчивость антропогенного ландшафта в целом и оказывает положительное влияние на динамику развития территории прилегающих к ним городов.

Ключевые слова: река, приток, водохранилище, гидротехническое сооружение, ландшафт, метод альгоценоза

ECOLOGICAL STATUS OF MATYRSKY WATER RESERVOIR AND ITS IMPACT ON THE INLAND LANDSCAPES OF THE OKA-DON LOWLAND

Anichkina N.V.

Lipetsk State Pedagogical P. Semenov-Tyan-Shansky University, Lipetsk, e-mail: nina-viktorowna@mail.ru

In the twenty-first century, one of the most important criteria determining the quality of life is the state of natural waters. It is water that is the limiting factor for the development of industry, agriculture and population growth. The article deals with the transformation of aquatic ecosystems and the ecological consequences of construction of the reservoir on a small river of Oka-Don lowland. The aim of the work is to study the ecological state of Matyrsky reservoir and its impact on landscapes of the surrounding area. To study the ecological status of surface waters and coastal landscapes field studies have been developed in accordance with generally accepted methods that included local history and landscape studies, requests to the environmental organizations, laboratory testing of water samples. In shallow waters, which made up about forty percent of the surface of the reservoir, the water vegetation that was dying at the end of the season was booming. This was the primary basis for the unfavorable ecological state of the Matyr reservoir. On hot summer days, the water in the reservoir started to bloom and because of the lack of oxygen, the fish died massively. Completely disappeared traditional for Matyra species of fish catfish, burbot, chub. After the events: washing of shallow water, rehabilitation of the reservoir by the method of algalocenos, release of fish fry, repair of hydraulic structures, the reservoir. Laboratory studies have shown that the water of Matyrsky reservoir can be used for the needs of the population, as well as for the development of fisheries. It is concluded that the use of small rivers to create on their basis man-made forms of landscapes increase the overall stability of the human landscape as a whole and has a positive impact on the dynamics of development of the surrounding towns.

Keywords: river, water reservoir, hydraulic structure, landscape, inflow, method of algalocosis

В двадцать первом веке одним из важнейших критериев, определяющих качество жизни, является состояние природных вод. Именно вода является лимитирующим фактором для развития промышленности, сельского хозяйства и роста населения. Но водные экосистемы претерпевают трансформацию в результате антропогенного воздействия, что не всегда положительно сказывается на качестве природных вод. Особенно быстро и с далеко идущими последствиями меняет облик природных ланд-

шафтов постройка водохранилищ. И парадокс в том, что человек, запустив процессы ухудшающие качество природных вод, начинает страдать от нехватки качественных водных ресурсов. Вода – наиболее подвижная часть геосистем. По её качественному составу мы можем в целом делать выводы о благополучии той или иной территории. С физико-географической точки зрения Липецкая область занимает весьма интересное положение. Часть ее лежит на Среднерусской возвышенности, а часть на Окско-Дон-

ской низменности. Большая часть ее водосборного бассейна относится к бассейну реки Дон. Самое крупное водохранилище области построено на реке Матыре, которая дренирует староосвоенные территории Окско-Донской низменности с развитым сельским хозяйством и крупнейшими промышленными предприятиями [1]. Цель нашей работы – изучить экологическое состояние Матырского водохранилища и его влияние на ландшафты прилегающей территории.

Материалы и методы исследования

Для изучения экологического состояния поверхностных вод и прибрежных ландшафтов изучаемой территории были разработаны маршруты полевых исследований, по общепринятым методикам проведены краеведческие и ландшафтные исследования [2], сделаны запросы в природоохранные организации, изучены методы отбора проб и проведения лабораторных исследований. Химический анализ воды проводился с целью определения качества и пригодности ее применения в пищевых и хозяйственно-бытовых процессах.

Результаты исследования и их обсуждение

Липецкая область создана в пятидесятые годы двадцатого века. На роль центра создаваемой области по всем показателям больше подходил древний город Елец, расположенный на берегах Быстрой Сосны, но решили, что расширение производства на Новолипецком металлургическом заводе будет способствовать росту населения небольшого города Липецка. Официальная версия о решении строительства водохранилища в устье реки Матыры (приток второго порядка реки Дон) гласит, что при том уровне развития технологии опасались возможного дефицита забора воды для промышленного производства из реки Воронеж. В пользу этого решения было то, что все реки области относятся к типу рек со смешанным, преимущественно снеговым питанием, на долю которого приходится около 55–60% годового стока. Главной особенностью рек области является сезонность стока, резко выраженное весеннее половодье, сравнительно низкая летняя межень. Но есть и другая, неофициальная точка зрения на это строительство. Не все топонимисты признают, что этимология «Матыра» от тюркского «матурлык» – красивая. Также некоторые историки высказывают мнение, что Матыра упоминается в древнеиндийском эпосе Махабхарата (3150 г. до н. э.) и легендарный город Махтура стоял именно в устье реки

Матыры; и постройка водохранилища нужна была только для того, чтобы скрыть окончательно его следы. В пользу этого мнения приводят довод, что металлургический комбинат забирал крайне мало воды для своих нужд из построенного водохранилища. Как было на самом деле, решать историкам. Несомненно одно, что данная территория привлекала людей на всех исторических этапах развития. В своих исследованиях мы можем опираться на материалы раскопок Верхне-Донской археологической экспедиции, которая работала в течение пяти лет (с 1964 г.) в долине реки Матыры. Полученные материалы хранятся в Липецком краеведческом музее. В течение этого времени было изучено несколько памятников поймы Матыры. Изучение этих стоянок позволило проследить смену культур эпохи неолита в зоне лесостепи, [3] а также позволяет нам в какой-то мере восстановить особенности ландшафтов того периода. В урочище «Перемоище» (расположенное примерно там же, где должен находиться и город Махтура), нашли славянское поселение «городского типа» XI–XIII веков с остатками жилищ, металлургического и металлообрабатывающего производства. Считается, что первые славяне появились здесь около X века, но активное освоение земель началось со второй половины XII века. Матыра становится границей славян со степными кочевыми народами – половцами, а затем татарами. В пользу этого утверждения говорит подмеченный археологами факт, что при раскопках на правом берегу Матыры чаще встречаются предметы земледелия, а на левом – военное оружие.

Длина Матыры всего 180 км, площадь бассейна 5180 км², левый приток реки Воронеж (устье напротив завода «Свободный Сокол») [4]. В 1957 г. была начата административная подготовка к строительству. Селитебный ландшафт, складывающийся на данной территории столетиями, подлежал уничтожению. Сельские населённые пункты расселялись, чтобы освободить территорию для затопления. В 1963 г. утверждён проект чаши; в 1969 г. утверждены проекты строительства дамбы и жилых домов зоны; в 1970 г. было начато возведение дамбы длиной 10 км; в 1976 г. строительство завершилось установкой гидроузла в полутора километрах от устья Матыры. После дамбы неширокая река вновь течёт по заболоченной территории. Размеры плотины после постройки: длина 9,77 км, ширина в основании 88 м, по гребню 10 м, наибольшая высота 11,5 м, максимальный напор 10 м.

Качество воды Матырского водохранилища

№ п/п	Ингредиент	Содержание	Единица измерения	Норматив
1	Запах при 20 °С	1	балл	ГОСТ не более 2
2	Запах при 60 °С	1	балл	ГОСТ не более 2
3	Цветность	10–30	градус	ГОСТ не более 20
4	Мутность	1,2	мг/дм	ГОСТ не более 1,5
5	рН	7,5	–	ГОСТ от 6 до 9
6	Окисляемость	3,4	мг/дм ³	МУ не более 10
7	Аммиак	0,9	мг/дм ³	СП не более 2
8	Нитриты СП	2,8	мг/дм ³	СП не более 3,3
9	Нитраты ПДК	28	мг/дм ³	ПДК не более 45
10	Жесткость воды	7,5	ммоль	ГОСТ не более 7
11	Сухой остаток	290	мг/дм ³	ГОСТ не более 1000
12	Хлориды	19	мг/дм ³	ГОСТ не более 350
13	Сульфаты	309	мг/дм ³	ГОСТ не более 500
14	Железо	0,28	мг/дм ³	ГОСТ не более 0,3
15	Фтор	1,1	мг/дм ³	ГОСТ не более 1,5
16	Щелочность	5,3	мг/дм ³	не более 10
17	Кальций	58	мг/дм ³	СП не более 30–140
18	Магний	45	мг/дм ³	СП не более 10–85
19	Натрий	147	мг/дм ³	не более 200
20	Марганец	–	мг/дм ³	не более 0,1
21	Хлор остаточный	–	мг/дм ³	не более 0,3
22	Нефтепродукты	–	мг/дм ³	не более 0,1
23	Полифосфаты	0,3	мг/дм ³	не более 3,5
24	Кремний	5,0	мг/дм ³	не более 10
25	Сероводород СП	–	мг/дм ³	СП не более 0,003
26	Сероводород ПДК	–	мг/дм ³	ПДК не более 7

Примечание. – (не обнаружено).

В настоящее время Матырское водохранилище самый крупный водный объект в области. Координаты: 52°35'01.89" с.ш., 39°44'52.25" в.д. Длина 40 км, ширина 1,5 км, площадь водного зеркала 45 км², объем 0,144 км³, наибольшая глубина 13 м, средняя глубина 3,1 м. Площадь водосбора водохранилища 5050 км². Водосброс расположен у правого берега, состоит из 5 двенадцатиметровых пролетов с сегментными затворами. При нормальном подпорном уровне воды на отметке 109,0 м.абс. пропускная способность составляет 1400 м³/с, при форсированном проектном уровне на отметке 109,75 м.абс. 1670 м³/с. Постоянный сброс воды производится через 2 донных выпуска. Пропускная способность каждого по 7,0 м³/с. Согласно проекту, водохранилище предназначалось для промышленного водоснабжения Новолипецкого металлургического комбината, улучшения водоснабжения Липецкого промышленного узла, орошения прилегающих к водохранилищу сельскохозяйственных земель. Также проект предусматривал использование водохранилища под нагул товарной рыбы. Строительство

водохранилища резко нарушило складывающуюся веками экосистему и привело к ряду нежелательных последствий. В полной мере оправдался экологический закон о неполноте наших знаний о любой природной системе. Молодая экосистема начала жить и развиваться по своим, не учтенным человеком, правилам. В 1976 г. водохранилище заполнено до отметки 107,5 м.абс., в 1984 г. доведено до проектной отметки 109,0 м.абс. Это сразу же изменило экологическую ситуацию в городах Липецк, Грязи и расположенных рядом населенных пунктах, в них резко поднялся уровень грунтовых вод. Из-за этого стали страдать древесные насаждения. Часть районов оказалась в зоне подтопления. Пострадали и животные, находящиеся под охраной. Местные жители рассказывали, что выхухоли сидели «толпами» на берегах водохранилища, после того как места их обитания были затоплены. Они были так дезориентированы этим, что не убегали при приближении человека, и их брали руками и складывали в мешки. Постройка водохранилища резко изменила ландшафт и стала вызывать нежелательные

процессы. Так как водохранилище построено на плоском рельефе, то стало происходить заболачивание его берегов. Пришлось на полметра понизить уровень воды в водохранилище. После чего появились мелководья. Здесь стали усиленно размножаться водоросли, появились предпосылки к появлению малярийного комара. В настоящее время уровень воды поддерживается на отметках 108,0–108,5 м.абс. В начале 1990-х гг. ОАО «НЛМК» оформляет водохранилище в свою собственность. В конце 1990-х гг. на комбинате начинаются работы по модернизации системы оборотного водоснабжения. За 9 лет компании удалось сократить использование воды и снизить негативное воздействие от сброса сточных вод. Потребление речной воды снизилось на 66%, до 32,9 млн м³ в год. При этом НЛМК сократил объем производственных стоков на 79% до 13,2 млн м³ в год, а сброс загрязняющих веществ с промышленными стоками до 2,4 тыс. т/год (на 80%). Полностью модернизация системы оборотного водоснабжения комбината была завершена в 2009 г. НЛМК больше не нуждался в больших объемах воды после того, как изменил технологии. И металлургический комбинат через суды начинает процедуру возвращения водохранилища в федеральную собственность. В 2004 г. решением арбитражного суда собственник избавился от водохранилища. Плотины в тот момент находилась в аварийном состоянии. В её дренажных каналах поселились бобры, которые заваливали их деревьями. Сложившаяся ситуация требовала принятия какого-то решения, и в 2005 г. в области обсуждалась идея осушения водохранилища, но в результате всех прений было принято водохранилище сохранить. В 2007 г. начат капремонт всех гидротехнических сооружений Матырского водохранилища. Это был первый капремонт за весь период эксплуатации. В 2008 г. начался ремонт дамбы водохранилища. Полностью ремонтные работы были закончены осенью 2011 г. К 2009 г. зоны глубиной до 2 м составляли 28% площади водохранилища, что на 40% превышало СНиП. В этих зонах бурно развивалась водная растительность, отмирающая в конце сезона, что и являлось первоосновой неблагоприятного экологического состояния Матырского водохранилища. В жаркие летние дни вода в водохранилище начинала цвести и из-за нехватки кислорода массово гибла рыба. Полностью исчезли традиционные для Матеры виды: рыб сом, налим, голавль.

В 2009 г. с помощью землеснарядов начался замыв мелководий водохранилища. На первом этапе была намыта 500-метровая песчаная коса. Проектом было предусмотрено углубление дна на площади 41 га и создание песчаного пляжа длиной 1200 м. Одновременно начала проводиться реабилитация водоема методом альгоценоза. Метод основан на введении водоросли хлореллы, антагониста сине-зеленых водорослей и патогенной микрофлоры. Выпуск хлореллы в течение года проводится два раза в 6 местах: после паводка во второй декаде мая и в первой декаде августа. Метод дал хорошие результаты. Даже в условиях аномально высокой жары 2010 г. массового «цветения» воды водохранилища не было. Но экологическое состояние водохранилища нельзя назвать благополучным [5]. По заключению специалистов Липецкого отдела государственного контроля, надзора и охраны водных ресурсов, наличие большого количества эктопаразитов на жабрах и кожных покровах рыбы свидетельствует об общем неблагоприятном санитарном состоянии Матырского водохранилища. При проведении лабораторных исследований воды летом могут выявляться превышения по окраске, железу, ХПК, БПК, марганцу в пробах. В целом же результаты мониторинга качества воды показывают, что проведенные мероприятия после 2010 г. заметно улучшили гидрохимические показатели. Так, уровень растворенного кислорода повысился на 4,87%; БПК₅ улучшился на 95%; ХПК улучшился на 61,75%; содержание азота аммонийного снизилось на 142%; фосфаты снизились на 44%; кальций снизился на 56%; железо общее снизилось на 40%. До 2007–2008 гг. было характерно снижение содержания растворенного кислорода в конце августа – начале сентября. Проведенная альголизация в 2009 г. повысила уровень растворенного кислорода (в среднем на 1–1,5 мг/дм³) и поддерживает его в последующие годы на уровне 9–10 мг/дм³. Биохимическое потребление кислорода существенно уменьшилось с момента альголизации и достигает уровня ПДК. Уменьшилось количество взвешенных веществ в воде Матырского водохранилища, что сказалось на прозрачности воды. В результате индекс загрязнения воды улучшился по сравнению с 2008 г. на 40–50. Средний уровень ИЗВ позволяет отнести воду водохранилища к III классу качества. В рамках программы по реабилитации водохранилища было выпущено двадцать тонн, или 2000000 мальков толстолобика, чтобы увеличить рыбные запасы водохрани-

лища до 300 тонн. Толстолобик является рыбой-мелиоратором, живым биофильтром. Он очищает загрязненную воду, пропуская ее через жабры. Но для поддержания хорошего экологического состояния Матырского водохранилища рыбные запасы должны составлять не менее 1000 тонн. Поэтому так важно охранять места нереста. С 2008 г. в урочище «Хомут» стали организовывать блок-пост для защиты нерестующих рыб.

В марте 2016 г. нами отобраны пробы воды из Матырского водохранилища, средние результаты анализов по 26 показателям приведены в таблице.

При анализе таблицы можно сделать вывод о том, что ни один из показателей не превышает норму, а имеет среднее значение нормативных показателей, следовательно, воду Матырского водохранилища можно использовать для нужд населения, а также для развития рыбохозяйственной деятельности.

Выводы

Проведя комплексное исследование Матырского водохранилища, мы можем сделать следующие выводы. С момента постройки и до наших дней водохранилище в основном используется в рекреационных целях и для регулирования стока. Правый лесистый берег застроен базами отдыха, лагерями и санаториями. Так, самый большой из них санаторий «Парус» построен в восьмидесятые годы двадцатого века металлургическим комбинатом для своих работников. По обоим берегам водохранилища располагаются садоводческие товарищества. Матырское водохранилище – традиционное место проведения соревнований по рыбной ловле. Для промышленности в настоящее время вода Матырского водохранилища отбирается в небольшом объеме Липецкой ТЭЦ-2, где введен замкнутый цикл использования воды. Главная задача гидротехнических сооружений водохранилища – регулировать уровень воды в реке Воронеж во время паводков, сильных ливней, чтобы уменьшить подтопление Липецкого района, традиционно страдающего от паводков. Водоохранилище осуществляет сезонное регулирование стока [6]. Расчетные расходы воды в год 50% обеспеченности в створе плотины равны: максимальный весенний 1670 м³/с, максимальный дождевой 90 м³/с, среднемеженный 15 м³/с, минимальный среднемесячный 0,96 м³/с.

Наполнение водохранилища обычно производится на подъеме весеннего половодья. Матырское водохранилище сыграло, на наш взгляд ещё одну, до сих пор не оцененную роль. Есть мнение, что жизнеспособные города возникают в местах пересечения нескольких видов ландшафта и одним из составляющих должен быть водный ландшафт. Использование ресурсов небольших рек для создания на их основе антропогенных форм водного ландшафта увеличивает общую устойчивость антропогенного ландшафта в целом и оказывает положительное влияние на динамику развития территории прилегающих к ним городов. Дискуссии об экологических последствиях постройки водохранилищ на малых реках будут продолжаться ещё долго. Несомненно одно, их постройка меняет природную среду прилегающей территории, но при этом, как показывает опыт, экономические показатели и жизнеспособность городов, прилегающих к ним, резко возрастают.

Список литературы

1. Мишон В.М. Матырское водохранилище и его бассейн: водные ресурсы, использование и охрана / В.М. Мишон, В.Н. Двуреченский, Н.В. Пешкова. – Липецк: ГУП «ИГ» «Инфол», 2002. – 128 с.
2. Дроздов К.А. Крупномасштабные исследования равнинных ландшафтов / К.А. Дроздов. – Воронеж: ВГУ, 1986. – 198 с.
3. Аничкина Н.В. Трансформация территории центра Русской равнины в пространстве и времени под влиянием антропогенных и природных факторов // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 2. – С. 53–57.
4. Аничкина Н.В. Матырское водохранилище / Н.В. Аничкина // Вода России. – 2011. – № 9. – С. 4.
5. Доклад об использовании природных ресурсов и состоянии окружающей среды Липецкой области в 2007 г. / Управление экологии и природных ресурсов Липец. области. – Воронеж: Артефакт, 2008. – 198 с.
6. Состояние и охрана окружающей среды Липецкой области в 2014 году. – Липецк: Вода социум, 2015. – 235 с.

References

1. Mishon V.M. Matyrskoe vodohranilishhe i ego bassejn: vodnye resursy, ispolzovanie i ohrana / V.M. Mishon, V.N. Dvurechenskij, N.V. Peshkova. Lipeck: GUP «IG» «Infol», 2002. 128 p.
2. Drozdov K.A. Krupnomasshtabnye issledovaniya ravninyh landshaftov / K.A. Drozdov. Voronezh: VGU, 1986. 198 p.
3. Anichkina N.V. Transformacija territorii centra Russkoj ravniny v prostranstve i vremeni pod vlijaniem antropogennyh i prirodnyh faktorov // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2017. no. 2. pp. 53–57.
4. Anichkina N.V. Matyrskoe vodohranilishhe / N.V. Anichkina // Voda Rossii. 2011. no. 9. pp. 4.
5. Doklad ob ispolzovanii prirodnyh resursov i sostojanii okruzhajushhej sredy Lipeckoj oblasti v 2007 g. / Upravlenie jeologij i prirodnyh resursov Lipeck. oblasti. Voronezh: Artefakt, 2008. 198 p.
6. Sostojanie i ohrana okruzhajushhej sredy Lipeckoj oblasti v 2014 godu. Lipeck: Veda socium, 2015. 235 p.

УДК 911.3:636(571.55)

ГЕОСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К СТРАТЕГИЧЕСКОМУ ПЛАНИРОВАНИЮ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭТНОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КОРЕННЫХ МАЛОЧИСЛЕННЫХ НАРОДОВ СЕВЕРА

Гильфанова В.И.*ФГБУН Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, e-mail: sevver@bk.ru*

В статье обсуждаются существующие барьеры, с которыми сталкиваются коренные малочисленные народы на пути к устойчивому развитию, анализируется роль государственного регулирования в процессах воспроизводства их этничности. На примере северных районов Забайкальского края, рассматриваемых как этнохозяйственная территория проживающих в регионе эвенков, исследуется современное состояние традиционного природопользования, способствующего сохранению образа жизни охотников и оленеводов. Для исследования используется предложенная автором организационная модель территориально-хозяйственного развития на основе геосистемного подхода и концепции сопряженного ранжирования природных и социальных систем, отражающая схему потоков полезного эффекта от использования ресурсов охотничье-промысловых животных. Проведенный анализ позволяет утверждать, что существующие на сегодняшний день механизмы управления биоресурсными компонентами геосистем и сложившиеся на их основе практики освоения населением промысловой фауны препятствуют переходу этнохозяйственных территорий на севере Забайкальского края к устойчивому развитию. Стратегическое планирование, проведенное с учетом особенностей пространственно-временной организации жизнедеятельности людей на конкретной территории, является основой для принятия решений, направленных на повышение устойчивости природно-хозяйственных систем.

Ключевые слова: геосистема, Забайкальский край, эвенки, устойчивое развитие, традиционное природопользование, охотничье-промысловое хозяйство

GEOSYSTEM APPROACH TO STRATEGIC PLANNING OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE ETHNIC TERRITORIES OF THE INDIGENOUS MINORITIES OF THE NORTH

Gilfanova V.I.*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, e-mail: sevver@bk.ru*

The article discusses the existing barriers faced by indigenous small peoples towards sustainable development, analyzes the role of state regulation in the processes of reproduction of their ethnicity. On the example of the northern regions of the Trans-Baikal Territory, considered as the ethno-economic territory of the Evenks residing in the region, the current state of traditional nature management is being studied that contributes to the preservation of the way of life of hunters and reindeer herders. The author uses the organizational model of territorial and economic development proposed by the author on the basis of the geosystem approach and the concept of conjugate ranging of natural and social systems, reflecting the flow of useful effects from the use of hunting and commercial animals. The analysis allows us to state that the existing mechanisms for managing the bioresource components of geosystems and the practices developed by them on the population's development of the commercial fauna hinder the transition of ethnoeconomic territories in the north of the Trans-Baikal Territory to sustainable development. Strategic planning, carried out taking into account the peculiarities of the spatial and temporal organization of the vital activity of people in a particular territory, is the basis for making decisions aimed at increasing the sustainability of natural and economic systems.

Keywords: geosystem, Trans-Baikal Territory, evenki, sustainable development, traditional nature management, hunting economy

Воспроизводство и сохранение этничности большинства коренных малочисленных народов Севера связано с возможностью осуществления ими традиционной хозяйственной деятельности, в основе которой, как правило, лежит использование биоресурсов (т.е. объектов животного и растительного мира). Считается, что устойчивость аборигенных этно-социальных систем в доиндустриальную эпоху обеспечивалась длительной адаптацией хозяйства к конкретным природным условиям в процессе коэволюционного развития природы и общества. Экофильный характер традиционных видов хозяйствен-

ной деятельности был выработан народами Севера в связи с необходимостью существования во времени, которое могло быть реализовано только на принципах гармонизации общественных потребностей и ограниченных природно-ресурсных возможностей вмещающей среды.

В настоящее время представления о традиционном природопользовании претерпевают различные трансформации. В научной литературе, посвященной изучению проблем развития коренных народов, наметились дискуссии о степени «традиционности» тех или иных способов добычи и переработки биоресурсов [1, 2],

об экологической обоснованности (неистощительности) этнического природопользования [3, 4]. В связи с высокой степенью интегрированности современной материальной культуры малочисленных народов Севера в общероссийскую культуру и экономику регионов компактного проживания (в которых они зачастую составляют меньшинство) и высокой степенью зависимости их социально-экономического положения от государственного регулирования усиливается роль стратегического планирования в обеспечении устойчивого развития природно-хозяйственных систем коренных народов.

Как заметил В.Н. Лаженцев [5, с. 108], «планирование (проектирование) устойчивого развития конструктивно не столько предсказанием будущего, сколько выстраиванием цепочки логических умозаключений по поводу прогресса и возникающих на его пути проблем».

В настоящей статье на примере северных районов Забайкальского края изучается связь между государственным управлением и устойчивым развитием территорий проживания и традиционной хозяйственной деятельности представителей коренных малочисленных народов Севера (эвенков). Целью данного исследования является создание организационной модели территориально-хозяйственного развития эвенков Забайкальского края и выявление с ее помощью проблем, препятствующих повышению устойчивости этнохозяйственных систем.

Материалы и методы исследования

В Забайкальском крае эвенки проживают в Каларском, Тунгокоченском и Тунги-ро-Олекминском административных районах, для территории которых характерны горный рельеф, суровые климатические условия, сплошное распространение многолетней мерзлоты и преобладание горно-таежных ландшафтов с большим разнообразием животного мира. Численность эвенков на начало 2017 г. – около 1200 человек, менее 10% от общей численности населения этих районов. Однако эвенки составляют от 15 до 90% населения небольших (численностью в 50–200 человек) таежных сел. Значительная их часть сохраняет связь с традиционным природопользованием, основными видами деятельности которого являются оленеводство, охотничий промысел, рыболовство, сбор дикоросов. Если оленеводство – это прерогатива эвенков, то

остальные виды деятельности свойственны для всего полиэтнического населения районов их проживания. Низкий уровень доходов северян обуславливает чрезмерную эксплуатацию биоресурсов и создает риски их истощения.

География предлагает продуктивный подход к оценке рисков истощения биоресурсного потенциала через переосмысление структуризации природно-хозяйственного пространства человека в интересах ныне живущих и будущих поколений. С этой точки зрения «...весь XX век – это по сути дела время поиска удачного соотношения ... системного (ландшафты, районы, комплексы и т.д.) и пространственного (пространственная организация, географическое положение) подходов, определяющих неповторимость, индивидуальность гетерогенной системы географических наук» [6, с. 41].

В географии традиционно в качестве объекта исследований выделяются системы разных типов и разной степени сложности. При этом «системный территориальный синтез осуществляется по двум направлениям – природному (физико-географическому) и социально-экономическому (общественно-географическому)» [7, с. 5]. Как отмечает П.Я. Бакланов, «в физической географии в виде объекта изучения выступают территориальные природные комплексы, или географические природные системы – геосистемы <...>; в социально-экономической географии – территориальные социально-экономические комплексы, или территориальные (географические) социально-экономические системы <...>» [8, с. 7].

Важнейшим отличием природных и социально-экономических систем выступает характер их управляемости: природным системам в полной мере присуща самоорганизация, а для общественных территориальных систем неотъемлемым атрибутом существования являются связи управления [7]. Б.С. Хоревым предложено определение территориальной общественной системы, акцентирующее внимание на ее управляемости: «...это сложная, субординированная, вероятностная, развивающаяся, открытого вида система, в которой главнейшую роль играет вопрос управления ее поведением и развитием» [9, с. 23].

Взаимувязка природных и общественных систем одинаковой размерности позволяет выявить проблемные зоны, влияющие на устойчивость природно-хозяйственного

развития [5]. Охотпользование, т.е. использование (освоение) промысловой фауны как структурного компонента геосистемы, подчиняется общим принципам формирования взаимосвязей между природными и социальными системами.

В связи с этим особенности пространственно-временной организации жизнедеятельности коренных народов Севера должны учитываться при проведении стратегического планирования устойчивого развития этнохозяйственных территорий в целях создания условий повышения качества и уровня жизни населения, восстановления и сохранения благоприятной природной среды жизнедеятельности людей.

Результаты исследования и их обсуждение

Позиции оленеводства как этносохраняющей отрасли в Забайкальском крае заметно ослабли: на территории Тунгокоченского и Тунгино-Олекминского районов коренное население разведением оленей не занимается. Здесь поголовье было полностью утрачено в 2000-е гг. В Каларском районе критическое падение численности оленей в постсоветский период в хозяйствах эвенков удалось остановить в начале 2000-х гг. в результате введения мер государственного финансового стимулирования, способствовавшего росту поголовья [10]. Выплаты из федерального бюджета на оленят и из регионального – на взрослое поголовье обусловили сохранение и увеличение стада к 2017 г. с нескольких сотен до 3 тысяч голов, более 2/3 которых находится в собственности у одной из эвенкийских общин.

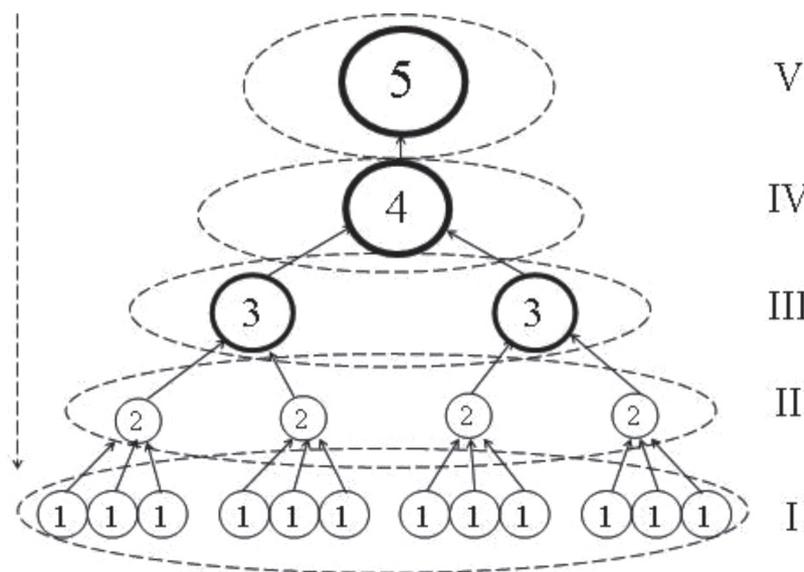
На фоне утраты большинством эвенков оленеводческой деятельности увеличилась значимость охотничьего промысла в жизнеобеспечении коренного населения отдаленных таежных сел [11]. Реорганизация оленеводческо-промысловых госпромхозов и совхозов, последовавший за нею рост безработицы как эвенкийского, так и русского старожильческого населения привели к тому, что охотничий промысел стал одним из основных видов деятельности мужчин трудоспособного возраста (эвенков и неэвенков) в селах, удаленных от районных центров и БАМа (в Каларском районе).

Охотничьи угодья закреплены за охотпользователями, которые представляют собой юридические лица, имеющие долгосрочные лицензии на пользование объек-

тами животного мира. Территория каждого из них состоит из участков, распределенных между охотниками, которые сезонно осуществляют промысел по договоренности с охотпользователем, как правило, без юридического оформления договоров. Лимиты изъятия определяются Государственной охотничьей службой на основе данных следромыслового учета численности животных, проводимого охотниками, и данных о добыче. «В настоящее время официальные данные по учету численности животных и их добычи не отражают действительности. Это справедливо замечает Е. Целыхова, комментируя результаты работы Международной научно-практической конференции «Биологические ресурсы: состояние, использование и охрана», которая прошла 3–5 июня в Кирове. «В итоге, – пишет она, – все выступающие приходили к единому мнению, что получаемые данные по ЗМУ и по освоению лимитов ни в коей мере не отражают действительности, и фактически получается, что мы не стремимся узнать реальную численность охотничьих животных, а лишь пытаемся обосновать требуемое количество вожаемых бумажек» («Охота и охотничье хозяйство» № 10, 2015)» [12].

Организационная модель территориально-хозяйственного развития районов проживания эвенков в Забайкальском крае отражает схему потоков полезного эффекта от использования ресурсов охотничье-промысловых животных (рисунок).

Первым уровнем получения полезного эффекта от использования ресурсов охотничье-промысловых животных и передачи его на более высокий уровень являются домохозяйства охотников. Полученная ими продукция охотничьего промысла потребляется в семьях, служит предметом обмена или продажи. Так, мясо копытных идет на пропитание и частично на продажу преимущественно внутри районов проживания. Одной из основных причин катастрофического падения численности лося, изюбра, дикого северного оленя, козули в 2001–2009 гг. (наряду с природно-климатическими факторами) был спрос на их мясо и вывоз его для продажи в другие (расположенные южнее) районы и региональный центр. Значительное удорожание лицензии на отстрел копытных и ужесточение штрафных санкций в случае выявления нарушений привели к некоторому снижению давления пресса охотничьего промысла на эти виды животных.



Организационная модель территориально-хозяйственного развития северных (промысловых) районов Забайкальского края.

Уровни природных размерностей: I – охотничьи участки; 2 – закрепленные для охотничьего промысла территории охотпользователей; 3 – территории районов; 4 – территория региона; 5 – федеральная территория (Гослесфонд).

Социальные уровни движения потоков: I – домохозяйства; II – охотпользователи; III – бюджеты районов; IV – бюджет региона; V – федеральный бюджет

Часть добытой охотниками продукции (главным образом – пушнина) должна быть сдана охотпользователям, перераспределяющим лицензии среди промысловиков. Основной доход охотпользователей формируется в результате перепродажи по более высокой цене скупленной у охотников продукции промысла.

Бедность населения, низкий уровень доходов являются причиной высокой нагрузки охотничьего промысла на отдельные виды животных в зависимости от рыночной стоимости их дериватов. В связи с этим структура добываемой на продажу продукции заметно меняется с течением времени. В годы высокой стоимости шкурок соболя, рыси, лисицы, белки и других пушных видов животных добыча превышала лимит изъятия. В настоящее время в связи с падением цен на шкурки соболя 60–70% денежных доходов охотников формируется в результате добычи и реализации мускусной железы самцов кабарги. Струя практически не используется в нашей стране, а через систему скупки и вывоза поступает на фармацевтический рынок Китая, Кореи, Японии и других стран, в которых популярна традиционная азиатская медицина. Многолетнее сохранение высокого уровня закупочных

цен на мускус и функционирование налаженных каналов нелегального вывоза мускусной железы в Китай и Корею обуславливают падение численности кабарги. Даже в период действия в Читинской области (с 2008 г. – Забайкальском крае) моратория на добычу кабарги ее нелегальный масштабный промысел продолжался.

До 2013 г. доходы от эксплуатации охотничьих ресурсов, аренды угодий, разрешений на добычу животных поступали в федеральный бюджет. В региональном бюджете оставались незначительные отчисления. Бюджеты муниципалитетов длительное время находились в стороне от потоков полезного эффекта от использования территории охотниками. С 2013 г. 20–30% поступлений от использования объектов охотничьего промысла направляется в бюджеты районов.

Заключение

Организационная модель территориально-хозяйственного развития эвенков Забайкальского края, выработанная на основе сопряженного ранжирования, способствует усилению познавательных и прогностических функций стратегического планирования. Корректировка сложившегося

характера взаимодействия природных и социальных систем необходима для снижения рисков истощения биоресурсов и обеспечения условий устойчивого их использования коренным населением в процессе традиционной хозяйственной деятельности.

С помощью модели выявлены проблемы современного развития районов проживания эвенков. Интенсивное освоение ресурсов промысловой фауны осуществляется при отсутствии мер, обеспечивающих их воспроизводство. Акцентирование деятельности государства на исполнении контрольных функций при отсутствии организации и финансирования мероприятий по восстановлению ресурсов промысловых видов животных обуславливает их истощение, которое оказывает дестабилизирующее влияние на систему жизнеобеспечения населения северных районов в целом и эвенков в частности. Трансформация пространственно-организационной роли охотничьего хозяйства, аккумуляция формальных прав у охотпользователей при утрате таковых большинством охотников лишает охотничье-промысловую деятельность признаков отрасли, низводит ее до упрощенной системы потребления в отличие от охотничье-промыслового хозяйства советского периода, выполнявшего производственную и селообразующую функцию.

Уязвимость геосистем к деструктивному воздействию последствий социально-экономических преобразований, переживаемых населением северных районов Забайкальского края, требует поиска новых подходов к стратегическому планированию устойчивого развития, связывающих неформальное поведение охотников с характером территориально-хозяйственного развития. Неистощительное использование биоресурсов возможно на принципах «зеленой экономики» при надлежащей институциональной и правовой организации.

В статье предпринята попытка обосновать применение геосистемного подхода в качестве научно-методологической основы для разработки мероприятий по управлению устойчивым развитием территорий проживания и традиционной хозяйственной деятельности эвенков в Забайкальском крае. В связи с этим результаты исследования могут быть интегрированы в сценарии управления с целью оценки, пространственного планирования и прогнозного моделирования функционирования традиционного природопользования в регионе.

Работа выполнена в рамках Проекта XI.174.1.8. по Программе ФНИ СО РАН на 2017–2020 гг.

Список литературы

1. Тишков В.А. Введение. Стратегия жалоб и традиции защитности / В.А. Тишков // Современное положение и перспективы развития малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока: Независимый экспертный доклад. – Новосибирск: Издательство Института археологии и этнографии СО РАН, 2004. – С. 5–12.
2. Соколовский С.В. Коренные народы: между интеграцией и сохранением культур / С.В. Соколовский // Этнические категории и статистика. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – С. 49–70.
3. Поддубиков В.В. Коренные народы на пути устойчивого развития: традиционное природопользование и проблемы сохранения природно-культурного наследия (опыт Алтае-Саянского экорегиона) // Современные исследования социальных проблем: электронный научный журнал. – 2012. – № 3 (11) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sisp.nkras.ru> (дата обращения: 07.05.2017).
4. Этноэкспертиза на Ямале: ненецкие кочевья и газовые месторождения / А.В. Головнев, С.В. Лезова, И.В. Абрамов и др. – Екатеринбург: «Издательство АМБ», 2014. – 232 с.
5. Лажнецов В.Н. Методологические подходы к стратегическому планированию устойчивого развития территориальных хозяйственных систем / В.Н. Лажнецов // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2013. – Выпуск 1 (13). – С. 107–113.
6. Котляков В.М. Избранные сочинения в шести книгах. Книга 3. География в меняющемся мире / В.М. Котляков. – М.: Наука, 2001. – 411 с.
7. Исаченко А.Г. Проблемы взаимоотношения природных и общественных территориальных систем / А.Г. Исаченко // Известия РГО. – 2004. – Вып. 1. – С. 3–15.
8. Бакланов П.Я. Подходы и основные принципы структуризации географического пространства / П.Я. Бакланов // Известия РАН. Серия географическая. – 2013. – № 5. – С. 7–18.
9. Хорев Б.С. Территориальная организация общества: (актуальные проблемы регионального управления и планирования в СССР) / Б.С. Хорев. – М.: Мысль, 1981. – 320 с.
10. Гильфанова В.И., Фалейчик Л.М. Социально-экономическая оценка ущерба традиционному природопользованию при освоении новых районов Забайкалья / В.И. Гильфанова, Л.М. Фалейчик // Известия РАН. Серия географическая. – 2014. – № 5. – С. 116–124.
11. Задорожный В.Ф., Гильфанова В.И. Традиционное природопользование эвенков Восточного Забайкалья в условиях рыночной экономики / В.Ф. Задорожный, В.И. Гильфанова // Вестник Томского государственного университета. – 2009. – № 318. – С. 166–169.
12. Сухомиров Г.И. Семь проблем отрасли. – 2015. – 27 декабря [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ohotniki.ru/hunting/societys/societys/article/2015/12/27/645363-sem-problem-otrasli.html> (дата обращения: 07.05.2017).

References

1. Tishkov V.A. Vvedenie. Strategija zhalob i tradicija zashhitnosti / V.A. Tishkov // Sovremennoe polozhenie i perspektivy razvitiya malochislennyh narodov Severa, Sibiri i Dal'nego Vostoka: Nezavisimyj jekspertnyj doklad. Novosibirsk: Izdatelstvo Instituta arheologii i jetnografii SO RAN, 2004. pp. 5–12.
2. Sokolovskij S.V. Korennyye narody: mezhdru integraciej i sohraneniem kultur / S.V. Sokolovskij // Jetnicheskie kategorii i statistika. M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2008. pp. 49–70.

3. Poddubikov V.V. Korennye narody na puti ustojchivogo razvitiya: tradicionnoe prirodopolzovanie i problemy sohraneniya prirodno-kulturnogo nasledija (opyt Altae-Sajanskogo jekoregiona) // *Sovremennye issledovanija socialnyh problem: jelektronnyj nauchnyj zhurnal*. 2012. no. 3 (11) [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://www.sisp.nkras.ru> (data obrashhenija: 07.05.2017).
4. Jetnojekspertiza na Jamale: neneckie kochevja i gazovye mestorozhdenija / A.V. Golovnev, S.V. Lezova, I.V. Abramov i dr. Ekaterinburg: «Izdatelstvo AMB», 2014. 232 p.
5. Lazhencev V.N. Metodologicheskie podhody k strategicheskomu planirovaniju ustojchivogo razvitiya territorialnyh hozjajstvennyh sistem / V.N. Lazhencev // *Izvestija Komi nauchnogo centra UrO RAN*. 2013. Vypusk 1 (13). pp. 107–113.
6. Kotljakov V.M. Izbrannye sochinenija v шести knigah. Kniga 3. Geografija v menjajushhemsja mire / V.M. Kotljakov. M.: Nauka, 2001. 411 p.
7. Isachenko A.G. Problemy vzaimootnosheniya prirodnyh i obshhestvennyh territorialnyh sistem / A.G. Isachenko // *Izvestija RGO*. 2004. Vyp. 1. pp. 3–15.
8. Baklanov P.Ja. Podhody i osnovnye principy strukturalizacii geograficheskogo prostranstva / P.Ja. Baklanov // *Izvestija RAN. Serija geograficheskaja*. 2013. no. 5. pp. 7–18.
9. Horev B.S. Territorialnaja organizacija obshhestva: (aktualnye problemy regionalnogo upravlenija i planirovanija v SSSR) / B.S. Horev. M.: Mysl, 1981. 320 p.
10. Gilfanova V.I., Falejchik L.M. Socialno-jekonomicheskaja ocenka ushherba tradicionnomu prirodopolzovaniju pri osvoenii novyh rajonov Zabajkalja / V.I. Gilfanova, L.M. Falejchik // *Izvestija RAN. Serija geograficheskaja*. 2014. no. 5. pp. 116–124.
11. Zadorozhnyj V.F., Gilfanova V.I. Tradicionnoe prirodopolzovanie jevenkov Vostochnogo Zabajkalja v uslovijah rynochnoj jekonomiki / V.F. Zadorozhnyj, V.I. Gilfanova // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2009. no. 318. pp. 166–169.
12. Suhomirov G.I. Sem problem otrasli. 2015. 27 dekabrya [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.ohotniki.ru/hunting/societys/societys/article/2015/12/27/645363-sem-problem-otrasli.html> (data obrashhenija: 07.05.2017).

УДК 630*627.3(470.344)

**ОЦЕНКА ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЧЕБОКСАРСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ
ДЛЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЦЕЛЕЙ****Гуменюк А.Е., Никонорова И.В., Емельянов А.С.***ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», Чебоксары,
e-mail: annagumenuk@yandex.ru, niko-inna@yandex.ru*

В статье, на примере интенсивно освоенной территории Чебоксарской агломерации, дана оценка лесных ландшафтов для рекреационных целей по эстетическим, технологическим, санитарно-гигиеническим свойствам леса и их рекреационной устойчивости. Учитывалась также проходимость лесных комплексов для разнообразных видов рекреационных занятий. Расположение территории Чебоксарской агломерации в двух ландшафтных зонах – лесной и лесостепной с разделом по Чебоксарскому водохранилищу обуславливает формирование на данной территории специфической ландшафтной текстуры и определяет крайне благоприятные условия для развития рекреации. С целью оптимизации туристско-рекреационного использования территории проведено функциональное зонирование с выделением пяти зон: заповедная, регулируемого рекреационного использования, культурно-бытового обслуживания посетителей, хозяйственно-административная, буферная зоны, каждая из которых предназначена для выполнения строго определенных туристско-рекреационных функций. До настоящего времени для лесных ландшафтов Чебоксарской агломерации такое количество функциональных зон не выделялось.

Ключевые слова: рекреация, природно-рекреационный потенциал, оценка эстетических свойств леса, рекреационная устойчивость, технологические свойства леса, санитарно-гигиенические свойства, проходимость природных комплексов, функциональные зоны

**ESTIMATION OF FOREST LANDSCAPES OF CHEBOKSARY AGGLOMERATION
FOR RECREATIONAL PURPOSES****Gumenyuk A.E., Nikonorova I.V., Emelyanov A.S.***Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary,
e-mail: annagumenuk@yandex.ru, niko-inna@yandex.ru*

In the article, based on the intensively mastered territory of the Cheboksary agglomeration, an assessment of forest landscapes for recreational purposes on aesthetic, technological, sanitary and hygienic properties of forests and their recreational stability is given. We also took into account the permeability of forest complexes for a variety of recreational activities. The location of the territory of the Cheboksary agglomeration in two landscape zones – forest and forest-steppe with the Cheboksary reservoir section causes the formation of a specific landscape texture in the given territory and determines extremely favorable conditions for the development of recreation. In order to optimize the tourist and recreational use of the territory, a functional zoning was carried out with the allocation of five zones: reserved, regulated recreational use, cultural and consumer services for visitors, economic and administrative, buffer zones, each of which is designed to perform strictly defined tourism and recreational functions. Until now, for the forest landscapes of the Cheboksary agglomeration, such a number of functional zones have not been allocated.

Keywords: recreation, natural and recreational potential, evaluation of aesthetic properties of forests, recreational sustainability, technological properties of the forest, sanitary and hygienic properties, patency of natural complexes, functional areas

Актуальность работы

В условиях растущего уровня урбанизации, увеличивающихся темпов трудового распорядка работающего населения, потребность в кратковременном отдыхе на лоне природы в шаговой доступности приобрела особую актуальность и стала весомым фактором восстановления здоровья и трудоспособности населения. Как следствие, активизировалось внимание к теоретико-методологическим вопросам разработки стратегий устойчивого развития туристско-рекреационной отрасли, в частности для регионов, обладающих лесными рекреационными ресурсами. Использование потенциала лесных ландшафтов для

удовлетворения рекреационных нужд граждан на протяжении года значительно, и особенно повышается в теплые сезоны года, что в свою очередь ведет к уничтожению лесных экосистем.

Рекреационным функциям природного и культурного ландшафтов и их компонентов посвящены работы В.С. Преображенского (1975), Ю.А. Веденина (1975, 1997), Л.И. Мухиной (1975), Н.С. Мироненко, И.Т. Твердохлебова (1981), Н.Ф. Реймерса (1992), Ю.С. Васильева, В.А. Кукушкина (1988, 1990), С.Р. Ердатова (1992), А.Г. Исаченко (1992), Е.В. Колотовой (1999), Э.Л. Файбусовича (2000), В.А. Николаева (2003), Н.А. Кумова (2003), В.Ф. Данильчука (2003), А.С. Кускова, О.В. Лы-

сиковой (2004), Е.Ю. Колбовского (2006), С.О. Монар (2007), Н.Н. Назарова (2007) и др., О.В. Ермаковой (2008), М.Е. Комаровой (2009) и др. [1]. При написании статьи авторами использовались системный и ландшафтный подходы, методы комплексных физико-географических исследований, сравнительно-описательный, полевых маршрутных исследований, картографический, статистический, метод экспертных оценок в рекреационной географии и метод балльных оценок. В качестве информационной базы послужили материалы экспедиционных работ авторов с 2006 г. по настоящее время, проведенные на территории проектируемого природного парка «Заволжье», в парках г. Чебоксары и пригорода. Используются опубликованные и фондовые материалы Чувашского филиала ФБУ «ТФГИ по Приволжскому ФО», ГУ «Чувашский ЦГМС», Министерства природных ресурсов и экологии Чувашской Республики, а также различные литературные источники и архивные материалы.

При анализе природно-рекреационного потенциала (ПРП) лесных сообществ Чебоксарской агломерации нами была использована методика оценки рекреационных свойств леса по О.В. Ермаковой [2]. Ею была предложена оценка по пятибалльной шкале по четырем критериям: эстетическим, технологическим и санитарно-гигиеническим свойствам леса, а также по рекреационной устойчивости к антропогенным нагрузкам. Кроме того, лесные экосистемы оценивались по проходимости для пешеходов по методике В.С. Преображенского с соавторами [3]. Полигонами для изучения нами были выбраны урбанизированные лесопарковые ландшафты городов Чебоксары и Новочебоксарск и окрестностей: «Лакреевский лес», «500-летия г. Чебоксары», «Роща Гузовского», Новоюжный лесной массив, Парк Победы, Филиал Главного Ботанического сада РАН в г. Чебоксары им. Цицина, санаторно-курортный комплекс «Волжанка», памятник природы парк «Ельниковская роща», расположенные по правобережью Чебоксарского водохранилища (р. Волга). На левом берегу Чебоксарского водохранилища располагаются кластерные участки охраняемых территорий: «оз. Светлое», «оз. Изъяр», пруд «Озеро Астраханка», «оз. Б. и М. Лебединые», а также «Культуры сосны 1903 года в Заволжье».

В физико-географическом плане исследуемая территория Чебоксарской агломерации имеет относительно высокое ланд-

шафтное разнообразие. Она располагается на Русской равнине, на границе двух ландшафтных зон – лесной и лесостепной, их разделяет р. Волга (Чебоксарское водохранилище). Постепенное изменение климатических показателей с севера на юг (соотношение тепла и влаги) обуславливает формирование на данной территории зональной и аazonальной (мозаичной) ландшафтной текстуры, обуславливая высокую степень ПРП, и позволяет использовать данные территории в широком спектре туристско-рекреационных маршрутов для разных возрастных категорий [4].

Правобережье Чебоксарской агломерации представлено широколиственными лесами, приуроченными к лесостепной провинции Приволжской возвышенности, Чебоксарскому возвышенно-равнинному району, на расчлененном эрозией рельефе (Чувашское плато) с перепадом высот от 64 до 160–200 м (БС) (рис. 1). Лесные ландшафты представлены дубравами, но кроме дуба черешчатого встречаются липа мелколистная, клен остролистный, осина, вяз обыкновенный и изредка – ясень. В подлеске преобладает лещина, встречаются другие виды кустарников (черемуха, крушина, жимолость и др.).

В ходе анализа ПРП лесных ландшафтов правобережья Чебоксарской агломерации по методике О.В. Ермаковой [2], наибольшую оценку из всех основных полигонов изучения получил санаторно-курортный комплекс «Волжанка» – 16,9 б., наименьшую «Роща Гузовского», 12,3 б., а расположенный в г. Новочебоксарске парк «Ельниковская роща» соответственно – 13,9 б.

Выбранные полигоны изучения являются ядрами экологического каркаса гг. Чебоксары, Новочебоксарск и окрестностей и выполняют важные средоформирующую и средостабилизирующую функции. Расположение лесных экосистем в различных районах города позволяет населению восстанавливать здоровье после напряженного трудового дня, не затрачивая время на поездки к дальним рекреационным территориям. К тому же парковые кластеры оборудованы терренкурами, велодорожками, беседками для отдыха, смотровыми площадками, уличными спортивными тренажерами и аттракционами (рис. 2). В зимнее время пешеходные дорожки заливаются льдом для катания на коньках, в парках города проложены лыжные трассы, где горожане активно занимаются зимними видами спорта.

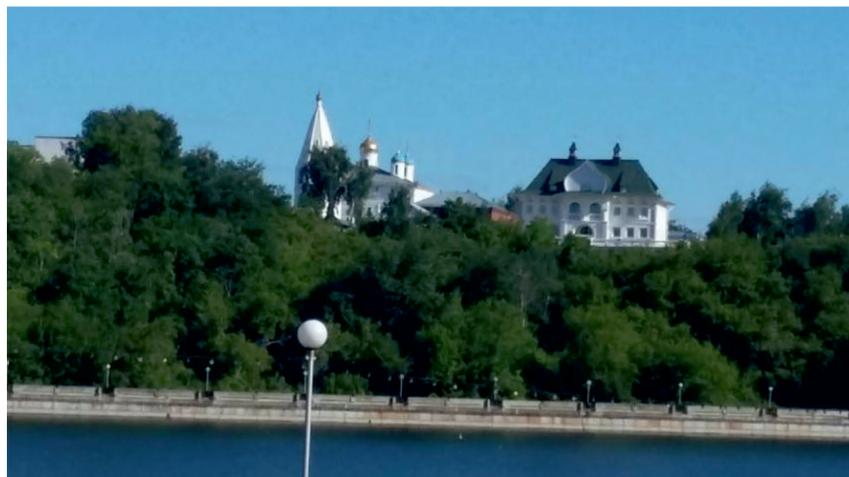


Рис. 1. Широколиственные урбанизированные ландшафты Чебоксарской агломерации



Рис. 2. Рекреационно-обустроенная набережная р. Волга, примыкающая к парку «500-летия г. Чебоксары»

По методике В.С. Преображенского с соавторами [3], проведена оценка лесного покрова по проходимости для зимних лыжных прогулок и летних прогулок пешеходов-рекреантов. Оценка рекреационного потенциала леса рассчитывалась для всех категорий населения и видов рекреационного использования. Как показывает табл. 1, наиболее благоприятные условия у следующих полигонов изучения: парки «500-летия г. Чебоксары», «Роща Гузовского» – 12,3 балла, «Ботанический сад» – 14,4 балла, «Новоюжный лесной массив» – 13 баллов, «Ельниковская роща» – 13,9 баллов, из максимально возможных 15 баллов.

На территории исследования расположены ООПТ разного уровня – парк «Ельниковская роща», памятник природы, отно-

сящийся к объектам охраны регионального значения, а также Филиал Главного ботанического сада РАН в г. Чебоксары – федерального значения. Они позволяют развивать экологический туризм и прививать любовь к природе, как источнику здоровья и благополучия будущих поколений. В объекты познавательной деятельности кроме парков необходимо вовлекать музейные учреждения города, например Национальный музей Чувашской Республики и «Музей леса» [1]. Левобережье Чебоксарской агломерации (Заволжье) представлено интразональными сосновыми лесами с примесью березы, относящимися к провинции смешанных лесов Ветлужско-Кокшайского полесского района, которые произрастают на песчано-подзолистых почвах, в пределах низменной

всхолмленной аккумулятивной равнины с высотными отметками 75–100 м (БС), уменьшающимися в направлении к Чебоксарскому водохранилищу. Леса Заволжья отличаются оздоровительными, фитонцидными и рекреационными свойствами. Данная территория имеет рекреационную специализацию для жителей и гостей нашей республики, для улучшения здоровья и удовлетворения познавательной деятельности рекреантов.

Рекреационный потенциал Заволжских лесов нами оценивался по методикам [2, 3], с учетом вышеперечисленных параметров, как и для правобережной широколиственнолесной территории (табл. 2, 3).

Как видно из табл. 2 и 3, наибольшим ПРП обладают березняки, а проходимость ПТК для пешеходных рекреационных занятий наибольшая у полигонов исследования «оз. Светлое», «оз. Изъяр», пруд «озеро Астраханка».

Таблица 1

Анализ проходимости лесных ПТК правобережья Чебоксарской агломерации

Полигоны изучения	Защита от ветра (снижение скорости господствующих ветров, в%)	Высота снежного покрова	Густота леса		Итого	Общая оценка по шкале, в баллах
			Полнота	Обилие подроста и подлеска		
Парк «500-летия г. Чебоксары»	8	4	2	2	16	5
«Роцца Гузовского»	8	4	2	2	16	5
«Чебоксарский залив» (беговая дорожка)	4	4	0	0	8	3
«Ботанический сад им. Цицина»	8	4	2	2	16	5
«Новоюжный лесной массив»	8	4	2	2	16	5

Таблица 2

Анализ ПРП лесных территорий левобережья Чебоксарской агломерации

Тип леса	ПРП леса, в баллах			
	Эстетические свойства	Рекреационная устойчивость	Санитарно-гигиеническая устойчивость	Интегральная оценка, в баллах
Сосняки зеленомошные	9,75	1	18	9,6
Сосняки лишайниковые	9,25	12	17	12,75
Сосняки сфагновые	9,9	13	15	12,6
Сосняки долгомошные	9,05	14	15	12,7
Сосняки орляковые	9,5	14	16,5	13,3
Березняки	13,75	12	17	14,25
Болота	12	11	16,5	13,2
Культуры сосны 1903 г.	10,75	11	20	12,7

Таблица 3

Балльная оценка проходимости ПТК левобережной хвойно-лесной зоны Чебоксарской агломерации

Полигон исследования	Защита от ветра (снижение скорости господствующих ветров в%)	Высота снежного покрова	Густота леса		Итого	Общая оценка по шкале
			полнота	обилие подроста и подлеска		
Оз. Когояр	2	4	1	2	9	3
р. Парат	2	4	1	2	9	3
Оз. Светлое	8	4	2	2	16	5
Оз. Изъяр	8	4	2	2	16	5
Пруд «Озеро Астраханка»	8	4	2	2	16	5
Оз. Безымянное	2	4	1	2	9	3
Озера Б. и М. Лебединые	2	4	1	2	9	3

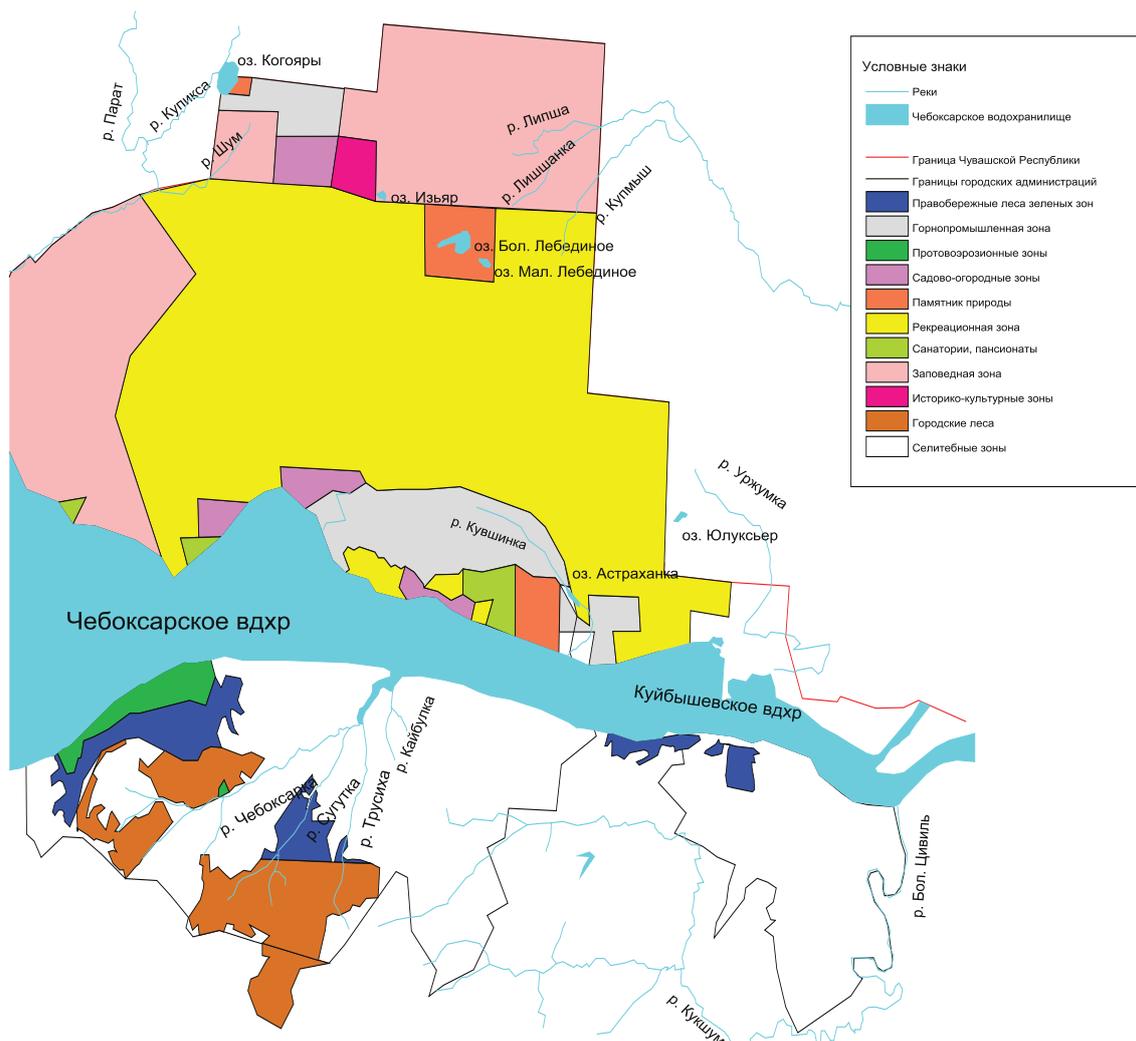


Рис. 3. Функционально-рекреационное зонирование Чебоксарской агломерации

Увеличению ПРП лесных ландшафтов левобережной части способствует размещение таких ООПТ, как кластерные охраняемые территории озер Светлое, Изъяр, Б. и М. Лебединые, пруда «озеро Астраханка», и памятника лесохозяйственной деятельности начала XX века «Культуры сосны 1903 года». Однако последние, ранее представлявшие собой высокобонитетные сосновые насаждения, во время лесных пожаров 2010 г. были практически уничтожены. То же произошло и с озерами Б. и М. Лебединые.

Согласно Распоряжению Правительства Российской Федерации от 23.05.2001 г. № 725-р [5], «Заволжье Чувашии» вошло в перечень перспективных государственных национальных (природных) парков, которые предусматривалось организовать на территории Российской Федерации в 2001–

2010 гг., однако, к сожалению, данный проект к настоящему времени остается только на бумаге.

Как правило, при организации природных и национальных парков на их территории выделяются следующие функциональные зоны:

- 1) заповедная,
- 2) регулируемого рекреационного использования,
- 3) культурно-бытового обслуживания посетителей,
- 4) хозяйственно-административная,
- 5) буферная зоны [6].

В настоящее время лесные ландшафты Чебоксарской агломерации активно используются рекреантами, и данный факт требует принятия серьезных природоохранных мер и создания туристско-логистических (информационных) центров

(ТИЦ) для урегулирования рекреационных потоков, особенно в летний период. Проведенное авторами функциональное зонирование лесных ландшафтов Чебоксарской агломерации стало аналитико-синтетическим результатом изучения целого ряда рекреационных компонентов (факторов) – природных и антропогенных, анализа ПРП с использованием методов экспертной и балльной оценки, который на некоторых территориях (Заволжье Чувашии) имеет высокий показатель (до max). Была составлена серия оценочных карт, при наложении которых стало возможным выделение границ функциональных зон.

Нами была предложена следующая схема функционального зонирования лесных ландшафтов Чебоксарской агломерации с целью оптимизации использования ПРП территории (в качестве программного обеспечения использовался графический редактор Corel Draw 12). Как видно на рис. 3, на территории Чебоксарской агломерации заповедная зона включает земли Пихтулинского и Северного лесничества. Зона познавательного (экологического) туризма охватывает озеро Светлое с прилегающими землями Пихтулинского лесничества. Функционально данная зона в настоящее время активно используется для проведения различных экологических и туристических слетов («МолГород», Ралли «Золотые пески Заволжья» и др.). Работает Молодежная биологическая станция на озерах Б. и М. Лебединые с прилегающими территориями Сосновского лесничества, где ежегодно проводятся наблюдения за биологическими сообществами школьниками из различных регионов Российской Федерации. Рекреационная зона расположена на территории Чебоксарского и Сосновского лесничеств, а также в окрестностях пруда «озеро Астраханка». Рекреанты активно используют эту территорию для пикникового отдыха, рыбалки, а в зимний период – для катания на лыжах и снегоходах и зимней надледной рыбалки. В благоустроенных зонах отдыха соблюдаются санитарно-гигиенические правила. Вдоль автодороги обустроены места складирования твердых коммунальных отходов (ТКО). Зону культурно-бытового обслуживания посетителей разумно развивать в поселках Заволжского территориального управления Чебоксарского городского округа: Октябрьский, Первомайский, Северный, Сосновка, в санатории «Чувашия», вдоль побережья Чебоксарского водохранилища,

а также вдоль асфальтированных автодорог, где расположены многочисленные гостевые дома и туристические базы, дачные кооперативы. Историко-культурная зона находится в Северном лесничестве и представлена Чувашским этнографическим парком деревянного зодчества «Сувар» под открытым небом в окружении сосновых лесов на территории климатического курорта «Чувашия». Участки лесничеств Северного, Сосновского, Чебоксарского, расположенные вблизи поселков Северный, Сосновка, Октябрьский, Пролетарский, Первомайский, функционально отнесены к территориям традиционного природопользования, где население активно занимается элементарными рекреационными занятиями, такими как сбор грибов и ягод. Горнопромышленная зона находится в Северном лесничестве, у месторождений сапропеля – оз. Когояры, торфа – Шамьяро-Куплангское и Белая Липша; в Сосновском и в Акшкюльском лесничествах расположены месторождения минеральных вод и торфоразработки болота Дрянное. Буферная зона Заволжья оконтуривает заповедную зону, защищая от антропогенного влияния.

Заключение

Территория Чебоксарской агломерации обладает достаточно высоким ПРП по лесным сообществам, представленным двумя лесорастительными районами: Заволжским хвойным, относящимся к провинции смешанных лесов Ветлужско-Кокшайского полесского района, и Приволжским лесостепным, приуроченным к провинции Приволжской возвышенности, Чебоксарскому возвышенно-равнинному району, что позволяет развивать на данной территории различные виды рекреации и отдыха. В соответствии с распоряжением Правительства РФ о стратегическом развитии туризма РФ до 2020 г. [7], проведенное функциональное зонирование Чебоксарской агломерации крайне актуально и позволит рационально использовать ПРП лесных ландшафтов исследуемой территории. На наш взгляд, расширение туристско-рекреационного кластера «Этническая Чувашия» за счет Заволжской территории планируемого природного парка, с существующей туристической инфраструктурой климатического курорта «Чувашия» и домов отдыха позволит увеличить туристскую привлекательность региона.

Список литературы

1. Гуменюк А.Е. Природно-рекреационный потенциал урбанизированных ландшафтов (на примере г. Чебоксары и пригородов): автореф. дис. ... канд. географ. наук. – Пермь, 2012. – 24 с.
2. Ермакова О.В. Разработка программного обеспечения для эколого–биологической оценки реактивности лесов на Юго-Востоке Украины / О.В. Ермакова // Научный вестник. Национальный лесотехнический университет Украины. – Киев, 2008. – Вып.18.2. – С. 253–262.
3. Преображенский В.С. Методические указания по характеристике природных условий рекреационного района / В.С. Преображенский, Л.И. Мухина, Н.С. Казанская и др. // Географические проблемы организации туризма и отдыха. – М., 1975. – Вып. 1. – С. 50–55.
4. Гуменюк А.Е. Ландшафтная структура территории Чебоксарской агломерации для целей рекреационного использования / А.Е. Гуменюк, И.В. Никонорова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21342>.
5. Перечень государственных природных заповедников и национальных парков, которые предусматривается организовать на территории Российской Федерации в 2001–2010 годах: Распоряжение Правительства РФ от 23.05.2001 № 725-р. – URL: <http://zakonbase.ru/content/base/43672>.
6. Масляев В.В. Функциональное зонирование национального парка / В.В. Масляев, А.А. Ямашкин // Мордовский национальный природный парк «Смольный». – Саранск: НИИ регионалогии при Мордовском университете, 2000. – С. 80–83.
7. Об утверждении Стратегии развития туризма в Российской Федерации на период до 2020 года: Распоряжение Правительства РФ от 31 мая 2014 г. № 941-р. – URL: http://www.russiatourism.ru/contents/otkrytoe_agentstvo/strategiya-razvitiya-turizma-v-rossiyskoy-federatsii-v-period-do-2020-goda-332/strategiya-razvitiya-turizma-v-rossiyskoy-federatsii-v-period-do-2020-goda.

References

1. Gumenjuk A.E. Prirodno-rekreacionnyj potencial urbanizirovannyh landshaftov (na primere g. Cheboksary i prigorodov): avtoref. dis. ... kand. geograf. nauk. Perm, 2012. 24 p.
2. Ermakova O.V. Razrabotka programmogo obespechenija dlja jekologo–biologicheskoj ocenki reaktivnosti lesov na Jugo-Vostoke Ukrainy / O.V. Ermakova // Naukovyj visnik. Nacionalnij lisotehnichnyj universitet Ukraini. Kiev, 2008. Vyp.18.2. pp. 253–262.
3. Preobrazhenskij V.S. Metodicheskie ukazaniya po harakteristike prirodnyh uslovij rekreacionnogo rajona / V.S. Preobrazhenskij, L.I. Muhina, N.S. Kazanskaja i dr. // Geograficheskie problemy organizacii turizma i otdyha. M., 1975. Vyp. 1. pp. 50–55.
4. Gumenjuk A.E. Landshaftnaja struktura territorii Cheboksarskoj aglomeracii dlja celej rekreacionnogo ispolzovanija / A.E. Gumenjuk, I.V. Nikonorova // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2015. no. 2. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21342>.
5. Perechen gosudarstvennyh prirodnyh zapovednikov i nacionalnyh parkov, kotorye predusmatrivaetsja organizovat na territorii Rossijskoj Federacii v 2001–2010 godah: Rasporyazhenie Pravitelstva RF ot 23.05.2001 no. 725-r. URL: <http://zakonbase.ru/content/base/43672>.
6. Masljaev V.V. Funkcionalnoe zonirowanie nacionalnogo parka / V.V. Masljaev, A.A. Jamashkin // Mordovskij nacionalnyj prirodnyj park «Smolnyj». Saransk: NII regionologii pri Mordovskom universitete, 2000. pp. 80–83.
7. Ob utverzhenii Strategii razvitija turizma v Rossijskoj Federacii na period do 2020 goda: Rasporyazhenie Pravitelstva RF ot 31 maja 2014 g. no. 941-r. URL: http://www.russiatourism.ru/contents/otkrytoe_agentstvo/strategiya-razvitiya-turizma-v-rossiyskoy-federatsii-v-period-do-2020-goda-332/strategiya-razvitiya-turizma-v-rossiyskoy-federatsii-v-period-do-2020-goda.

УДК 911.6:711.455

РЕКРЕАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССИИ**Кипкеева П.А., Потапенко Ю.Я., Лайпанова А.М.***ФГБОУ ВО «Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева»,
Карачаевск, e-mail: kipkeeva62@mail.ru*

Территория Карачаево-Черкесской Республики включает фрагменты следующих морфоструктур: Главного хребта, Передового хребта, Северо-Юрской депрессии, Скалистого и Пастбищного хребтов. Особенности рельефа и определяют границы большинства административных районов, которые совпадают с водоразделами речных бассейнов, т.е. бассейновых геосистем. Авторами выделены пять рекреационных районов: Верхнекубанский, Зеленчукский, Урупо-Лабинский, Подкумско-Хасаутский и Черкесско-Хабезский, три из которых территориально близки административным единицам. При рекреационном районировании учитывалась многогранность туристской деятельности, физико-географические, социально-географические, туристско-технологические и другие критерии. Определяющий признак выполненного районирования – уровень и набор рекреационных ресурсов, так как освоенность территории крайне неравномерна. Основная часть рекреационных объектов находится в трех южных районах: Верхнекубанском, Зеленчукском и Урупо-Лабинском. Внутри этих средне- и высокогорных районов с максимальным пейзажным разнообразием густоты рекреантов в свою очередь имеют очаговый характер и тяготеют к высокогорью.

Ключевые слова: туристские ресурсы, типы и виды рекреации, интенсивность развития рекреации**RECREATIONAL RESOURCES OF KARACHAY-CHERKESSIA****Kipkeeva P.A., Potapenko Yu.Ya., Laypanova A.M.***Karachay-Cherkess State University of name U.D. Aliev, Karachayevsk, e-mail: kipkeeva62@mail.ru*

The territory of the Karachay-Cherkess Republic includes fragments of the following morhostructures: Main Ridge, the Forward Ringe, the North-Jurassic depression, Rocky and Pasture Ranges. The features of the relief determine the boundaries of most administrative districts, which coincide with the watersheds of river basins, i.e. basin geosystems. The authors identified five recreational areas: Verkhnekubansky, Zelenchuksky, Urupo-Labinsky, Podkumsko-Hasautsky and Circassian and Habezsky, three of which are territorially close to administrative units. The recreational zoning took into account the multifaceted nature of tourist activities, physical- geographical, socio-geographical, tourist-technological and other criteria. The determining sign of the completed zoning is the level and set of recreational resources, since the development of the territory is extremely uneven. The main part of recreational facilities is located in the three southern regions: Verkhnekubansk, Zelenchuksk and Urupo-Labinsk. Inside these medium and high mountain regions with the maximum landscape diversity of the thickening of the recreants in turn have a focal character and gravitate towards the highlands.

Keywords: tourist resources, types and types of a recreation, intensity of development of a recreation

К началу 1990-х гг. была предложено несколько схем рекреационного районирования Северного Кавказа. Крупные рекреационные подразделения отождествлялись с административными единицами. Северо-Кавказский федеральный округ (СКФО) рассматривался как туристско-рекреационный комплекс; области, края и республики – как туристско-рекреационные макрорайоны. Внутри макрорайонов вычленились районы, например в Карачаево-Черкесии – три туристско-рекреационных района: Тебердинский, Домбайский и Архызский.

В то же время при мелкомасштабном рекреационном районировании России в качестве районов выделялись значительно большие территории. Так, на схеме 1995 г. в рекреационную зону «Юг России» входил район «Горный Кавказ», который объединял горные части республик Северного Кавказа и Краснодарского края. На карте рекреационного райони-

рования России масштаба 1:45 000 000 [1] Большой Кавказ и Предкавказье подразделены на пять районов; КЧР целиком входит в район № 3 (природная зона с высотной поясностью, основная функция – спортивно-оздоровительная). Столько же районов выделено на карте восточнее Урала на юге Сибири и Дальнего Востока, а север Сибири и Европейской части РФ (более 60 % территории страны) отнесены к одному району № 15.

Таким образом, «рекреационный район» – оказался термином свободного пользования, обозначающим территории от нескольких десятков кв. км до нескольких миллионов кв. км.

Цель исследования: предложения по гармонизации туристско-рекреационной инфраструктуры КЧР путем проведения районирования на основе анализа природных компонентов, пространственного распределения рекреационных объектов, форм и интенсивности их освоения.

Материалы и методы исследования

В выполненной работе использовались методологии ландшафтных исследований [2, 3], рекреационной географии [4] и, в частности, рекреационного районирования [5–8]. Применялись системный принцип, антропоцентрический и функциональный подходы с использованием описательного, сравнительного и картографического методов [9, 10]. Информационный аспект туристско-рекреационных ресурсов оценивался с использованием ландшафтно-структурного анализа [3, с. 37]. Дифференциация объектов по функциональной специализации выявила недостаточность информации при наличии некоторой упорядоченности. Данные, полученные авторами путем проведения полевых исследований на типовых туристско-рекреационных объектах, частично опубликованы [11–13].

Результаты исследования и их обсуждение

Сложно иерархизированная ландшафтная структура северного макросклона Большого Кавказа сформировалась путем наложения субмеридиональной речной сети на субширотные и северо-западные региональные морфоструктуры. С учетом этих особенностей нами принята многоступенчатая иерархия рекреационных таксонов. В ней на региональном уровне выделяются зоны и области [4]. Рекреационные области по площади примерно соответствуют административным единицам (область, край, республика). На локальном уровне – при районировании территории КЧР использованы таксоны: район, зона, микрорайон, узел, пункт, предприятие.

По нашему мнению, большая часть таксонов этого перечня согласуется с иерархическим рядом природных геосистем, применяемым в географии. По А.Г. Исаченко [2], к региональным геосистемам относятся: зона, область, провинция, округ, к локальным – ландшафт, местность, урочище, фация.

Рекреационный район – основная единица районирования территории КЧР. Принято считать, что рекреационный район не только природная территория для лечения, отдыха и туризма, но также сложный административно-хозяйственный организм. В КЧР такому определению соответствует лишь поселок Домбай и небольшой город-курорт Теберда. Однако они, находясь в границах Тебердинского заповедника, представляют собой локальные объекты площадью 120 и 857 га. Поэтому при выделении рекреационных районов мы в ка-

честве ведущего признака использовали параметры рекреационных ресурсов, а не степень их освоенности по состоянию на 2017 г. Вследствие особенностей рельефа границы большинства административных районов КЧР совпадают с водоразделами речных бассейнов, т.е. бассейновых геосистем. Соответственно, часть выделенных нами рекреационных районов территориально близка административным единицам.

Рекреационная зона – часть рекреационного района, соответствующая конкретной морфоструктуре Северного Кавказа. Территория КЧР включает фрагменты следующих морфоструктур (с юга на север): Главного хребта, Передового хребта, Северо-Юрской депрессии, Скалистого и Пастбищного хребтов.

Рекреационный комплекс – совокупность рекреационных объектов, расположенных в пределах одной морфоструктуры и бассейновой геосистемы. В горном рельефе комплекс занимает ландшафт или группу ландшафтов.

Рекреационный микрорайон (или участок) – часть рекреационного комплекса, совокупность рекреационных учреждений на конкретной компактной территории, связанных между собой системой инженерных и транспортных коммуникаций. Близкие по размерам таксоны в физической географии и ландшафтоведении – местность [2], в ландшафтной экологии – мезохора [14].

Рекреационный узел – часть микрорайона с более узкой специализацией. Синонимы: физико-географические – урочище [2], ландшафтно-экологические (топологические) – микрохора [14].

Опираясь на эти определения, авторы провели ранжирование рекреационных объектов КЧР. Помимо принципа «ландшафтной определенности» учитывалась степень обустроенности территории (полнота внутренней функциональной структуры таксона).

Результаты районирования показаны в табл. 1, 2.

В 2015 г. СКФО посетило около 3 млн человек. По количеству рекреантов в настоящее время КЧР является лидером среди семи субъектов СКФО. В предлагаемой нами схеме районирования учтена численность рекреантов по административным районам КЧР (табл. 1). Этот параметр отражает современное пространственное распределение популярных объектов рекреации в пределах КЧР, хотя он определен на полуколичественном уровне в соответствии с доступными статистическими данными.

Таблица 1

Ранжирование административных районов КЧР по компонентам и интенсивности развития рекреации

Ранг	Административные районы	Типы рекреации																			
		Санаторно-курортный		Туристско-оздоровительный				Туристско-экскурсионный			Туристско-спортивно-альпинистский				Охотничье-промысловый						
		Бальнеолечение	Климатолечение	Физиотерапия	Фитотерапия	Спортивный	Пешеходный	Конный	Авто-велотуризм	Природно-познават.	Этнографический	Экологический	Экскурсии	Альпинизм	Лыжный спорт	Водный спорт	Дельтапланеризм	Спелеотуризм	Охота	Рыболовство	«Собирательский»
1	К	Н	В	–	–	С	С	С	С	В	В	В	В	В	В	В	С	С	С	В	С
2	З	–	В	–	–	Н	С	Н	С	С	С	В	В	В	В	С	С	С	С	В	В
3	У	–	–	–	–	Н	Н	Н	Н	С	С	С	Н	С	Н	В	С	С	С	В	В
4	М	–	–	–	–	–	Н	Н	Н	С	С	С	С	–	Н	–	–	Н	–	–	Н
5	У-Д	–	–	–	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	Н	–	–	–	–	–	–	–	Н
6	П	–	–	–	–	–	–	–	Н	Н	Н	–	Н	–	–	–	–	–	–	–	Н
7	А-Х	–	–	–	–	–	–	–	–	Н	Н	Н	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	Х	–	Н	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9	А	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	Н	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Примечания. Численность отдыхающих: В – высокая, С – средняя, Н – низкая, – отсутствует. Районы: К – Карачаевский, З – Зеленчукский, У – Урупский, М – Малокарачаевский, У-Д – Усть-Джегутинский, П – Прикубанский, А-Х – Адыгее-Хабльский, Х – Хабезский, А – Абазинский, Н – Ногайский.

Таблица демонстрирует крайне неравномерное распределение рекреационных объектов в пространстве. Основная их часть находится в трех южных административных районах. Внутри этих средне- и высокогорных районов с максимальным пейзажным разнообразием сгущения рекреантов в свою очередь имеют очаговый характер и тяготеют к высокогорью. В Карачаевском районе основная масса их сосредоточена в Домбае и Теберде, в Зеленчукском – в Архызе. Там же находится абсолютное большинство отелей, гостиниц и турбаз. Начиная с 2013 г. активно развивается Архыз благодаря оборудованию лыжных трасс и подъемников: в зимние каникулы 2013–2014 гг. там побывало 35 тыс. человек, а через год – 100 тыс.

Санаторное лечение в республике развито слабо – функционируют два санатория в г. Теберда и один – г. Черкесск. Появившиеся в последние годы конно-прокатные пункты тяготеют к турбазам. Давно известные культурно-исторические достоприме-

чательности (9 объектов) в привлечении туристов играют скромную роль. Решающее значение имеет не их культурно-историческая ценность, а транспортная доступность. Среди них на первом месте по посещаемости Нижне-Архызский историко-архитектурный комплекс и Специальная астрофизическая обсерватория (САО) в долине р. Бол. Зеленчук. КЧР насыщена комплексом уникальных природных объектов и памятниками культурно-исторического наследия для воспроизводства интеллектуальных, эмоциональных и физических сил, открывающих перспективы развития индустрии международного туризма и отдыха [15].

При комплексном туристско-рекреационном районировании учитывались имеющиеся типы рекреационных ресурсов и соответствующие им виды рекреационной деятельности. Последние менее представительны, так как обычно осуществляются в пределах таксонов более низкого ранга. Выделенные нами 5 рекреационных районов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Рекреационные районы КЧР

Район	Таксоны разного ранга	Рельеф	Вид рекреационной деятельности, специализация
Верхнекубанский	Карачаевск Теберда Домбай Мара Махар Битик-Тебе Бийчесын Худес	низкогорный высокогорный высокогорный высокогорный низко-средне- высокогорный высокогорный высокогорный высокогорный	Этнографический, туристско-познавательный, оздоро- вительный, лечебно-экскурсионный, зимние виды спорта, альпинизм
Зеленчукский	Нижний Архыз Верхний Архыз (подрайон) Лесо-Кяфар	среднегорный среднегорный	Этнографический, исторический, туристский, научно-познавательный, научно-производственный
Урупско-Лабинский	Уруп Верховья Лабы	среднегорный средне-высоко- горный	туристско-познавательный, оздоро- вительный
Подкумско-Хасаутский	Гум- Баши-Бермамыт Хасаут Рим-Гора Медовые водопады	высокогорный среднегорный среднегорный низко-средне- горный	туристско-экскурсионный, оздоро- вительный, этнографический
Черкесско-Хабезский	Черкесск Адиух	низкогорный низкогорный	лечебно-экскурсионный, туристско- познавательный, этнографический

В рекреационном отношении районы освоены в различной степени; графически на картах размещение отдыхающих выражено ареалами, линиями (маршруты, транспортные потоки) и точками (отдельные объекты или предприятия): Верхнекубанский – частично освоенный (бассейн Теберды с двумя туристско-рекреационными ареалами), Зеленчукский – осваиваемый (с одним ареалом), Урупско-Лабинский – потенциальный, Подкумско-Хасаутский и Черкесско-Хабезский – точечные. Функционируют всего два интенсивных транспортных потока отдыхающих – Черкесск – Домбай и Черкесск – Архыз.

Пережающее развитие Теберды, Домбая и Архыза в значительной степени связано с транспортной доступностью этих объектов. По долине Теберды и её притока Гоначхира в древние времена проходила караванная тропа через Клухорский перевал к Черному морю. В 1894–1903 гг. через перевал была построена колесная Военно-Сухумская дорога. В конце 1950-х гг. в КЧР первая асфальтированная автотрасса к подножию Водораздельного Главного хребта была проложена по долине реки Теберды. После этого долина Кубани южнее Карачаевска с её пыльной ухабистой грунтовой дорогой стала восприниматься

как «бедная родственница». Асфальтовое покрытие кубанская дорога получила на 20 лет позже Теберды. Между тем в верховьях Кубани расположено несколько речных долин (Даут, Махар-Суу, Учкулан, Узункол, Уллу-Кам, Уллу-Хурзук) с набором природных компонентов, подобных Домбаю (троговые долины, высотная поясность растительности, альпинотипный рельеф, водные объекты – порожистые реки с ледниковым и снеговым питанием, озера). Подобные ландшафтные комплексы, помимо Архыза, имеются и в Зеленчукском рекреационном районе в истоках Марухи и Аксаута; в Урупско-Лабинском – это бассейны рек Дамхурц, Макера, Санчаро и истоки Большой Лабы.

Выводы

Территория КЧР включает фрагменты следующих морфоструктур (с юга на север): Главного хребта, Передового хребта, Северо-Юрской депрессии, Скалистого и Пастбищного хребтов. Особенности рельефа и определяют границы большинства административных районов, которые совпадают с водоразделами речных бассейнов, т.е. бассейновых геосистем. Соответственно, нами выделены пять рекреационных районов, часть которых территориально близка административным единицам: Верхнекубанский,

Зеленчукский, Урупо-Лабинский, Подкумско-Хасаутский и Черкесско-Хабезский.

При ранжировании рекреационных объектов КЧР помимо принципа «ландшафтной определенности» учитывалась степень обустроенности территории (полнота внутренней функциональной структуры таксона).

На территории республики выявлено крайне неравномерное распределение рекреационных объектов в пространстве. Основная их часть находится в трех южных административных районах: Верхнекубанском, Зеленчукском и Урупо-Лабинском. Внутри этих средне- и высокогорных районов с максимальным пейзажным разнообразием сгущения рекреантов в свою очередь имеют очаговый характер и тяготеют к высокогорью.

Туристско-рекреационное районирование территории является комплексной задачей, т.к. учитывает многогранность туристской деятельности, физико-географические, социально-географические, туристско-технологические и другие критерии. В качестве ведущего признака районирования КЧР были приняты параметры рекреационных ресурсов, так как основная часть территории республики находится в начальной стадии рекреационного освоения. Выполненное типологическое районирование может быть использовано в прикладных целях при планировании развития рекреационной системы и последующем управлении ею.

Список литературы

1. Путрик Ю.С. Карта «Рекреационное районирование». М-б 1:45 000 000. Национальный атлас России. Том 2. Раздел «Охрана природы». – М.: Роскартография, 2007. – С. 478.
2. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование: Учеб. – М.: Высш. шк., 1991. – 366 с.
3. Михеев В.С. Ландшафтно-географическое обеспечение комплексных проблем Сибири. – Новосибирск: Наука, 1987. – 208 с.
4. Преображенский В.С. Физико-географические аспекты и проблемы организации отдыха / В.С. Преображенский // Географические проблемы организации туризма и отдыха. Вып. 1. – М.: Турист, 1975. – С. 5–15.
5. Зырянов А.И., Королев А.Ю. Туристское районирование горных территорий // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2009. – № 6. – С. 19–25.
6. Бахвалов Ф.В. Методика туристско-рекреационного районирования Карельского перешейка // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. – 2009. – № 2. – С. 74–82.
7. Ирисова Т.А., Колотова Е.В. Рекреационное районирование как инструмент анализа внутреннего туристского рынка России // Индустрия туризма: возможности, приоритеты, проблемы и перспективы. – 2015. – № 8–1. – С. 65–70.
8. Дряев М.Р., Туаев Г.А., Гобеев М.А. Туристско-рекреационное районирование РСО-Алания // Курортно-рекреационный комплекс в системе регионального развития: инновационные подходы. – 2013. – Т. 1. – С. 131–133.
9. Онищенко В.В.Л., Дегя Н.С. Устойчивое развитие Карачаево-Черкесии в условиях современной организации горных экосистем // Устойчивое развитие горных территорий. – 2009. – № 1. – С. 49–54.
10. Аппоева Л.И., Кормазова А.Б. Модификации географической информационной системы в геоморфологии

чекском моделировании территории Карачаево-Черкесской республики // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2015. – № 3 (32). – С. 73–77.

11. Иванкова Т.В., Кипкеева П.А. Ландшафтные структуры горных бассейновых систем северного Приэльбурья как основа оптимизации природопользования // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2016. – № 3. – С. 23–28.

12. Кипкеева П.А., Потапенко Ю.Я. Геоморфологические особенности дна долины р. Теберда (Северный Кавказ) // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2016. – № 2 (190). – С. 100–104.

13. Кипкеева П.А., Потапенко Ю.Я. Геоэкологическая ситуация в пределах дна долины реки Теберды (Северный Кавказ) // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2016. – Т. 10, № 3. – С. 108–112.

14. Виноградов Б.В. Основы ландшафтной экологии. – М.: ГЕОС, 1998. – 418 с.

15. Кипкеева П.А. Экологические курсы с использованием ГИС-технологий. Учебно-методическое пособие. – Карачаевск, 2009. – 185 с.

References

1. Putrik Ju.S. Karta «Rekreacionnoe rajonirovanie». M-b 1:45 000 000. Nacionalnyj atlas Rossii. Tom 2. Razdel «Ohrana prirody». M.: Roskartografija, 2007. pp. 478.
2. Isachenko A.G. Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe rajonirovanie: Ucheb. M.: Vyssh. shk., 1991. 366 p.
3. Miheev B.C. Landshaftno-geograficheskoe obespechenie kompleksnyh problem Sibiri. Novosibirsk: Nauka, 1987. 208 p.
4. Preobrazhenskij B.C. Fiziko-geograficheskie aspekty i problemy organizacii otdyha / B.C. Preobrazhenskij // Geograficheskie problemy organizacii turizma i otdyha. Vyp. 1. M.: Turist, 1975. pp. 5–15.
5. Zyrjanov A.I., Korolev A.Ju. Turistskoe rajonirovanie gornyh territorij // Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 5: Geografija. 2009. no. 6. S. 19–25.
6. Bahvalov F.V. Metodika turistsko-rekreacionnogo rajonirovanija Karelskogo pereshejka // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Serija 7. Geologija. Geografija. 2009. no. 2. pp. 74–82.
7. Irisova T.A., Kolotova E.V. Rekreacionnoe rajonirovanie kak instrument analiza vnutrennego turistskogo rynka Rossii // Industrija turizma: vozmozhnosti, prioritety, problemy i perspektivy. 2015. no. 8–1. pp. 65–70.
8. Driaev M.R., Tuavev G.A., Gobeev M.A. Turistsko-rekreacionnoe rajonirovanie RSO-Alanija // Kurortno-rekreacionnyj kompleks v sisteme regionalnogo razvitiija: innovacionnye podhody. 2013. T. 1. pp. 131–133.
9. Onishhenko V.V.L., Dega N.S. Ustojchivoe razvitie Karachaevsko-Cherkessii v uslovijah sovremennoj organizacii gornyh jekosistem // Ustojchivoe razvitie gornyh territorij. 2009. no. 1. pp. 49–54.
10. Appoeva L.I., Kormazova A.B. Modifikacii geograficheskoj informacionnoj sistemy v geomorfologicheskom modelirovanii territorii Karachaevsko-Cherkesskoj respubliky // Izvestija Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki. 2015. no. 3 (32). pp. 73–77.
11. Ivankova T.V., Kipkeeva P.A. Landshaftnye struktury gornyh bassejnovyh sistem severnogo Prijelbrusja kak osnova optimizacii prirodopolzovanija. Jekologicheskij vestnik nauchnyh centrov Chernomorskogo jekonomicheskogo sotrudnichestva. 2016. no. 3. pp. 23–28.
12. Kipkeeva P.A., Potapenko Ju.Ja. Geomorfologicheskie osobennosti dnishha doliny r. Teberda (Severnij Kavkaz) // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Serija: Estestvennye nauki. 2016. no. 2 (190). pp. 100–104.
13. Kipkeeva P.A., Potapenko Ju.Ja. Geojekologicheskaja situacija v predelah dnishha doliny reki Teberdy (Severnij Kavkaz) // Izvestija Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki. 2016. T. 10, no. 3. pp. 108–112.
14. Vinogradov B.V. Osnovy landshaftnoj jekologii. M.: GEOS, 1998. 418 p.
15. Kipkeeva P.A. Jekologicheskie kursy s ispolzovanijem GIS-tehnologij. Uchebno-metodicheskoe posobie. Karachaevsk, 2009. 185 p.

УДК 504.53.054

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ И АЗОТА В ГРУНТАХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНОГО ОБЪЕКТА И ПРИЛЕГАЮЩИХ К НЕМУ ТЕРРИТОРИЙ

¹Кочетова Ж.Ю., ¹Базарский О.В., ²Маслова Н.В.

¹ФГКВОВ ВПО ВВС ВВА «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина», Воронеж;

²ФГБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии № 97 ФМБА России Федерального
медико-биологического агентства», Воронеж, e-mail: zk_vva@mail.ru

В статье представлены результаты многолетнего систематического наблюдения за содержанием нефтепродуктов, соединений азота (нитратов и нитритов), значением pH в различных грунтах экологически опасного объекта (испытательного комплекса ракетноносителей) и прилегающих к нему территорий (в том числе жилых и рекреационных зон). Проведена корреляция между содержанием нефтяных углеводородов, соединений азота и кислотностью грунтов. Установлено, что концентрация нитратного азота увеличивается в условиях средне- и сильнозагрязненных грунтов нефтепродуктами, причем соотношения содержания нефтяных углеводородов и нитратного азота различны для индивидуальных типов грунтов. Наиболее высокий коэффициент корреляции между содержанием нефтяных углеводородов и нитратов характерен для суглинков. На территориях с преобладающим лессовым типом грунтов и черноземом коэффициент корреляции снижается в большей мере при низком уровне загрязнения грунтов нефтепродуктами. Минимальное количество нитратов и нитритов отмечалось для территорий с песками и супесью, где сумма пылеватых и глинистых частиц не превышает 25%. В статье показана динамика увеличения кислотности грунтов на территориях испытательных площадок ракетных двигателей, металлургического производства и жилых районов. Для всех точек отбора проб характерно закономерное снижение pH грунтов при увеличении концентрации нефтяных углеводородов и нитратов. В среднем pH за 11 лет изменился на $(18 \pm 4)\%$. Исключение составляет территория металлургического комплекса, грунты которой имеют повышенное содержание металлов и характеризуются мало изменяющимся во времени значением щелочной среды. Показано влияние pH грунтов на тесноту связи между содержанием нитратного и нитритного азота. Полученные закономерности между содержанием нефтепродуктов, соединениями азота и изменением кислотности в разных типах грунтов могут быть использованы для оценки экологической опасности аналогичных объектов.

Ключевые слова: мониторинг грунтов, загрязнение грунтов нефтепродуктами, нитраты в грунтах, нитриты в грунтах, pH грунтов

CONTENT MONITORING OF OIL AND NITROGEN IN THE SOIL OF ECOLOGICALLY DANGEROUS OBJECT AND THE SURROUNDING REGIONS

¹Kochetova Zh.Yu., ¹Bazarskiy O.V., ²Maslova N.V.

¹Military educational and scientific center air force «N.E. Zhukovsky
and Y.A. Gagarin Air Force Academy», Voronezh;

²Hygiene and Epidemiology № 97 FMBA of Russia Federal Medical Biological Agency,
Voronezh, e-mail: zk_vva@mail.ru

In this paper presented the results of multiyear systematic monitoring for the petroleum products content, nitrogen compounds (nitrates and nitrites), the pH value in the different soils of eco-dangerous objects(test complex of missile-carrying aircrafts) and its surrounding areas(the living and recreation areas). We are implement the correlation between the content of petroleum hydrocarbons, nitrogen compounds and acidity of soils. We are establish that the concentration of nitrate nitrogen increases under conditions of medium and heavily polluted soils by the oil product. The ratios of the petroleum hydrocarbons content and the nitrate nitrogen content are different for individual types of soils. The highest correlation coefficient between the petroleum hydrocarbons content and nitrates content is characterized for loams. The correlation coefficient decreases in the conditions of low level of soil pollution by petroleum products in areas with a predominant forest type of soils and chernozemic type of soils. The minimum quantity of nitrates and nitrites was noted on the territories with sand and sandy clay: the sum of pulverescent particles and clay particles does not exceed 25%. In this paper presented the dynamic of increasing the acidity of soils on the territories of test sites for rocket engines, metallurgical production and residential areas. For the all points of sampling are characterized the regular decreasing of the pH value with increasing of the concentration of petroleum hydrocarbons and nitrates. The average pH value over 11 years has changed by $(18 \pm 4)\%$. The territory of the metallurgical complex is an exception. It's soils are characterized by an elevated level of metal content and by the value of alkaline condition that little change in time. In this paper presented the soil's pH value that influence on linkage between the content of nitrate and nitrite nitrogen. We are obtained the consistent pattern between the content of petroleum products, nitrogen compounds and acidity change in different types of soils. It's all can be used for estimating the ecological hazard of similar objects.

Keywords: soil monitoring, soil contaminated with oil products, nitrates in the soil, nitrite in soils, pH-soils

При возрастающем негативном воздействии нефтяных загрязнений на объекты окружающей среды важной задачей экологических исследований является точная оценка и прогнозирование состояния почвенного покрова. Процессы

распространения, превращения, аккумуляции нефти и нефтепродуктов (НП) в грунтах зависят от многих факторов: объема и природы поллютантов, типа грунтов, климатических и ландшафтных условий [1].

Вопросам загрязнения грунтов нефтью и НП посвящено немало трудов: установлено влияние нефтеуглеводородов на морфологию, водопроницаемость, влагоемкость почв [2], гумусное состояние [3], комплекс почвенных микроорганизмов [4], азотный режим [5, 6], кислотность [7]. Известно, что при разливах нефти и НП в первую очередь повышается содержание органического углерода в грунтах, что приводит к увеличению соотношения C:N. При этом подавляется процесс нитрификации, снижается концентрация подвижных форм калия и фосфора, ухудшается плодородие грунтов [5]. Однако на сегодняшний день в литературе недостаточно освещена зависимость содержания нитратного и нитритного азота от степени нефтезагрязнения разных типов грунтов.

Цель работы – мониторинг содержания нефтепродуктов, соединений азота, изменения pH в различных грунтах экологически опасного объекта и прилегающих к нему территорий, установление тесноты связи между их значениями на основе многолетних систематических наблюдений в период с 2007 по 2016 г.

Материалы и методы исследования

В Воронеже к экологически опасным объектам относится АО «Конструкторское бюро химавтоматики» (АО «КБХА»), на территории которого находятся испытательные стенды для двигателей ракетополетителей, работающих на углеводородных топливах, в том числе I класса опасности и керосине. Ориентировочно допустимая концентрация (ОДК) нефтяных топлив для земель промышленности, транспорта, связи, обороны составляет 100 мг/кг. Незагрязненными считаются грунты с содержанием НП < 5 мг/кг, слабо загрязненными – от 5 до 50, средне загрязненными – от 51 до 500 и сильно загрязненными – от 501 до 10000 мг/кг. Предельно допустимая концентрация (ПДК) нитратов в грунтах составляет 130 мг/кг, нитритов – не установлена (ГН 2.1.7.2041-06) [1].

Изучено загрязнение почв нефтепродуктами санитарно-защитной и селитебной зон (СЗЗ и СЗ) АО «КБХА» (рис. 1). Размер и границы СЗЗ отличаются от расчетных вследствие близкого расположения испытательного комплекса к дачным участкам с жилой застройкой и зоной рекреации. Испытательный комплекс находится на 14 км южнее СЗ Советского района г. Воронеж. С севера СЗ ограничена автомагистралью, коллективными садами и военным аэродро-

мом «Балтимор»; с востока на расстоянии 400 м расположено Федеральное государственное унитарное предприятие; с юга – лесной массив; с востока – сельскохозяйственные угодья.

Зона жилой застройки (точки отбора проб Т. 1–3), территория Шиловского леса (Т. 7, 8) и промплощадки испытательного комплекса (Т. 11–15) находятся под дополнительным загрязняющим нефтепродуктами воздействием со стороны военного аэродрома, интенсивность работы которого увеличивалась в 2010 и 2014 гг. [8]. Кроме того, на территории Шиловского леса расположен комплекс металлургического производства, являющийся источником поступления в грунты тяжелых металлов. С 2008 г. возросли объемы выбросов НП в объекты окружающей среды в связи с увеличением количества проводимых испытаний в АО «КБХА». С 2012 г. увеличилась доля использования керосина в качестве топлива ракетных двигателей.

С каждой площадки (10×10 м²) на глубине 0–15 см отбирали 5–10 индивидуальных образцов с массами 0,6–0,8 кг методом случайной выборки. Отбор грунтов проводили два раза в год (весной и осенью); образцы консервировали, транспортировали, хранили и анализировали в соответствии с действующими документами (ПНДФ 16.1:2.2.22-98; 16.1:2.2.2:3.67-10; 16.1:2.2.2:3.51-08).

Результаты исследования и их обсуждение

Предварительно устанавливали характерный для точек отбора проб тип грунта [9]: чернозем (ЧЗ) – Т. 1, 2; урбанизированный грунт (УГ) – Т. 3, 4; суглинок (СГ) – Т. 5, 6, 11 – 15; лесс (Л) – Т. 7, 8; супесь (СП) – Т. 9, 11.

В течение 2007–2016 гг. во всех пробах отмечалось присутствие НП. На территории СЗЗ (Т. 1–4, 7, 8) их концентрация варьировалась в широких пределах – от 15,0 до 1489,9 мг/кг. Максимальное загрязнение было зафиксировано в 2015 г. в дачном поселке «Сады», что связано с интенсивной деятельностью аэродрома и АО «КБХА». На селитебной (Т. 5, 6, 10) и рекреационной (Т. 9) территориях загрязнение грунтов НП изменялось от 3 до 205,6 мг/кг в различные годы. Высокое и постоянное загрязнение грунтов наблюдалось на территории испытательных площадок (Т. 11–14). Максимальная концентрация НП (878,2 мг/кг) зафиксирована в Т. 14 в 2012 г.



Рис. 1. Точки отбора проб: 1, 2 – зона жилой застройки («Сады» 500 м и «Сады» 1400 м); 3 – ул. Острогоржская (автотранспортный цех); 4 – Воронежская атомная станция теплоснабжения (недействующая); 5 – пос. Шилово; 6 – пос. Малышево; 7, 8 – комплекс металлургического производства (северное и южное направления); 9 – пос. Таврово; 10 – пос. Семилуцкие выселки; 11–15 – промышленные площадки испытательного комплекса

Значительную долю в загрязнение окружающей среды вносят соединения азота, которые в промышленной части города встречаются в основном в виде нитратов (NO_3^-). Нитраты активно мигрируют в грунтах благодаря высокой растворимости в воде, химической устойчивости и неспособности образовывать почвенные коллоиды. Нитрит-ионы (NO_2^-) – промежуточные продукты восстановления нитратов – так же подвижны и хорошо растворимы в воде, но проявляют реакционную активность и способны образовывать комплексы с металлами [10]. Основное влияние на миграцию соединений азота оказывают климатические условия (в том числе годовая динамика

атмосферных осадков, температурный режим), типы грунтов (гранулометрический состав, характер распределения пор, водно-физические свойства). Во влажных почвах нитриты переходят в нитраты вследствие биологического окисления.

Незначительное превышение ПДК нитратов за исследуемый период времени было зафиксировано на территориях металлургического производства (Т. 7, 8); пос. Малышево (Т. 6); промышленных площадок испытательного комплекса (Т. 14, 15). Высокие концентрации азота в грунтах пос. Малышево объясняются расположенной в нем свалкой бытовых отходов – мощного источника поступления азотсодержащих

соединений в грунты. Повышение содержания NO_3^- в грунтах металлургического производства является следствием газовых выбросов доменного, сталеплавильного и других производств, содержащих в больших количествах оксиды азота. Повышение концентраций NO_3^- (так же, как и НП) во всех точках отбора проб зафиксировано после 2010 г. и достигает своего максимума к 2015–2016 гг.

Высокое содержание нитрит-ионов ($C_{\text{NO}_2^-} \geq 0,5$ мг/кг) наблюдалось во всех точках отбора проб, кроме Т. 3, 5, 9–13. Максимальные значения $C_{\text{NO}_2^-} > 1$ мг/кг определены на территории дачного поселка «Сады» с преобладающим типом почв – черноземом, в котором интенсивно проходят процессы минерализации и нитрификации органических азотсодержащих соединений с микробиологическим окислением образующегося при этом аммония до нитратов и нитритов. Лессовый состав грунтов (Т. 7, 8) характеризуется щелочным значением рН вследствие повышенного содержания

различных солей. Кроме того, металлургический цех является источником металлов, с которыми нитрит-ионы образуют комплексные соединения, что снижает их миграционную способность и вымывание из верхних слоев в нижние горизонты. Минимальное количество нитратов и нитритов за все исследуемое время отмечалось в Т. 9 (пос. Семилукские выселки), для которой характерны пески и СП с суммой пылеватых и глинистых частиц $< 25\%$ [10], что свидетельствует о низкой адсорбционной способности грунта и высокой скорости фильтрации поллютантов в нем.

Изучена взаимосвязь между содержанием в грунтах НП, нитратов, нитритов и изменением рН. Для сопоставления динамики изменения концентраций загрязнителей в грунтах показатели нормировали путем соотношения текущей концентрации к максимальной за изученный период времени (C/C_{max}). В качестве примера выбраны 4 точки отбора проб, отличающиеся по степени загрязнения и типам грунтов (рис. 2).

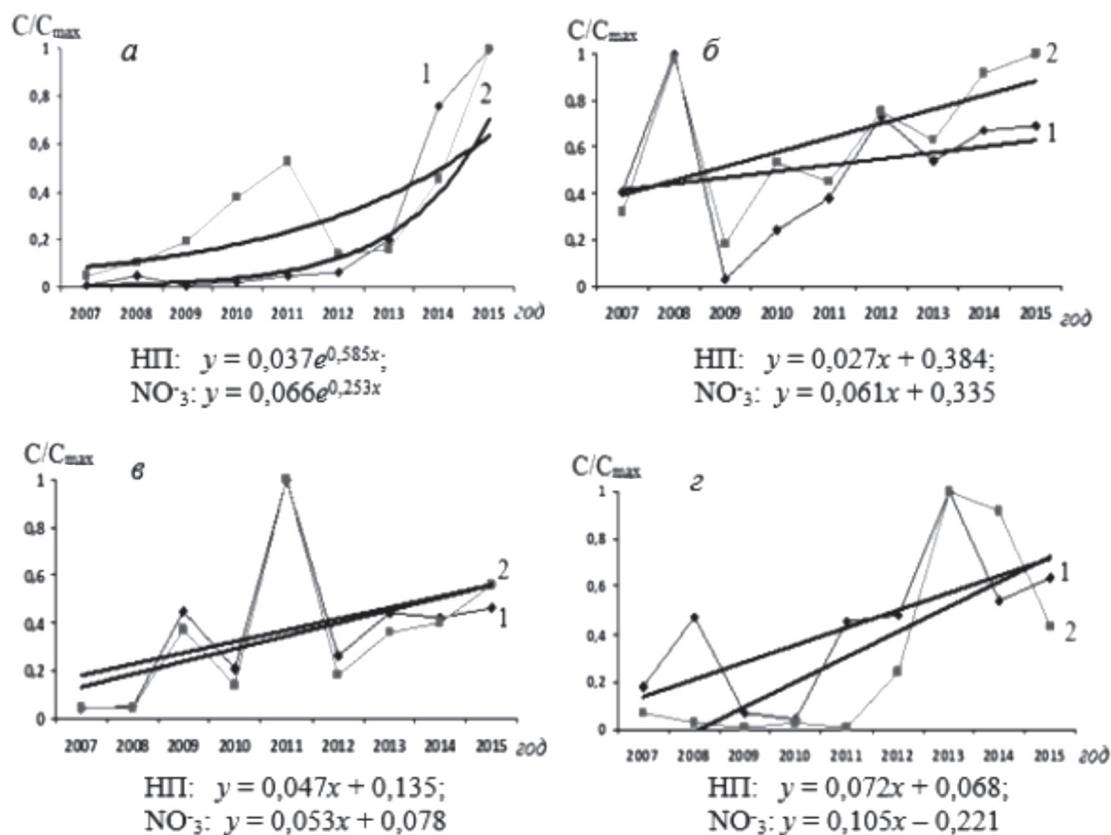


Рис. 2. Динамика изменения концентрации нефтепродуктов (1) и нитратов (2) в точках отбора проб грунтов: а) Т. 2 – пос. «Сады»; б) Т. 6 – пос. Малышево; в) Т. 14 – площадка испытательного комплекса; г) Т. 8 – комплекс металлургического производства

Из рисунка следует, что в подавляющем большинстве случаев увеличение концентрации НП влечет рост содержания NO_3^- в грунтах, что описано соответствующими уравнениями регрессии. Исключение составляет загрязнение ЧЗ на территории дачного поселка «Сады» в период неактивной работы аэродрома и испытательного комплекса, когда степень загрязнения грунтов НП не превышала 50 мг/кг. При среднем и высоком уровне загрязнения грунтов наблюдается высокая корреляция между содержанием НП и нитратного азота независимо от типа грунтов (таблица).

Наиболее высокий коэффициент корреляции (R) между содержанием НП и NO_3^- характерен для суглинков. На территориях металлургического комплекса (с преобладающим лесовым типом грунтов) и дачного пос. «Сады» (с черноземом) R снижается в большей мере при низком уровне загрязнения грунтов НП. Это объясняется особенностью инфильтрации NO_3^- на участках занятых растительностью, особенно видами с развитой корневой системой, когда происходит «поглощение» влаги и соединений азота корнями растений. Почвы с высоким содержанием НП теряют способность впитывать и удерживать влагу, при этом нарушается корневое питание растений, концентрация азотсодержащих веществ увеличивается.

Процесс преобразования нитратов в нитриты в естественных условиях происходит биохимическим путем в узком диапазоне pH (~7–8) [10, 11]. На него влияют многие факторы, в том числе температурный режим, количество осадков, свойства грунтов, поэтому содержание нитритного азота в за-

висимости от концентрации НП и нитратов в грунтах изменяется незначительно и разнонаправленно. Исключением является территория металлургического комплекса (Т. 7, 8), где из-за высокого содержания металлов в грунтах преобладала щелочная среда (среднее значение в изученный период времени $\text{pH} = 7,59 \pm 0,62$). В данном случае установлена достаточно высокая теснота связи между содержанием в грунтах нитратного и нитритного азота ($R = 0,78$).

Для остальных точек отбора проб характерно закономерное снижение pH грунтов при увеличении концентрации НП и NO_3^- . Точке отбора проб Т. 6, находящейся в непосредственной близости от свалки ТБО, также соответствует общая тенденция повышения кислотности грунтов, однако наблюдалось резкое изменение pH в разные годы, что, по-видимому, связано с деятельностью мусороперерабатывающего предприятия «Мальшевское» (рис. 3).

Минимальное значение $\text{pH} = 5,8 \pm 0,2$ было зафиксировано в 2016 г. на промышленной площадке испытательного комплекса (Т. 14) и на территории дачного пос. «Сады» (Т. 1, 2) с повышенным уровнем загрязнения грунтов НП. В среднем для всех изученных точек отбора проб pH за 11 лет изменился на $(18 \pm 4)\%$.

Заключение

Проведенные исследования показывают, что в пределах экологически опасного объекта АО «КБХА» и прилегающих к нему территорий, в том числе жилых и рекреационных зон, химический состав грунтов изменен и эта тенденция продолжает нарастать.

Корреляционные матрицы содержания в грунтах нефтепродуктов, нитратов, нитритов и pH

Т2 – «Сады» (ЧЗ)					Т6 – Пос. Мальшево (СГ)				
$C_2 \backslash C_1$	$C_{\text{НП}}$	C_{NO_3}	C_{NO_2}	pH	$C_2 \backslash C_1$	$C_{\text{НП}}$	C_{NO_3}	C_{NO_2}	pH
$C_{\text{НП}}$	1	0,52	-0,41	-0,48	$C_{\text{НП}}$	1	0,88	-0,15	0,33
C_{NO_3}	0,52	1	-0,48	-0,67	C_{NO_3}	0,88	1	-0,57	0,02
C_{NO_2}	-0,41	-0,48	1	-0,02	C_{NO_2}	-0,15	-0,57	1	-0,04
pH	-0,48	-0,67	-0,02	1	pH	0,33	0,02	-0,04	1
Т8 – Металлургический комплекс (Л)					Т14 – Испытательная площадка (СГ)				
$C_2 \backslash C_1$	$C_{\text{НП}}$	C_{NO_3}	C_{NO_2}	pH	$C_2 \backslash C_1$	$C_{\text{НП}}$	C_{NO_3}	C_{NO_2}	pH
$C_{\text{НП}}$	1	0,79	0,78	-0,38	$C_{\text{НП}}$	1	0,98	0,19	-0,55
C_{NO_3}	0,79	1	0,53	-0,54	C_{NO_3}	0,98	1	0,06	-0,63
C_{NO_2}	0,78	0,53	1	-0,32	C_{NO_2}	0,19	0,06	1	0,12
pH	-0,38	-0,54	-0,32	1	pH	-0,55	-0,63	0,12	1

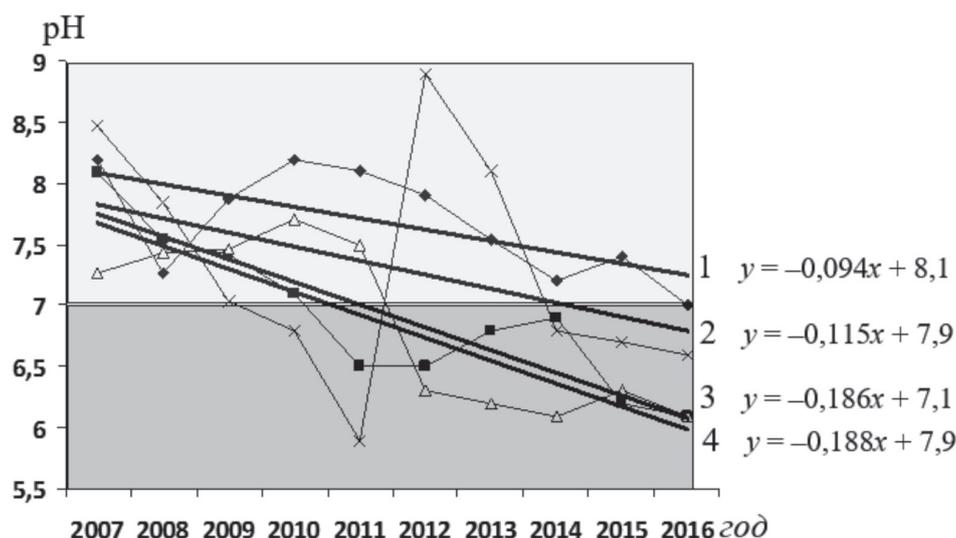


Рис. 3. Динамика изменения рН грунтов на территориях металлургического комплекса (1); пос. Малышево (2); дачного пос. «Сады» (3); испытательной площадки (4)

Во всех типах грунтов наблюдается высокая корреляция между содержанием нефтепродуктов и нитратного азота, которая усиливается по мере увеличения концентрации НП. Наиболее высокая корреляция из изученных типов грунтов между содержанием НП и NO_3^- установлена для суглинков. Высокий коэффициент корреляции между концентрациями НП и нитритного азота наблюдается на территории металлургического комплекса при повышенном содержании металлов в грунте, что свидетельствует об образовании комплексов с нитрит-ионами. Отрицательная корреляция содержания нитритов с НП и нитратами характерна для территории дачного пос. «Сады» из-за их высокой миграционной способности в черноземе. К зонам экологического риска относятся испытательные площадки АО «КБХА», а также зона жилой застройки – дачный пос. «Сады», подвергающийся негативному техногенному воздействию и со стороны военного аэродрома.

Выявленные закономерности между содержанием НП, нитратов, нитритов и изменением рН в разных типах грунтах могут быть использованы для оценки экологической опасности аналогичных объектов.

Список литературы

1. Джамбетова П.М. Эколого-генетический мониторинг загрязнения окружающей среды нефтепродуктами: монография / П.М. Джамбетова. – Грозный: Изд-во ЧГУ, 2012. – 110 с.

2. Коршунова Т.Ю., Логинов О.Н. Опыт применения консорциума микроорганизмов-деструкторов углеводородов для обезвреживания нефтеотходов / Т.Ю. Коршунова, О.Н. Логинов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=13407>.

3. Сулейманов Р.Р., Назырова Ф.И. Изменение буферности почв при загрязнении нефтепромышленными водами и сырой нефтью / Р.Р. Сулейманов, Ф.И. Назырова // Вестник ОГУ. – 2007. – № 4. – С. 133–139.

4. Оценка экотоксичности тяжелых металлов и нефти по биологическим показателям чернозема: монография / М.Г. Жаркова [и др.]. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2014. – 240 с.

5. Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р., Гарипов Т.Т. Деградация и мелиорация почв при загрязнении нефтепромышленными водами / И.М. Габбасова, Р.Р. Сулейманов, Т.Т. Гарипов // Почвоведение. – 2013. – № 2. – С. 226–223.

6. Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р. Трансформация серых лесных почв при техногенном засолении и осолонцевании в нефтедобывающих районах Южного Приуралья / И.М. Габбасова, Р.Р. Сулейманов // Почвоведение. – 2007. – № 9. – С. 1120–1128.

7. Бракоренко Н.Н., Емельянова Т.Я. Критерии экологической оценки геологической среды в связи с воздействием нефтепродуктов / Н.Н. Бракоренко, Т.Я. Емельянова // Вестник ТГУ. – 2015. – № 393. – С. 213–217.

8. Жидко Е.А., Муштенко В.С. Экологические проблемы современных городов (на примере г. Воронежа) / Е.А. Жидко, В.С. Муштенко // Научный вестник ВГАСУ. Сер. Высокие технологии. Экология. – 2015. – № 1. – С. 124–129.

9. Шамраев А.В., Шорина Т.С. Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты природной среды / А.В. Шамраев, Т.С. Шорина // Вестник ОГУ. – 2009. – № 6(100). – С. 642–645.

10. Техногенное преобразование природной среды территории г. Воронежа и его экологические последствия: монография / Косинова И.И. [и др.]. – М.: Изд. центр РГО-ТУПСа, 2007. – 172 с.

References

1. Dzhambetova P.M. Jekologo-geneticheskij monitoring zagraznenija okruzhajushhej sredy neftepro-dukтами:

monografija / P.M. Dzhambetova. Groznyj: Izd-vo ChGU, 2012. 110 p.

2. Korshunova T.Ju., Loginov O.N. Opyt primeneniya konsorciuma mikroorganizmov-destruktorov uglevodorodov dlja obezvrezhivaniya nefieothodov / T.Ju. Korshunova, O.N. Loginov // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014. no. 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=13407>.

3. Sulejmanov R.R., Nazyrova F.I. Izmenenie bufernosti pochv pri zagrijaznenii neftepromyslo-vymi vodami i syroj nefiju / R.R. Sulejmanov, F.I. Nazyrova // *Vestnik OGU*. 2007. no. 4. pp. 133–139.

4. Ocenka jekotoksichnosti tjazhelyh metallov i nefi po biologicheskim pokazateljam chernozema: monografija / M.G. Zharkova [i dr.]. Rostov-na-Donu: JuFU, 2014. 240 p.

5. Gabbasova I.M., Sulejmanov R.R., Garipov T.T. Degradacija i melioracija pochv pri zagrijaznenii neftepromyslovymi vodami / I.M. Gabbasova, R.R. Sulejmanov, T.T. Garipov // *Pochvovedenie*. 2013. no. 2. pp. 226–223.

6. Gabbasova I.M. Sulejmanov R.R. Transformacija seryh lesnyh pochv pri tehnogenom zasolenii i osoloncevanii v nefteobnyvajushhij rajonah Juzhnogo Priuralja / I.M. Gabbasova, R.R. Sulejmanov // *Pochvovedenie*. 2007. no. 9. pp. 1120–1128.

7. Brakorenko N.N., Emeljanova T.Ja. Kriterii jekologicheskoj ocenki geologicheskoj sredy v svjazi s vozdejstviem nefteproduktov / N.N. Brakorenko, T.Ja. Emeljanova // *Vestnik TGU*. 2015. no. 393. pp. 213–217.

8. Zhidko E.A., Mushtenko V.S. Jekologicheskie problemy sovremennyh gorodov (na primere g. Voronezha) / E.A. Zhidko, V.S. Mushtenko // *Nauchnyj vestnik VGASU. Ser. Vysokie tehnologii. Jekologija*. 2015. no. 1. pp. 124–129.

9. Shamraev A.V., Shorina T.S. Vlijanie nefi i nefteproduktov na razlichnye komponenty prirodnoj sredy / A.V. Shamraev, T.S. Shorina // *Vestnik OGU*. 2009. no. 6(100). pp. 642–645.

10. Tehnogennoe preobrazovanie prirodnoj sredy territorii g. Voronezha i ego jekologicheskie posledstvija: monografija / Kosinova I.I. [i dr.]. M.: Izd. centr RGOTUPSa, 2007. 172 p.

УДК 622.276.1

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОПЕСКОСТРУЙНОЙ ПЕРФОРАЦИИ И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ НА СЕВЕРО-ЛАБАТЬЮГАНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Минханов И.Ф., Мамчистова Е.И., Хайруллин А.А.

ФБГОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: malenka2002@mail.ru

Настоящая статья посвящена расчёту эффективности гидropескоструйной перфорации и последующей кислотной обработке на примере скважины № 4423 куст № 164 Северо-Лабатьюганского нефтяного месторождения. На Северо-Лабатьюганском месторождении обработка ПЗП осуществляется с помощью ГРП, однако применение этого метода не всегда позволяет решить проблему закупоривания коллектора, но и приводит к обводнению добываемой продукции. При расчёте гидropескоструйной перфорации выяснили, что приращение дебита будет составлять 4,4 м³/сут. Для наших условий выбираем ПАВ Нефтенол К с концентрацией 0,5%, для ГКО, мы будем использовать ингибитор Катапин КИ-1 с концентрацией 0,4%. Таким образом, рецептура СКР следующая: 10% HCl + 0,4% Катапин КИ-1 + 0,5% Нефтенол К; рецептура ГКР: 15% HCl + 3% HF + 0,4% Катапин КИ-1 + 0,5% Нефтенол К. Степень увеличения дебита после СКО + ГКО = 1,76.

Ключевые слова: методы интенсификации, обработка призабойной зоны пласта

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS AT THE HYDRAULIC JET PERFORATION AND SUBSEQUENT ACID TREATMENT IN THE NORTH-LABATYUGANSKOM FIELD

Minkhanov I.F., Mamchistova E.I., Khayrullin A.A.

Federal State the Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tyumen industrial university», Tyumen, e-mail: malenka2002@mail.ru

This article is devoted to the calculation of the efficiency of hydraulic jet perforation and subsequent acid treatment on the example of the well № 4423 bush № 164 North Labatyuganskogo oilfield. North-Labatyuganskomo field PZP processing is carried out by means of hydraulic fracturing, but the use of this method does not always solve the problem of clogging of the collector, but also results in water cut. When calculating the hydraulic jet perforation found that the increase in production rate will be 4.4 m³ / day. For our conditions chosen surfactant Neftenol By a concentration of 0.5% for T-bills, we will use Katapin inhibitor CI-1 at a concentration of 0.4%. Thus recipe TFR follows: 10% HCl + 0.4% Katapin CI-1 + 0.5% Neftenol K; SERS formulation: 15% of HCl + 3% HF + 0.4% Katapin CI-1 + 0.5% Neftenol K. degree increase production rate after RMS + ICT = 1.76.

Keywords: methods of intensification, processing bottomhole formation zone

В ходе анализа промысловой информации установлено, что среднее значение гидродинамического совершенства скважин составляет 0,51, что вызвано загрязнением пласта при первичном вскрытии (строительстве скважины). Актуальностью работы является восстановление естественной проницаемости ПЗП и улучшение гидродинамической связи в системе скважина-пласт за счёт ГПП и КО.

В настоящее время обработка ПЗП осуществляется с помощью ГРП, однако применение этого метода не всегда позволяет решить проблему закупоривания коллекто-

ра, но и приводит к обводнению добываемой продукции [1].

Так же, по сравнению с кумулятивной перфорацией, позволяет повысить качество вскрытия продуктивного пласта.

Эффективность гидropескоструйного разрушения определяется энергией струи, которую принято характеризовать перепадом давления в насадках, гидравлической характеристикой, формируемой в насадке струи, и содержанием в ней абразива [2].

Рассчитаем эффективность ГПП на скважине № 4423, куст № 164 (таблица).

1. Расход жидкости (воды):

$$Q = 4 \cdot 0,82 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,45^2}{4} \cdot 0,01 \cdot \sqrt{\frac{20 \cdot 981 \cdot 250}{1,031}} = 11,4 \text{ л/сек.} \quad (1)$$

Удельный вес смеси с песком:

$$\gamma_{см} = 0,018 \cdot (2,7 - 1) + 1 = 1,031 \text{ г/см}^3. \quad (2)$$

Исходные данные (скв. № 4423, куст № 164)

Параметр	Обозначение	Численное значение
Пластовое давление, МПа	$P_{пл}$	24,6
Глубина залегания кровли, м	$H_{кр}$	2560
Глубина залегания подошвы, м	$H_{п}$	2600
Эффективная нефтенасыщенная толщина, м	$h_{эф}$	17,2
Интервал перфорации, м	$H_{пер}$	2565÷2585
Диаметр по долоту, мм	$D_{д}$	214
Диаметр эксплуатационной колонны, мм	$D_{эк}$	168
Диаметр НКТ, мм	$d_{т}$	73
Толщина стенки эксплуатационной колонны, мм	$\delta_{эк}$	8
Толщина стенки НКТ, мм	$\delta_{т}$	5,5
Плотность нефти в пластовых условиях, кг/м ³	$\rho_{н}$	766
Проницаемость, мкм ²	k	0,02
Вязкость нефти в пластовых условиях, мПа·с	$\mu_{н}$	1,52
Пористость, %	m	19
Диаметр насадок, мм	d_0	4,5
Число насадок, ед.	n	4
Перепад давления в насадках, МПа	$\Delta p_{н}$	25
Весовая концентрация песка, г/л	C_0	50

Объемная концентрация песка (безразмерная величина):

$$C = \frac{50}{50 + 1000 \cdot 2,7} = 0,018. \quad (3)$$

2. Потребное количество жидкости

$$V_{ж} = 2,5 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,073 - 2 \cdot 0,0055)^2}{4} \times 2585 = 19,5 \text{ м}^3. \quad (4)$$

3. Необходимое количество кварцевого песка

$$Q_1 = 19,5 \cdot 50 = 975 \text{ кг}. \quad (5)$$

Глубина проникновения струи в пласт определяется по графику (характеристические кривые насадок гидropескоструйного перфоратора). Для насадки диаметром 4,5 мм и перепада давления 25 МПа равна $l_{пл} = 200$ мм, при данной глубине средний радиус $r_{пл} = 38$ мм.

4. Значение давления на устье скважины должно быть таким, чтобы преодолеть гидравлические потери напора:

$$p_y = p_{пот} = 250 + 31 + 35 = 316 \text{ ат}. \quad (6)$$

Сумма потерь на трении в НКТ и за-трубном пространстве равна 0,12 МПа на 100 м длины.

Тогда общие потери на трение будут равны

$$p_{тр} = 2585 \cdot \frac{0,12}{100} = 3,1 \text{ МПа}. \quad (7)$$

Потери напора на трение в полости $\Delta p_{п} = 35$ ат.

В качестве насосных агрегатов выбираем 4АН-700, технические характеристики приведены в табл. 2.

Возможно проведение ГПП на 3 скорости при подаче 12 л/с.

Количество насосных установок (с учетом запасного):

$$N = \frac{11,4}{12} + 1 = 2. \quad (8)$$

5. Рассчитаем дебит совершенной скважины по формуле Дюпюи, с учетом средней депрессии равной 6 МПа:

$$Q = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,020 \cdot 10^{-12} \cdot 17,2}{1,52 \cdot 10^{-3}} \times \frac{6 \cdot 10^6}{200 \ln \frac{200}{0,107}} = 97,8 \text{ м}^3/\text{сут}. \quad (9)$$

6. Оцениваем гидродинамическое совершенство скважины, вскрытой кумулятивной перфорацией [3, 4].

Для вторичного вскрытия на Северо-Лабатьюганском месторождении применяют кумулятивные перфораторы ПР-43,

– Произведение числа отверстий на диаметр скважины по долоту:

$$nD = 10 \cdot 0,214 = 2,14. \quad (10)$$

– Отношение диаметра отверстий к диаметру скважины:

$$\alpha = \frac{8}{214} \approx 0,04. \quad (11)$$

– Отношение средней эффективной длины пулевых каналов в породе к диаметру скважины:

$$l = \frac{110}{214} \approx 0,5. \quad (12)$$

С помощью графиков Щурова находим коэффициент C_1 , примерно равный 3,1.

Так как среднее гидродинамическое совершенство скважин $\phi_c = 0,51$, то приняв его таковым и для нашей скважины, оценим дополнительные фильтрационные сопротивления S_6 .

$$S_6 = \frac{\ln \frac{200}{0,107} - \phi_c \cdot \left(\ln \frac{200}{0,107} + 3,1 \right)}{\phi_c} = 4,14. \quad (13)$$

Тогда гидродинамическое совершенство скважины с учетом S_6 :

$$\phi_{\text{кп}} = \frac{\ln \frac{200}{0,107}}{\ln \frac{200}{0,107} + 3,1 + 4,14} = 0,51. \quad (14)$$

7. Оценим гидродинамическое совершенство, вскрытой скважины с помощью ГПП:

$$\phi_c = \frac{\ln \frac{200}{0,107}}{\ln \left(\frac{1,76 \cdot 200}{0,2} \right) + \frac{1}{0,2 \cdot 1 \cdot 4} \ln \left(\frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,038 \cdot 1} \right) + 4,14} = 0,56. \quad (15)$$

8. Найдем приращение дебита скважины:

$$Q_H = (0,56 - 0,51) \cdot 97,8 \cdot \frac{100 - 10}{100} = 4,4 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Типичный кислотный раствор состоит из активной части (HCl, HCl + HF), растворителя, ингибитора коррозии, стабилизатора и интенсификатора.

Для наших условий выбираем ПАВ Нефтенол К с концентрацией 0,5%.

В скважине, выбранной для ГКО, мы будем использовать ингибитор Катапин КИ-1 с концентрацией 0,4% [5].

Таким образом рецептура СКР следующая: 10% HCl + 0,4% Катапин КИ-1 + 0,5% Нефтенол К; рецептура ГКР: 15% HCl + 3% HF + 0,4% Катапин КИ-1 + 0,5% Нефтенол К [6].

Ожидаемое изменение пористости после СКО

А. Определение растворимости породы в СКР (по массе):

Известно, что потеря от HCl для данного литотипа пород равна 4,1%, тогда

$$DG_s = 4,1\%.$$

Б. Определение объемной растворимости DV_s :

$$DV_s = \frac{(\rho_{\text{п}} \cdot DG_s)}{\rho_{\text{ск}}}, \%, \quad (16)$$

где $\rho_{\text{ск}} = 2670 \text{ кг/м}^3$ – плотность скелета породы; $\rho_{\text{п}} = 2190 \text{ кг/м}^3$ – плотность пористой породы.

$$DV_s = \frac{2190 \cdot 4,1}{2670} = 3,36\%.$$

В. Определение пористости породы после обработки СКР:

$$m_s = m_0 + DV_s, \%, \quad (17)$$

где m_0 – начальная пористость пласта (до обработки СКР), %;

$$m_s = 19 + 3,36 = 22,36\%.$$

Г. Определение коэффициента возрастания пористости после обработки СКР по сравнению с начальной пористостью:

$$k_{ms} = \frac{m_s}{m_0}, \quad (18)$$

$$k_{ms} = \frac{22,36}{19} = 1,18.$$

Ожидаемое изменение пористости после ГКР

Так как пласт-коллектор Северо-Лабатьюганского месторождения сложен в основном песчано-алевролитовыми фракциями и по содержанию глинистого цемента, общей карбонатности породы схож с месторождением Предкарпатья, то воспользуемся зависимостями для определения растворимости пород, полученными для песчано-алевролитовых пород Предкарпатья [7].

А. Определение растворимости породы в ГКР (по массе):

$$DG_g = 0,6 \cdot C_{гп} + 0,3 \cdot C_k, \quad (19)$$

$$DG_g = 0,6 \cdot 6,1 + 0,3 \cdot 3 = 4,56\%.$$

Б. Определение объемной растворимости DV_g :

$$DV_g = \frac{(\rho_{п} \cdot DG_g)}{\rho_{ск}}, \% \quad (20)$$

$$DV_g = \frac{(2190 \cdot 4,56)}{2670} = 3,74\%.$$

В. Определение пористости породы после обработки ГКР:

$$m_g = m_s + DV_g, \% \quad (21)$$

$$m_g = 22,36 + 3,74 = 26,1\%.$$

Г. Определение коэффициента возрастания пористости после обработки ГКР по сравнению с пористостью после обработки СКР:

$$k_{mg} = \frac{m_g}{m_s}, \quad (22)$$

$$k_{mg} = \frac{26,1}{22,36} = 1,17.$$

д) Определение коэффициента возрастания пористости после обработки ГКР по сравнению с начальной пористостью:

$$k_{msg} = k_{ms} \cdot k_{mg}, \quad (23)$$

$$k_{msg} = 1,18 \cdot 1,17 = 1,38.$$

Определим количество растворенной породы после СКР

$$G_{ms} = 2,58 \cdot 10^6 \cdot 25 \cdot 10^{-6} \cdot V_{ks} =$$

$$= 64,5 \cdot V_{ks} = 64,5 \cdot 10 = 645 \text{ кг},$$

$$G_{mg} = 4,29 \cdot 10^6 \cdot 22 \cdot 10^{-6} \cdot V_{kg} =$$

$$= 94,38 \cdot V_{kg} = 943,8 \text{ кг}.$$

Остальной ГКР – это соляная кислота, которую расходуют из дополнительного растворения карбонатов за пределами зоны растворения СКР. Потеря кислотности этой части ГКР:

$$DC_{gs} = \frac{(15 - 3,6 \cdot 3 - 0,1 \cdot 15) \cdot (5,96 \cdot 10^6)}{15} = 1,1 \cdot 10^6 \text{ мг} \cdot \text{экв} / \text{м}^3.$$

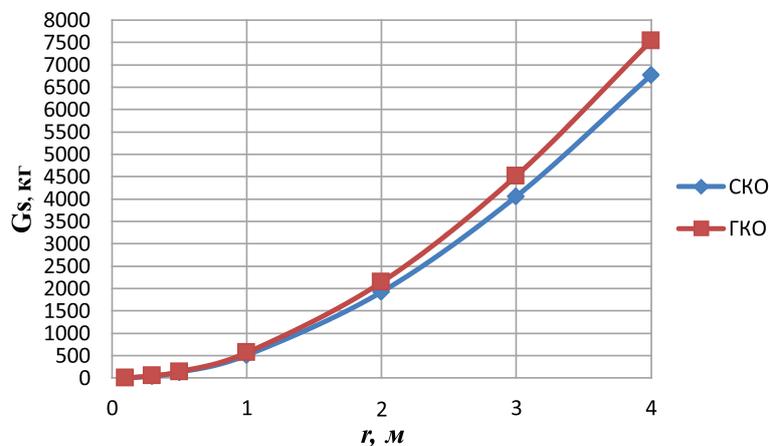


Рис. 1. График зависимости массы растворенной породы от расстояния от оси скважины при СКР и ГКР

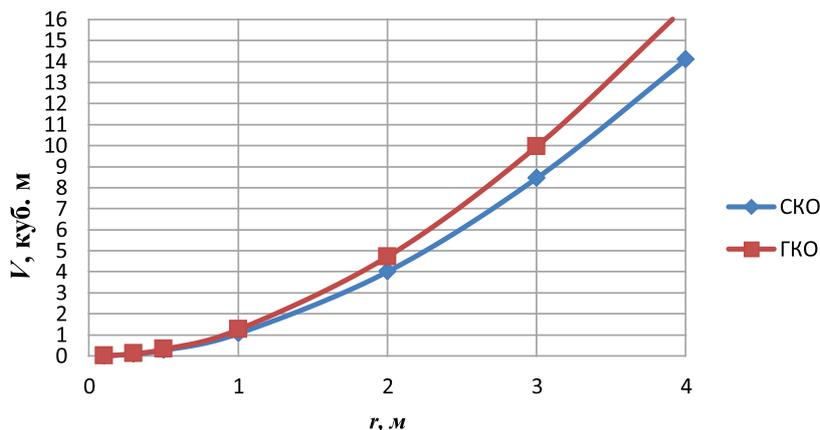


Рис. 2. График зависимости объема СКР и ГКР от расстояния от оси скважины при СКР и ГКР

С учетом этого дополнительное количество породы, растворенной остатками солянокислотной составляющей ГКР:

$$G_{gs} = 1,1 \cdot 10^6 \cdot 25 \cdot 10^{-6} \cdot V_{kg} = 27,5 \cdot V_{kg} = 275 \text{ кг.}$$

Таким образом, фронт зоны растворения в СКР продвинется вглубь пласта и будет отвечать ординате кривой G_s :

$$G_{ss} = G_s + G_{gs}, \text{ кг,} \quad (24)$$

$$G_{ss} = 645 + 275 = 920 \text{ кг.}$$

Из графика (рис. 1):

$$r_{3.p.g} = 1,1 \text{ м, } r_{3.p.s} = 1,35 \text{ м.}$$

По графику находим (рис. 2):

$$r_{np.p.g} = 3 \text{ м, } r_{np.p.s} = 3,25 \text{ м.}$$

Технологическая эффективность проведения СКО + ГКО

Определение степени увеличения дебита после СКО + ГКО:

$$A_g = \frac{Q_g}{Q_0} = \frac{\ln \frac{r_k}{r_c}}{\frac{k_0}{k_g} \cdot \ln \frac{r_{3.p.g}}{r_c} + \frac{k_0}{k_s} \cdot \ln \frac{r_{3.p.s}}{r_{3.p.g}} + \ln \frac{r_k}{r_{3.p.s}}}, \quad (25)$$

$$A_g = \frac{Q_g}{Q_0} = \frac{\ln \frac{200}{0,00028}}{\frac{0,02}{0,063} \cdot \ln \frac{1,1}{0,00028} + \frac{0,02}{0,033} \cdot \ln \frac{1,35}{1,1} + \ln \frac{200}{1,35}} = 1,76.$$

Таким образом проведенные расчеты показали, что реализация предложенного варианта увеличивает дебит в 1,76. Так же, по сравнению с кумулятивной перфорацией, позволяет повысить качество вскрытия продуктивного пласта.

Были выполнены расчеты основных параметров и определена технологическая эффективность ГПП. По сравнению с кумулятивной перфорацией позволяет повысить качество вскрытия продуктивного пласта.

В настоящее время обработка ПЗП осуществляется с помощью ГРП, однако применение этого метода не всегда позволяет

решить проблему закупоривания коллектора и приводит к обводнению добываемой продукции.

Для проведения последующей обработки ПЗП необходимо провести комплекс мероприятий, связанных с анализом ядерного материала и подбора оптимальных составов кислот для установления надежной гидродинамической связи пласта со скважиной.

Список литературы

1. Чипига С.В. Устройство для комплексной перфорации и кислотной обработки призабойной зоны скважины / С.В. Чипига, И.Ф. Садыков, А.А. Марсов, А.А. Мокеев //

Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – № 6. – С. 174–177.

2. Коротенко В.А. Физические основы разработки нефтяных месторождений и методов повышения нефтеотдачи: учебное пособие / В.А. Коротенко, А.Б. Кряквин, С.И. Грачев, Ам.Ат., Хайруллин, Аз.Ам. Хайруллин. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – С. 159.

3. Грачев С.И. Повышение эффективности разработки нефтяных месторождений горизонтальными скважинами / С.И. Грачев, А.В. Стрекалов, А.С. Самойлов. – Тюмень: ТИУ, 2016. – 192 с.

4. Хайруллин А.А. Нелинейные модели при решении прикладных задач добычи нефти / А.А. Хайруллин. – Тюмень: ТИУ, 2016. – 157 с.

5. Басарыгин Ю.М. Заканчивание скважин: учебное пособие / Ю.М. Басарыгин, А.И. Булатов, Ю.М. Проселков. – М.: Недра, 2000. – 670 с.

6. Ибрагимов Н.Г. Анализ факторов, влияющих на эффективность солянокислотных обработок / Н.Г. Ибрагимов, Р.Г. Заббаров // Нефтяное хозяйство – 2014. – № 1. – С. 70–71.

7. Каневская Р.Д., Дияшев И.Р., Некипелов Ю.В. (ОАО «Сибнефт», НИИПП «ИНПЕТРО») Применение гидравлического разрыва пласта для интенсификации добычи и повышения нефтеотдачи / Р.Д. Каневская, И.Р. Дияшев, Ю.В. Некипелов // Нефтяное хозяйство. – 2002. – № 5. – С. 96–100.

References

1. Chipiga S.V. Ustrojstvo dlja kompleksnoj perforacii i kislotnoj obrabotki prizabojnoj zony skvazhiny / S.V. Chipiga, I.F. Sadykov, A.A. Marsov, A.A. Mokeev // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. 2012. no. 6. pp. 174–177.

2. Korotenko V.A. Fizicheskie osnovy razrabotki neftjanyh mestorozhdenij i metodov povyshenija nefteotdachi: uchebnoe posobie / V.A. Korotenko, A.B. Krjakvin, S.I. Grachev, Am.At., Hajrullin, Az.Am. Hajrullin. Tjumen: TjumGNGU, 2013. pp. 159.

3. Grachev S.I. Povysenie jeffektivnosti razrabotki neftjanyh mestorozhdenij gorizontalnymi skvazhinami / S.I. Grachev, A.V. Strekalov, A.S. Samojlov. Tjumen: TIU, 2016. 192 p.

4. Hajrullin A.A. Nelinejnye modeli pri reshenii prikladnyh zadach dobychi nefiti / A.A. Hajrullin. Tjumen: TIU, 2016. 157 p.

5. Basarygin Ju.M. Zakanchivanie skvazhin: uchebnoe posobie / Ju.M. Basarygin, A.I. Bulatov, Ju.M. Proselkov. M.: Nedra, 2000. 670 p.

6. Ibragimov N.G. Analiz faktorov, vlijajushhh na jeffektivnost soljanokislotnyh obrabotok / N.G. Ibragimov, R.G. Zabбаров // Neftjanoe hozjajstvo 2014. no. 1. pp. 70–71.

7. Kanevskaja R.D., Dijashev I.R., Nekipelov Ju.V. (OAO «Sibneft», NIIPP «INPETRO») Primenenie gidravlicheskogo razryva plasta dlja intensifikacii dobychi i povyshenija nefteotdachi / R.D. Kanevskaja, I.R. Dijashev, Ju.V. Nekipelov // Neftjanoe hozjajstvo. 2002. no. 5. pp. 96–100.

УДК 66.974.434

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЗАВОДНЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ

Нажису, Ерофеев В.И.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск,
e-mail: narisu2011@yandex.ru, erofeevvi@mail.ru*

В связи с истощением запасов легкоизвлекаемой нефти все большие усилия направляются на создание технологий и способов разработки, которые позволяют добывать углеводороды в осложненных условиях. При использовании технологии «щелочное + поверхностно-активное вещество (ПАВ) + полимерное» заводнение (ASP заводнение) можно достичь значительного увеличения коэффициента нефтеотдачи пластов. Наибольший эффект вытеснения нефти из пластов с использованием ASP заводнения достигается при уменьшении поверхностного натяжения и уменьшении соотношения подвижности вытесняющего агента и нефти. Рассмотрен механизм вытеснения нефти с помощью технологии ASP заводнения, опыт применения ASP заводнения для увеличения нефтеотдачи пластов на месторождениях Китая, США и России. Особое внимание уделено технологии ASP заводнения в связи с применением высокой концентрации щелочи на большинстве полевых испытаний ASP заводнения. Из-за негативного влияния щелочи разработка более эффективных композиций ASP заводнения с более экономически эффективными ПАВ в слабых щелочных растворах или без использования щелочных растворов является актуальной задачей.

Ключевые слова: ASP заводнение, методы увеличения нефтеотдачи, механизм вытеснения, месторождение, нефтяной пласт, коэффициент извлечения нефти

INVESTIGATION AND APPLICATION OF INTEGRATED TECHNOLOGY OF THE PLANT FOR IMPROVEMENT OF PETROLEUM OIL REFINING

Narisu, Erofeev V.I.

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk,
e-mail: narisu2011@yandex.ru, erofeevvi@mail.ru*

In connection with the depletion of stocks of easily recovered oil, more efforts are being made to develop technologies and methods of development that allow hydrocarbons to be produced in complicated conditions. When using the technology «alkaline + surfactant (surfactant) + polymer» flooding (ASP flooding), you can achieve a significant increase in the oil recovery factor of the seams. The greatest effect of oil displacement from reservoirs using ASP flooding is achieved with a reduction in surface tension and a decrease in the mobility ratio of the displacing agent and oil. The mechanism of oil displacement by means of ASP water flooding technology, experience of using ASP flooding to increase oil recovery in the fields of China, USA and Russia is considered. Particular attention is paid to ASP waterflooding technology due to the use of high alkali concentration in most field testing ASP flooding. Due to the negative influence of alkali, the development of more effective ASP flooding compositions with more cost effective surfactants in weak alkaline solutions or without the use of alkaline solutions is an urgent task.

Keywords: ASP flooding, oil recovery methods, displacement mechanism, field, oil reservoir, oil recovery factor

В настоящее время большинство нефтедобывающих месторождений в мире уже находятся в более поздних стадиях разработки и содержат преимущественно трудноизвлекаемые запасы нефти. Трудноизвлекаемые запасы нефти в мире, по оценкам экспертов, превышают 1 трлн тонн [1]. Также доля трудноизвлекаемых запасов нефти в России постоянно растет и составляет 67% [2]. Коэффициент извлечения нефти (КИН) считается недостаточным для всех нефтедобывающих стран, среднее значение КИН пластов составляет 25–40% по различным нефтедобывающим странам [3]. Химические методы увеличения нефтеотдачи пластов являются одним из важных направлений методов увеличения нефтеотдачи пластов (МУН). Химические методы увеличения нефтеотдачи разделяются на полимерное

заводнение, вытеснение нефти водными растворами поверхностно-активных веществ (ПАВ), щелочное заводнение и совместное применение щелочи, ПАВ и полимера (ASP заводнение). Среди них полимерное заводнение и технология ASP заводнения играют доминирующую роль. В настоящей работе рассмотрены современные механизмы вытеснения нефти из пластов с применением ASP заводнения, анализы эффективности применения ASP заводнения в нефтедобывающей промышленности, его существующие проблемы и дальнейшее направление развития данного метода.

Механизм вытеснения нефти ASP заводнения

ASP заводнение было предложено в 1984 г. (R.C. Nelson, компания Shell),

но развитие технология ASP заводнения получила только в последние годы. Механизм вытеснения нефти из пластов с помощью технологии ASP заводнения является комбинацией отдельных процессов полимерного, щелочного и ПАВ заводнения и заключается в следующем: уменьшение поверхностного натяжения вследствие образования ПАВ за счет реакции щелочи и кислотных компонентов нефти в пласте; применение синтетических ПАВ и уменьшение поверхностного натяжения до сверхнизких значений; использование щелочи в составе раствора позволяет снизить потери химических реагентов (ПАВ и полимер) за счет уменьшения адсорбции щелочью; уменьшение соотношения подвижности вытесняющего агента и нефти, увеличение коэффициента охвата пласта [4].

Типичный процесс ASP заводнения включает в себя несколько этапов. Предварительная промывка иногда используется с применением раствора солей для изменения солености и других свойств горных пород и флюида. Первая оторочка вытесняющего агента представляет собой комбинацию щелочи и ПАВ, которая уменьшает поверхностное натяжение и изменяет смачиваемость породы. Совместное воздействие ПАВ и щелочи аккумулирует нефть, захваченную в пласте после заводнения. Оторочка полимера увеличивает отношение подвижности нефти и закаченного раствора. Полимер повышает количество закачиваемой жидкости и увеличивает контактный объем резервуара и коэффициент охвата нефти. Следующим этапом является оторочка пресной воды, которая оптимизирует процесс восстановления химических реагентов [5].

Опыт применения ASP заводнения

Среди различных технологий повышения нефтеотдачи пластов метод ASP заводнения прошел экспериментальные и пилотные испытания и уже широко применяется во многих странах мира (Канада, США, Китай, Индия и др.) более 20 лет. В последние годы ASP заводнение было активно исследовано и испытано на месторождении Дацин, Шенгли и Карамай в Китае.

ASP заводнение было изучено и протестировано на месторождении Дацин уже более 20 лет. Месторождение Дацин расположено в северо-восточной части Китая, и оно является одним из крупных нефтяных месторождений в Китае. После

успешной реализации полимерного заводнения на месторождении Дацин, чтобы получить дополнительное увеличение нефтеотдачи пластов, с сентября 1994 г. было проведено восемь пилотных испытаний технологии ASP заводнения на данном месторождении, пять проектов с различным масштабом уже завершены, а три проекта в процессе реализации. Основные исходные данные и результаты завершённых испытаний технологии ASP заводнения на месторождении Дацин представлены в табл. 1 и 2 [6–7].

Гидроксид натрия использовался в большинстве этих испытаний, также впервые был испытан карбонат натрия. Были испытаны несколько типов ПАВ, включая алкилбензолсульфонат, нефтяной сульфонат, лигносульфонаты, нефтяной карбоксилат и ПАВ, синтезированный биологическим методом. Гидролизированный полиакриламид с разной молекулярной массой использовался в процессе заводнения. Дополнительный прирост нефтеотдачи пластов повысился с 19 до 25 % [7].

В связи со сложным механизмом процесса ASP заводнения оптимизация объема и концентрации оторочки важна для эффективности ASP заводнения. В табл. 2 показаны данные различных вариантов процесса ASP заводнения. В процессе применялась предварительная промывка с использованием полимера, первичная и вторичная оторочка с использованием химических реагентов (полимер, ПАВ, щелочи) разного состава и концентрации, защитная оторочка с использованием полимера. Среди реализованных пяти вариантов вариант ASP-5 является первым крупномасштабным проектом. Шесть нагнетательных скважин и двенадцать добывающих скважин размещены на данной площадке. После испытания КИН увеличился на 22 %, а обводненность с 90 % снизилась до 50 % [6–7].

Пилотное тестирование технологии ASP заводнения было проведено на месторождении Карамай в 1995 г. Целевой пласт – гетерогенный, система разработки – пятиточечная система, мощность пласта 19–25 м. Результаты процесса ASP заводнения представлены в табл. 3. До ASP заводнения нефтеотдача пластов составляла примерно 50 %, обводненность 99 %, процесс испытания был проведен с 1995 г. до 1999 г. После завершения испытания обводненность снизилась до 79 %, нефтеотдача пластов увеличилась на 25 % [8].

Таблица 1

Статистика завершеного испытания технологии ASP заводнения на месторождении Дацин

№	Система размещения скважин (зач. /наг.)	Расстановка скважин (м)	Мощность пласта (м)	Эффективная проницаемость (Д)	Запасы (10 ⁴ т)	прирост нефтеотдачи (%)
ASP-1	5-точечная (4/9)	106	10,5	0,509	11,73	21,40
ASP-2	5-точечная (1/4)	141	8,4	0,589	8,40	25,00
ASP-3	4-точечная (3/4)	75	13,1	0,567	5,04	23,24
ASP-4	5-точечная (4/9)	200	7,0	0,658	24,01	19,40
ASP-5	5-точечная (6/12)	250	12,9	0,512	110,42	20,63

Таблица 2

Варианты процесса ASP заводнения на месторождении Дацин

Название оторочки		ASP-1	ASP-2	ASP-3	ASP-4	ASP-5
Предварительная промывка (полимер)	PV (Закаченный)	–	–	–	0,376	–
	концентрация	–	–	–	1500 мг/л	–
Первичная оторочка ASP	PV	0,32	0,37	0,33	0,351	0,30
	состав реагента	A: 1,25% S: 0,3% P: 1200 мг/л	A: 1,2% S: 0,3% P: 1200 мг/л	A: 1,2% S: 0,35% P: 1800 мг/л	A: 1,2% S: 0,11% P: 1800 мг/л	A: 1,2% S: 0,1% P: 1400 мг/л
Вторичная оторочка ASP	PV	–	–	0,158	0,1	0,15
	состав реагента	–	–	A: 1,2% S: 0,11% P: 1800 мг/л	A: 1,2% S: 0,11% P: 1800 мг/л	A: 1,2% S: 0,11% P: 1800 мг/л
Защитная оторочка (полимер)	PV концентрация	0,28 600 мг/л	0,183 1200 мг/л	0,253 800 мг/л	0,05 1000 мг/л	0,05 900 мг/л
	PV концентрация		0,094 800 мг/л		0,1 700 мг/л	0,05 700 мг/л
	PV концентрация		0,031 400 мг/л		0,05 500 мг/л	0,1 600 мг/л
Последующее заводнение		Проведение заводнения до достижения обводненности 98%				
Химические реагенты		A: Na ₂ CO ₃	A: NaOH	A: NaOH	A: NaOH	A: NaOH

Примечание. А – щелочь, S – ПАВ, P – полимер, PV – объем пор.

Таблица 3

Проектирование процесса ASP заводнения месторождения Карамай [9]

Название оторочки	Объем оторочки (PV)	Химический состав		Площади заводнения	Время (день)
		состав	концентрация		
Предварительная промывка	0,40	NaCl рассол	1,50	80	150
оторочка ASP	0,30	Na ₂ CO ₃ нефтяной сульфат полимер	1,40 0,30 0,10	60	200
Полимер	0,30	полимер	0,10	60	200

На месторождении Шенгли были проведены экспериментальные испытания ASP заводнения в начале 1990-х гг. Первое испытание было проведено в 1992 г. на площади Gudong и закончено в 1994 г. До данного испытания нефтеотдача пластов составляла 54,4%, обводненность 99,3%.

Основные исходные данные залежи около площади дренирования следующие: пористость – 35%, проницаемость – 2,5 Д, температура пласта 58 °С. Число кислотности составляло 3,11 мг КОН/г нефти. Характеристика породы, нефти и воды в пласте подходящая для применения ASP заводне-

ния. Дополнительная добыча нефти составила 20667,7 тон, и нефтеотдача центральной скважины № 7 увеличилась на 13,4%. Проведенное данное испытание является ценным опытом для применения ASP заводнения на стадии высокой обводненности. Второе испытание технологии ASP заводнения было проведено на западной части площади Gudong. Средняя проницаемость и пористость данной части залежи составляли 1,52Д и 32% соответственно. Нефтеотдача пластов до проведения технологии ASP заводнения составляла 22,4%. Закачка химических реагентов была завершена в 2002 г. и добыча нефти повысилась с 630 до 1490 баррелей в день. Обводненность уменьшилась с 96% до 83%, а конечная нефтеотдача пластов увеличилась на 15,5% [9–10].

Большинство проектов ASP заводнения были реализованы в конце прошлого века. Самые ранние полевые испытания технологии ASP заводнения были осуществлены на месторождении West Kiehl, Wyoming в сентябре 1987 г. Дополнительный прирост нефтеотдачи пластов в течение 2,5 лет составил 26% [11]. Опытно-промысловые испытания ASP заводнения проводились также на месторождении Tapper field. Оторочка нефтewытесняющего агента содержала 1% гидроксид натрия, 0,1% ПАВ (ORS-41) и 800 мг/л полимера. Дополнительный прирост нефтеотдачи пластов составил 17%. Проведенные настоящие проекты оказались успешными как с технологической, так и с экономической точек зрения [12].

В работе [13] опубликованы результаты пилотного испытания технологии ASP заводнения с применением синергетически подобранной смеси анионного полиакриламида и анионного ПАВ (реагент «Дуглерав ИПУ-34») на месторождении Западной Сибири. По завершении первого месяца испытания после обработки был зафиксирован прирост по дебиту нефти на одной из скважин на 25%, а на второй – на 4,1%. После второго месяца проведения испытания прирост дебита по нефти по скважинам составил 22,1% и 12,2% соответственно. На другом месторождении Западной Сибири проводятся лабораторные и пилотные испытания применения технологии ASP заводнения. Настоящий проект находится в стадии пилотного испытания после завершения подбора всех реагентов для проведения испытаний. Пилотные испытания с применением технологии ASP заводнения состоят из следующих этапов: предварительное

заводнение; закачка раствора ASP, объем закачки составляет 40% порового объема пилотной зоны; закачка раствора полимера, объем закачки составляет 40% порового объема пилотной зоны; постзаводнение, ожидаемый объем закачки – 30% порового объема пилотной зоны. Окончание проекта планируется в 2018 г. [14].

Основные недостатки и ограничения ASP заводнения

Основные недостатки и ограничения применения технологии ASP заводнения следующие: большая потеря химических реагентов, сравнительно высокие эксплуатационные затраты, понижение приёмности и более сложная эксплуатация оборудования. Кроме того, в связи с применением высокой концентрации щелочи на большинстве полевых испытаниях ASP заводнения были выявлены следующие проблемы: серьезное солеотложение на стенках промышленного оборудования, которое уменьшает цикл работы скважины и увеличивает технические трудности и себестоимость; сильное эмульгирование выходящей жидкости и увеличение затрат на переработку [15].

Заключение

Технология ASP заводнения является наиболее перспективным методом увеличения нефтеотдачи пластов. Китай является одной из крупных нефтедобывающих стран в мире, которая применяет технологию ASP заводнения. Средний прирост КИН проведенных полномасштабных пилотных испытаний с применением технологии ASP заводнения составил 15–25%. Из-за негативного влияния сильных растворов щелочи разработка более эффективных композиций ASP заводнения с более экономически эффективными ПАВ в слабых щелочных растворах или без использования щелочных растворов (SP заводнения) является актуальной задачей. Для решения этих задач необходимо усилить фундаментальные и прикладные исследования механизма вытеснения нефти из пластов с использованием процесса ASP заводнения и усовершенствовать его испытательные технологии на нефтяных месторождениях.

Список литературы

1. Алтунина Л.К., Кувшинов В.А. Увеличения нефтеотдачи месторождений на поздней стадии разработки физико-химическими методами / Л.К. Алтунина, В.А. Кувшинов // Нефтепромысловая химия. – 2013. – № 8. – С. 18–25.
2. Якуцени В.И., Петрова Ю.Э., Суханов А.А. Динамика доли относительного содержания трудноизвлекаемых запасов нефти в общем балансе / В.И. Якуцени, Ю.Э. Петрова,

А.А. Суханов // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2007. – № 2. – С. 1–11.

3. Методы повышения эффективности разработки залежей высоковязкой нефти / В. Е. Андреев [и др.] // Нефтегазовые технологии и новые материалы. Проблемы и решения: сб. науч. тр. – Уфа: ООО «Монография», 2013. – Вып. 2(7). – С. 263–282.

4. Силин М.А. Публичный аналитический доклад по направлению научно-технологического развития «Новые технологии добычи и использования углеводородного сырья» / М.А. Силин. – М.: Национальный институт нефти и газа, 2014. – 452 с.

5. Abass A. Olajire. Review of ASP EOR (alkaline surfactant polymer enhanced oil recovery) technology in the petroleum industry: Prospects and challenges. Energy, 1 Dec. 2014. – vol. 77. – P. 963–982.

6. Chang H.L., Zhang Z.Q., Wang Q.M., Xu Z.S., Guo Z.D., Sun G.Q., et al. Advances in polymer flooding and alkaline/surfactant/polymer processes as developed and applied in the People's Republic of China // J. Pet. Technol. – 2006. – P. 84–90.

7. Pu H., Xu Q., An update and perspective on field-scale chemical floods in Daqing oil field, China. // SPE 118746 presented at SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, 15–18 March, Manama, Bahrain, 2009. – P. 1–8.

8. Gu H., Yang R., Guo S., Guan W., Yue X., Pan Q., Study on reservoir engineering: ASP (alkali, surfactant, polymer) flooding pilot test in Karamay oilfield // In: Proceedings of 6th SPE Oil & Gas International Conference, Beijing, China, 2–6 November 1998. – P. 385–391.

9. Qu Z.J., Zhang Y.G., Zhang X.S., Dai J.L., A Successful ASP (alkaline/surfactant/polymer) flooding pilot in Gudong oil field. // SPE-39613 presented at 11th SPE/ DOE Improved Oil Recovery Symposium, Tulsa, OK, USA, 19–22 April 1998. – P. 107–121.

10. Wang C.L., Wang B.Y., Cao X.L., Li H.C., Application and design of alkaline-surfactant-polymer system to close well spacing pilot Gudong oilfield. // SPE-38321 presented at the SPE Western Regional Meeting, 25–27 June, Long Beach, California, 1997. – P. 605–618.

11. Clark S.R., Pitts M.J., Smith S.M. Design and application of an alkaline-surfactant-polymer recovery system to the west Kiehl field. SPE Advanced technology series. – 1993. – № 1. – P. 172–179.

12. Meyers J.J., Pitts M.J., Wyatt K., Alkaline-surfactant-polymer flood of the west Kiehl Minnelusa unit. // SPE/DOE 24144 presented at SPE/DOE Eighth symposium on oil recovery held in Tulsa, Oklahoma, U.S.A., 22–26 April 2006. – P. 423–435.

13. Прочухан К.Ю., Современные методы увеличения нефтеотдачи. Практический опыт применения отечественной технологии «Щелочь – ПАВ – полимер» (ASP) на нефтяных месторождениях Западной Сибири. // Нефть. Газ. Новации. – 2014. – № 10. – С. 50–54.

14. Внедрение технологии АСП: пилотный проект / Я.Е. Волокитин [и др.] // Недропользование XXI век. – 2015. – № 6. – С. 114–121.

15. Zhu Y.Y., Zhang Y., Niu J.L., Liu W.D., Hou Q.F., The progress in the alkali-free surfactant-polymer combination flooding technique. Petroleum exploration and development, June 2016. – vol. 39, № 3. – P. 346–352.

References

1. Altunina L.K., Kuvshinov V.A. Uvelichenija nefteodachi mestorozhdenij na pozdnej stadii razrabotki fiziko-himich-

eskimi metodami / L.K. Altunina, V.A. Kuvshinov // Neftepromyslovaja himija. 2013. no. 8. pp. 18–25.

2. Jakuceni V.I., Petrova Ju.Je., Suhanov A.A. Dinamika doli odnositelnogo sodержanija trudnoizvlekaemyh zapasov nefi v obshhem balanse / V.I. Jakuceni, Ju.Je. Petrova, A.A. Suhanov // Neftegazovaja geologija. Teorija i praktika. 2007. no. 2. pp. 1–11.

3. Metody povyshenija jeffektivnosti razrabotki zalezhej vysokovjazkoj nefi / V. E. Andreev [i dr.] // Neftegazovye tehnologii i novye materialy. Problemy i reshenija: sb. nauch. tr. Ufa: ООО «Monografija», 2013. Vyp. 2(7). pp. 263–282.

4. Silin M.A. Publichnyj analiticheskij doklad po napravleniju nauchno-tehnologicheskogo razvitija «Novye tehnologii dobychi i ispolzovanija uglevodородного syrja» / M.A. Silin. M.: Nacionalnyj institut nefi i gaza, 2014. 452 p.

5. Abass A. Olajire. Review of ASP EOR (alkaline surfactant polymer enhanced oil recovery) technology in the petroleum industry: Prospects and challenges. Energy, 1 Dec. 2014. vol. 77. pp. 963–982.

6. Chang H.L., Zhang Z.Q., Wang Q.M., Xu Z.S., Guo Z.D., Sun G.Q., et al. Advances in polymer flooding and alkaline/surfactant/polymer processes as developed and applied in the Peoples Republic of China // J. Pet. Technol. 2006. pp. 84–90.

7. Pu H., Xu Q., An update and perspective on field-scale chemical floods in Daqing oil field, China. // SPE 118746 presented at SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, 15–18 March, Manama, Bahrain, 2009. pp. 1–8.

8. Gu H., Yang R., Guo S., Guan W., Yue X., Pan Q., Study on reservoir engineering: ASP (alkali, surfactant, polymer) flooding pilot test in Karamay oilfield // In: Proceedings of 6th SPE Oil & Gas International Conference, Beijing, China, 2–6 November 1998. pp. 385–391.

9. Qu Z.J., Zhang Y.G., Zhang X.S., Dai J.L., A Successful ASP (alkaline/surfactant/polymer) flooding pilot in Gudong oil field. // SPE-39613 presented at 11th SPE/ DOE Improved Oil Recovery Symposium, Tulsa, OK, USA, 19–22 April 1998. pp. 107–121.

10. Wang C.L., Wang B.Y., Cao X.L., Li H.C., Application and design of alkaline-surfactant-polymer system to close well spacing pilot Gudong oilfield. // SPE-38321 presented at the SPE Western Regional Meeting, 25–27 June, Long Beach, California, 1997. pp. 605–618.

11. Clark S.R., Pitts M.J., Smith S.M. Design and application of an alkaline-surfactant-polymer recovery system to the west Kiehl field. SPE Advanced technology series. 1993. no. 1. pp. 172–179.

12. Meyers J.J., Pitts M.J., Wyatt K., Alkaline-surfactant-polymer flood of the west Kiehl Minnelusa unit. // SPE/DOE 24144 presented at SPE/DOE Eighth symposium on oil recovery held in Tulsa, Oklahoma, U.S.A., 22–26 April 2006. pp. 423–435.

13. Prochuhan K.Ju., Sovremennye metody uvelichenija nefteodachi. Prakticheskij opyt primenenija otechestvennoj tehnologii «Shheloch PAV polimer» (ASP) na neftyanyh mestorozhdenijah Zapadnoj Sibiri. // Neft. Gaz. Novacii. 2014. no. 10. pp. 50–54.

14. Vnedrenie tehnologii ASP: pilotnyj proekt / Ja.E. Volokitin [i dr.] // Nedropolzovanie XXI vek. 2015. no. 6. pp. 114–121.

15. Zhu Y.Y., Zhang Y., Niu J.L., Liu W.D., Hou Q.F., The progress in the alkali-free surfactant-polymer combination flooding technique. Petroleum exploration and development, June 2016. vol. 39, no. 3. pp. 346–352.

УДК 622.234.573

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СКВАЖИННОЙ ГИДРОДОБЫЧИ НА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗОЛОТА ЮЖНОЙ ЯКУТИИ

Рукович А.В., Рочев В.Ф.*Технический институт (филиал) СВФУ, Нерюнгри, e-mail: raul1975@mail.ru*

Разработка месторождений россыпного золота в Южной Якутии осуществляется в основном открытым способом, реже подземным и дражным. Но открытый способ добычи полезных ископаемых имеет большое отрицательное влияние на экологическую среду, а шахтный способ отличается высокой трудоемкостью и дороговизной. В качестве альтернативы данным способам разработки россыпного золота предполагается использование метода скважинной гидродобычи. Использование скважинной гидродобычи создает благоприятные возможности по обеспечению охраны природы и безопасной работы. При применении способа скважинной гидродобычи отсутствуют: вскрышные работы, это позволяет сохранить в целостности культурный слой почвы; взрывные, погрузочные работы и автомобильные откатки, исключающие запыленность и загазованность атмосферы; ликвидируется тяжелый и вредный для здоровья людей труд. Метод скважинной гидродобычи требует еще серьезных научно-технических и опытно-конструкторских проработок для повышения его надежности и расширения области применения. Наиболее благоприятными объектами для скважинной гидродобычи по своим горно-геологическим условиям являются россыпные месторождения золота. В последнее время выявлены и разведываются все новые погребенные месторождения золота, залегающие на глубине от 40 до 250 м. Содержание в них металла нередко достигает десятков грамм на квадратный метр пласта, что делает эти россыпи весьма перспективными для отработки способом СГД. Запасы золота на этих месторождениях достигают нескольких десятков тонн. На фоне сокращения запасов для отработки открытым и дражным способом и больших технических трудностей, значительных капиталовложений и эксплуатационных затрат при подземной разработке талых погребенных россыпей, возрастают перспективы золотодобычи способом СГД. Исходя из вышеизложенного, изучение применения метода СГД в условиях Южной Якутии является актуальной научной задачей.

Ключевые слова: Южная Якутия, скважинная гидродобыча, россыпное золото, золотоносный район, мощность пласта, рудопроявления, концентрация

USING THE METHOD OF HYDRAULIC BOREHOLE MINING FOR PLACER GOLD DEPOSITS IN SOUTHERN YAKUTIA

Rukovich A.V., Rochev V.F.*Technical institute (branch) of NIFU, Neryungri, e-mail: raul1975@mail.ru*

Mining placer gold in South Yakutia is carried out mainly in an open way, at least underground, and dredging. But the open mining method has a big negative influence on the ecological environment and mining method is characterized by high complexity and high cost. Alternatively, the methods of development of placer gold, is supposed to use the method of a borehole hydraulic mining. The use of a borehole hydraulic mining provides opportunities for the protection of nature and safe operation. In applying the method of hydraulic mining borehole no: Stripping, this allows you to keep the integrity of the cultural layer of soil, blasting, loading and truck haulage, eliminating the dust and fumes in the atmosphere; lifted heavy and harmful for people's health work. Method of hydraulic borehole mining still requires serious scientific-technical and experimental design study to increase its reliability and expand the scope. The most favorable objects for hydraulic borehole mining at its mining and geological conditions are placer gold deposits. Recently identified and are explored all new buried gold deposits lying at a depth of 40 to 250 m. the Content of metal is often up to tens of grams per square meter of the reservoir, which makes these deposits very promising for practicing the method of the hydraulic borehole mining. Gold reserves at these fields amount to several tens of tons. On the background of reduction of stocks for testing and dredging of open way and great technical difficulties, significant investments and operating costs in underground mining of melt of buried placers, increase the prospects of gold mining method of the hydraulic borehole mining. Therefore, the study of the application of the method of the hydraulic borehole mining in conditions of southern Yakutia is an actual scientific problem.

Keywords: South Yakutia, hydraulic mining by boreholes, placer gold, gold district, seam, ore indication, concentration

Разработка россыпного золота в Южной Якутии осуществляется в основном открытым, подземным и дражным способом. Но открытый способ добычи полезных ископаемых имеет большое отрицательное влияние на экологическую среду, а шахтный способ отличается высокой трудоемкостью и дороговизной. В замену данным способам разработки россыпного золота, предполагается использование метода скважинной гидродобычи [1–3]. Использование сква-

жинной гидродобычи создает благоприятные возможности по обеспечению охраны природы и безопасной работы. При применении способа скважинной гидродобычи отсутствуют: вскрышные работы, это позволяет сохранить в целостности культурный слой почвы; взрывные, погрузочные работы и автомобильные откатки, исключающие запыленность и загазованность атмосферы; ликвидируется тяжелый и вредный для здоровья людей труд.

Скважинная гидродобыча (СГД) является одной из физических геотехнологий, осуществляемых через скважины с помощью энергии воды, используемой для разрушения горных пород, доставки разрушенных пород к скважине и подъема их на поверхность [1–3].

Месторождения, где может применяться способ скважинной гидродобычи, представлены легко разрушаемыми породами, к которым относятся осадочные месторождения строительных и стекольных песков, золота, алмазов, олова, титана, фосфоритов, урана, мягкие бокситовые и марганцевые руды, зоны выветривания железистых кварцитов, месторождения угля и битуминозных песчаников и т.п.

Наиболее благоприятными объектами для скважинной гидродобычи по своим горно-геологическим условиям являются россыпные месторождения золота. Здесь пласт с содержанием ценного компонента состоит из легко разрушаемых песчано-глинистых пород. Россыпи золота обычно находятся в обводнённом состоянии, и это позволяет применять для выемки песчаных пород высокопроизводительное оборудование. Кроме того мерзлые россыпные месторождения имеют преимущество устойчивой кровли продуктивного пласта. Это позволяет извлекать значительные объемы песков. Покрывающие породы относятся к III–IV категории буримости, что делает относительно недорогим бурение по этим породам.

Все новые погребенные месторождения золота выявлены и разведываются в последнее время, они залегают на большой глубине. Содержание в них металла нередко достигает десятков грамм на квадратный метр пласта, что делает эти россыпи весьма перспективными для отработки способом СГД. Запасы золота на этих месторождениях достигают нескольких десятков тонн. На фоне сокращения запасов для отработки открытым и дражным способом и больших технических трудностей, значительных капиталовложений и эксплуатационных затрат при подземной разработке талых погребенных россыпей, возрастают перспективы золото-добычи способом СГД.

Исходя из вышеизложенного, изучение применения метода СГД в условиях Южной Якутии является актуальной научной задачей.

В изучение скважинной гидродобычи большой вклад внесли следующие исследователи: Арэнс [1–3], В.К. Багазеев [4],

И.В. Британ [5], Н.Г. Валиев [6] и многие другие.

Метод добычи полезных ископаемых через скважины может успешно использоваться при разработке угольных и рудных месторождений [1–4, 11–15], титано-магнетитовых песков [6], а также при строительстве подземных резервуаров (для хранения нефти и т.д.) и холодильников [10].

Скважинная гидротехнология включает следующие процессы:

- гидроразрыв продуктивного массива напорными струями воды с формированием двух- либо трехфазной смеси;

- самотечное или принудительное транспортирование разрушенного (отделенного от забоя) твердого к зумпфу эксплуатационной скважины (подъемного аппарата);

- пульпоприготовление доставленной в зумпф горной массы для процесса всасывания;

- всасывание горной массы с учетом энергетических возможностей всасываемого потока и гидравлических характеристик отдельных кусков твердого материала в объеме горной массы;

- подача гидросмеси на поверхность с учетом возможностей подъемного аппарата, работающего в стесненных условиях эксплуатационной скважины;

- поверхностный напорный гидротранспорт двух-трехфазного потока [7, 8].

Чтобы связать воедино физико-геологические условия, технологию оборудования, то есть способы и средства осуществления процесса разработки, охватить их как единую проблему, необходима отработанная методика выбора оптимальных параметров технологии для разработки месторождений. Этим требованиям отвечает скважинная гидродобыча полезных ископаемых [9].

В технологии скважинной гидродобычи основные операции производятся с помощью воды. Это позволяет легко осуществить практически полную автоматизацию производственного процесса добычи, обеспечивает безопасные комфортные условия труда и высокие технико-экономические показатели производства.

Способ скважинной гидродобычи (СГД) используется для добычи полезного ископаемого в талых горных породах. Исходя из этого актуальным является использование метода СГД в условиях Южной Якутии, где распространена вечная мерзлота.

Основная добыча россыпного золота в Южной Якутии ведется на территориях Алданского, Нерюнгринского районов.

Верхне-Тимптонский золотоносный район

Известное с конца прошлого века россыпное золото в промышленном содержании присутствует в большинстве водотоков района. В течение нескольких десятков лет почти вся территория района была охвачена поисками и разведаны наиболее продуктивные россыпи, такие как Лебединый, Скобельцинский, Колбочи, Муравьевский, Окурдан, некоторые русловые, косовые и террасовые россыпи по долине р. Тимптон.

Более полусотни промышленных россыпных месторождений золота известны в районе к настоящему времени, большая часть из которых отработана.

Аллювиальный комплекс россыпей на территории золотоносного района получил первостепенное развитие – здесь выявлены косовые, русловые, долинные, террасовые, террасоувальные, россыпи участков перехвата (древних долин) и весьма типичны различные их сочетания. В количественном отношении преобладают долинные россыпи.

По мощности аллювиальных отложений долинные, террасовые и другие сложные типы россыпей близки, хотя надо отметить, что несколько больше она у террасовых и сложных типов месторождений. Одновременно значительное число долинных россыпей характеризуется небольшой мощностью отложений (до 4–4,5 м). По мощности перекрывающих пласт наносов, более компактными являются долинные россыпи с одновременным наличием многих месторождений с низкими значениями этого параметра (до 3 м). В террасовых и увальных россыпях мощность торфов колеблется в больших пределах и в целом несколько повышается.

По мощности пласта по всем типам россыпей расположен в более узком интервале значений, но значительно выше в террасовых россыпях и составляет в среднем 1,7–1,8 м, в то же время в долинных россыпях средняя мощность пласта около 1 м или несколько больше. По содержанию более высокими значениями характеризуются русловые, террасовые, увальные россыпи (от нескольких десятков г/м³ до нескольких сотен г/м³). По пробности золота ясно выраженных закономерностей по морфогенетическим типам россыпей не наблюдается. Проявляются участки как пониженной пробности на фоне более высоких значений, так и обратные взаимоотношения.

Все рудопроявления, известные на изученной площади, находятся возле золотых россыпей: непосредственно в днищах золотоносных речных долин (иногда в «головках» россыпей) и на водораздельных площадях. Близ рудопроявлений размещаются небольшие элювиально-делювиальные россыпи с промышленными концентрациями металла, связанные с рудными зонами (Речное II, Гнейсовое и др.). Известны рудные тела (золотоносные жилы) в «плотиках» россыпей по ручьям Скобельцинский, Холодникан, Северикан; по реке Иенгра (проявление Маристое и др.).

Пространственные связи россыпей золота и рудных коренных месторождений, соотношения их запасов и ресурсов обусловлены длительным и сложным взаимодействием множества природных факторов, из которых наиболее действенными являются: величина среза коренного источника, степень благоприятности геоморфологической обстановки, особенности коренных источников (размеры и морфология, продуктивность и характер золота). Тесная пространственная связь россыпей с коренными источниками, вероятно, характерна для районов малого послерудного среза, где поступление металла в рыхлые отложения началось в недавнее время. В районах большого среза рудные источники могли быть смыты полностью или частично, а оставшиеся тела сейчас располагаются довольно независимо от россыпей, может быть, на значительных расстояниях. Возможно также, что многие россыпи образованы за счет слабоминерализованных зон с мелкими непромышленными рудными телами при их длительном разрушении и перемыве содержащих частицы металла выветрелых рыхлых пород.

Однако особенно богатые россыпи, вероятно, сформированы при обязательном участии богатых рудных зон. Только богатые и локальные коренные источники, по видимому, могут дать в россыпи скопления самородков и участки с ураганными содержаниями золота. Поэтому по размещению аномально богатых россыпей и их участков можно судить о размещении рудных зон, полей и отдельных тел. В региональном плане россыпные узлы адекватно указывают на одноранговые территории с золоторудной минерализацией.

В целом отчетливо локализован в пределах гравийно-галечного горизонта аллювия промышленный приплотиковый пласт.

Плотик россыпи представлен дресвяно-щебнистым элювием архейских пород – гранитогнейсов, реже гранитов. Поверхность плотика как в продольном, так в поперечном разрезе довольно ровная, без значимых перепадов по высоте. В поперечном профиле величина западин в плотике, как правило, не превышает 0,8–1,2 м. Проникновение золота в плотик в промышленных концентрациях не превышает 0,4–0,8 м, а в большинстве случаев подошва промышленного пласта ложится непосредственно на элювий.

Центрально-Алданский золотоносный район

Для большинства водотоков изученной площади характерно наличие россыпного золота, и зачастую его содержание достигает промышленных концентраций.

Из всего многообразия геолого-промышленных типов россыпей ЦАР на площади работ исключительным распространением пользуются аллювиальные долинные, реже террасовые россыпи, мелкозалегающие и мелкие по крупности (< 1,0 т).

Элювиально-склоновые россыпи позднего плейстоцена-голоцена не имеют широкого распространения и обычно обладают небольшими запасами. Единичные мелкие россыпи разрабатывались на водоразделе Орто-Сала-Незаметный, в верховьях ручьев Орочен и Механический на Ороченском увале.

Проллювиально-делювиальные и проллювиально-аллювиальные россыпи. Сюда отнесены россыпи толщ слабо дифференцированной аккумуляции с рассеянной золотоносностью. Это так называемый куранахский тип глубокозалегающих до основного этапа россыпеобразования. Разведана и отработывается уникальная по своим параметрам россыпь долины р. Бол. Куранах от устья руч. Сосновый до устья реки (20 км), а также проведена предварительная оценка подобной же россыпи в верховьях р. Томмот.

В общем балансе запасов россыпи подобного типа несмотря на свою редкость являются вторыми по значимости после аллювиальных.

Аллювиальные россыпи. В количественном отношении и по общему потенциалу доминируют. В большинстве относятся к мелкозалегающим россыпям (2–10 м). Это как небольшие, так и протяженные, со значительной шириной и мощностью пласта долинные, реже террасовые россыпи. Длина некоторых россыпей достигает 30–80 км (Селигдар, Орто-Сала, Бол. Куранах, Том-

мот) при ширине до 400–500 и более метров. Суммарные учтенные запасы этих четырех россыпей составляют около 65% от их объема по району, а вместе с россыпями притоков – до 86%.

Техногенные россыпи. На территории ЦАР техногенные россыпи включают в себя практически все морфогенетические типы россыпей, среди которых резко преобладают аллювиальные и ложковые месторождения. В течение последних 30–40 лет техногенные целиково-остаточные россыпи играют большую роль в общем балансе разведанных промышленных запасов. Целесообразность переоценки техногенных россыпей определяется периодическим снижением кондиционных лимитов, внедрением высокопроизводительной землеройной техники, совершенствованием технологии извлечения металла.

Примерами техногенных остаточных целиковых россыпей являются россыпи рек Селигдар, Орто-Сала, Бол. Куранах, руч. Амурский.

Показатели последних лет показывают снижение объема добычи из россыпных месторождений традиционными способами. Россыпная золотодобыча традиционно связана с отдаленностью территорий, отсутствием инфраструктуры, высокой зависимостью от погодных условий, сезонностью работ, с месторождениями, имеющими небольшие промышленные и прогнозные запасы золота.

Поэтому перспективность использования технологии скважинной гидравлической добычи будет наблюдаться на небольших глубинах и при освоении и эксплуатации погребенных россыпей золота, залегающих на значительных глубинах.

Заключение

Исходя из вышесказанного можно прийти к выводу, что месторождения золота, пригодны для разработки способом скважинной гидродобычи и в Южной Якутии их очень много. Но большая часть их недостаточно разведана, так как эти месторождения непригодны для разработки традиционными способами (открытыми и подземным), в связи с их неэкономичностью, а могут отработываться только с помощью скважинной гидродобычи.

Метод скважинной гидродобычи требует еще серьезных научно-технических и опытно-конструкторских проработок для повышения его надежности и расширения области применения.

В условиях вечной мерзлоты широко распространены достаточно мощные толщи мерзлых грунтов, где можно использовать скважинную гидродобычу. Такой метод разработки приведет к незначительным нарушениям природной среды, обеспечит безопасные условия труда и позволит автоматизировать процессы размыва и выдачи грунта на поверхность, а также достичь высоких технико-экономических показателей.

Основные задачи, стоящие перед специалистами для освоения залежей россыпного золота при использовании метода СГД:

1. Значительно уменьшить абсолютную величину кап. вложений при освоении месторождений (по сравнению с традиционными способами).

2. Приблизить сроки ввода месторождений в отработку, а во многих случаях вести попутную отработку, начиная с любой стадии разведки.

3. Пересмотреть концепцию месторождений по рентабельности, пересмотреть технические проекты действующих карьеров и рудников, проекты их реконструкции применительно к СГД.

4. На стадии разведки производить подъем технологических проб весом от сотен кг до нескольких тысяч тонн.

5. Управлять горным давлением, управлять просадкой кровли. Использовать выработанное пространство для закачки в него экологически вредных отходов или отходов обогащения руд.

6. СГД не требует вскрышных работ, подготовительных площадок под шахты и другие тяжелые горные выработки, практически исключается нарушение природной среды, позволяет сохранить в целостности культурный поверхностный слой почвы, режим поверхностных и подземных вод. Отпадает необходимость проведения работ по рекультивации.

7. Отсутствие людей в забое. Управление процессом добычи – дистанционное с дневной поверхности. Отсутствие травматизма. Возможна полная механизация и автоматизация технологического процесса добычи.

Рассматривая перспективу скважинной гидродобычи полезных ископаемых, целью дальнейших работ будет проведение экспериментальных, опытных работ, построение математических моделей с оценкой возможностей применения данного метода для различных типов месторождений в зоне вечной мерзлоты.

Список литературы

1. Арене В.Ж., Гридин О.М., Крейнин Е.В., Небера В.П., Фазлуллин М.И., Хрулев А.С., Хчеян Г.Х. «Физико-химическая геотехнология». Учебник для вузов. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, издательство «Горная книга», 2010. – 575 с.
2. Арене В.Ж., Бабичев Н.И., Башкатов А.Д. и др. «Скважинная гидродобыча полезных ископаемых». Учебное пособие. – М.: Издательство «Горная книга», 2011. – 295 с.
3. Арене В.Ж., Хчеян Г.Х., Хрулев А.С. Методика опытно-промышленных исследований технологии скважинной гидродобычи // Маркшейдерский вестник. – 2010. – № 3. – С. 13–17.
4. Багазеев В.К., Валиев Н.Г., Симисин Д.И. Физико-механическое обоснование гидравлического разрушения пород при скважинно-гидравлической разработке россыпных месторождений // Горный журнал. – 2015. – № 12. – С. 13–17.
5. Британ И.В. Состояние скважинной гидродобычи. Кризис идеи или недалёковидность? // Недропользование-XXI век. – 2013. – № 6 (43). – С. 46–51.
6. Валиев Н.Г., Багазеев В.К. Расчет параметров очистной выемки песков россыпей при скважинно-гидравлической добыче // Известия вузов. Горный журнал. – 2012. – № 1. – С. 13–16.
7. Дробаденко В.П., Малухин Н.Г., Вильмис А.Л. Проблемы и перспективы скважинной гидродобычи полезных ископаемых // Золотодобыча. – 2011. – № 155. – С. 17–19.
8. Ермаков С.А., Бураков А.М., Батугина Н. Поточная технология разработки и обогащения запасов погребенного россыпного месторождения золота в долине реки Большой Кураны (Якутия) // Горный журнал. – 2016. – № 1. – С. 21–27.
9. Замятин О.В., Маньков В.М. Мелкое золото в россыпях: проблемы оценки и извлечения // Горный журнал. – 2011. – № 4. – С. 22–26.
10. Стрельцов В.И., Волков Ю.И., Балашов А.Г., Стрельцова Т.П. Комплексное освоение недр способом скважинной гидродобычи // Горный журнал. – 2010. – № 7. – С. 33–36.
11. Ashok A. Large Hydraulic Direct Drives in Mining Operations / Engineering and Mining Journal. October 2015. – P. 52–56.
12. Australia. Alternative Mining Method for Deep Alluvial // Mining Journal. – 1982. – Vol. 299, № 7677. – P. 241.
13. Summer D. Recent advances in water jet Coal Mining // Colliery Gnard. – 1979. – № 9.
14. Technologie wydobycia kruszyw zwirowo-piaskowych spod wody. Koziot Witstaw, Machniak Lukasz, Cieplinski Andrzej. Prz. Gor. – 2011. – Vol. 67, № 7–8. – P. 207–214.
15. Yu-Ying Zhang, Yong-Wang Liu, Yi-ji Xu, Jian-Hua Ren. Drilling characteristics of combinations of different high pressure jet nozzles // Journal of Hydrodynamics. Ser. B. – 2011. – Vol. 23. Issue 3. – P. 384–390.

References

1. Arene V.Zh., Gridin O.M., Krejnin E.V., Nebera V.P., Fazlullin M.I., Hruev A.S., Hchejan G.H. «Fiziko-himicheskaja geotehnologija». Uchebnik dlja vuzov. M.: Izd-vo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, izdatelstvo «Gornaja kniga», 2010. 575 p.
2. Arens V.Zh., Babichev N.I., Bashkatov A.D. i dr. «Skvazhinnaia gidrodobycha poleznyh iskopaemyh». Uchebnoe posobie. M.: Izdatelstvo «Gornaja kniga», 2011. 295 p.
3. Arens V.Zh., Hchejan G.H., Hruev A.S. Metodika opytno-promyshlennyh issledovaniij tehnologii skvazhinnoj gidrodobychi // Markshejderskij vestnik. 2010. no. 3. pp. 13–17.
4. Bagazeev V.K., Valiev N.G., Simisinov D.I. Fiziko-mehaničeskoe obosnovanie gidravličeskogo razrušeniija

porod pri skvazhinno-gidravlicheskoj razrabotke rossypnyh mestorozhdenij // Gornyj zhurnal. 2015. no. 12. pp. 13–17.

5. Britan I.V. Sostojanie skvazhinnoj gidrodobychi. Krizis idei ili nedalnovidnost? // Nedropolzovanie-XXI vek. 2013. no. 6 (43). pp. 46–51.

6. Valiev N.G., Bagazeev V.K. Raschet parametrov ochistnoj vyemki peskov rossypej pri skvazhinno-gidravlicheskoj dobyche // Izvestija vuzov. Gornyj zhurnal. 2012. no. 1. pp. 13–16.

7. Drobadoenko V.P., Maluhin N.G., Vilmis A.L. Problemy i perspektivy skvazhinnoj gidrodobychi poleznyh iskopaemyh // Zolotodobycha. 2011. no. 155. pp. 17–19.

8. Ermakov S.A., Burakov A.M., Batugina N. Potochnaja tehnologija razrabotki i obogashhenija zapasov pogrebenogo rossypnogo mestorozhdenija zolota v doline reki Bolshoj Kurana (Jakutija) // Gornyj zhurnal. 2016. no. 1. pp. 21–27.

9. Zamjatin O.V., Mankov V.M. Melkoe zoloto v rossypjah: problemy ocenki i izvlechenija // Gornyj zhurnal. 2011. no. 4. pp. 22–26.

10. Strelcov V.I., Volkov Ju.I., Balashov A.G., Strelcova T.P. Kompleksnoe osvoenie nebr sposobom skvazhinnoj gidrodobychi // Gornyj zhurnal. 2010. no. 7. pp. 33–36.

11. Ashok A. Large Hydraulic Direct Drives in Mining Operations / Engineering and Mining Journal. October 2015. pp. 52–56.

12. Australia. Alternative Mining Method for Deep Alluvial // Mining Journal. 1982. Vol. 299, no. 7677. pp. 241.

13. Summer D. Recent advances in water jet Coal Mining // Colliery Guard. 1979. no. 9.

14. Technologie wydobycia kruszyw zwirowo-piaskowych spod wody. Koziot Witstaw, Machniak Lukasz, Cieplinski Andrzej. Prz. Gor. 2011. Vol. 67, no. 7–8. pp. 207–214.

15. Yu-Ying Zhang, Yong-Wang Liu, Yi-ji Xu, Jian-Hua Ren. Drilling characteristics of combinations of different high pressure jet nozzles // Journal of Hydrodynamics. Ser. B. 2011. Vol. 23. Issue 3. pp. 384–390.

УДК 528:551.242

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ ВЕРХНЕГО ПРИАМУРЬЯ**Серов М.А., Жижерин В.С.***ФГБУН «Институт геологии и природопользования Дальневосточного отделения Российской академии наук», Благовещенск, e-mail: serov@ascnet.ru*

Настоящая статья посвящена моделированию напряженно-деформированного состояния земной коры Верхнего Приамурья на основе геологических, сейсмических, геофизических данных и результатов исследований методами космической геодезии. Основными этапами данной работы явились: разработка математической модели разломно-блоковых структур Верхнего Приамурья и выполнение численного моделирования напряженно-деформированного состояния земной коры Верхнего Приамурья. Наиболее точной геомеханической моделью оказалась модель с заданными генеральными разломами и разделением блоков на более пластичные и более жесткие. Полученные результаты моделирования, в пределах рассматриваемой системы блоков Верхнего Приамурья, показывают, что современные напряжения концентрируются в двух зонах: первая – в юго-восточной части Селенга-Станового блока вдоль Северо-Турингского разлома, вторая – в Становой зоне с переходом в Тынденско-Зейский блок вдоль Джелтулакского разлома. Практическое значение подобного численного моделирования заключается в выявлении зон повышенной концентрации современных напряжений, которые при разрядке могут вызвать катастрофические сейсмические события.

Ключевые слова: математическое моделирование, напряженно-деформированное состояние, земная кора, Верхнее Приамурье

SIMULATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE CRUST OF THE UPPER AMUR**Serov M.A., Zhizherin V.S.***Federal state budgetary institution of science Institute of Geology and nature management for Eastern branch of the Russian Academy of Sciences, Blagoveshchensk, e-mail: serov@ascnet.ru*

The present article is devoted to modeling the stress-strain state of the Earth's crust of the Upper Amur region on the basis of geological, seismic, geophysical data and research results using the methods of space geodesy. The main stages of this work were: the development of a mathematical model of fault-block structures of the Upper Amur region and the numerical simulation of the stress-strain state of the Upper Amur River crust. The most accurate geomechanical model turned out to be a model with given general faults and division of blocks into more plastic and more rigid ones. The obtained modeling results, in the framework of the system of blocks of the Upper Amur region, show that the current stresses are concentrated in two zones: the first in the southeastern part of the Selenga-Stanovoi block along the North-Turingrsky fault, the second in the Stanovoi zone with the transition to the Tynda-Zeya block along the Dzheltulak fault. The practical significance of such a numerical simulation lies in the detection of zones of increased concentration of modern stresses, which, when disassembled, can cause catastrophic seismic events.

Keywords: mathematical modeling, stress-strain state, the earth's crust, the Upper Amur region

Территория Верхнего Приамурья находится в северо-восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса, в котором рядом авторов [1–6] выделяется Амурская литосферная плита. Исследуемая территория характеризуется наличием множества сейсмоактивных разломов. Кинематика разломных зон и характер современных тектонических деформаций в пределах данной территории изучены недостаточно. Основная информация получена по данным о механизмах очагов землетрясений. Данные о современных вертикальных движениях не дают полного представления о происходящих деформационных процессах. Великое японское землетрясение 11 марта 2011 г. Mw = 9.0 [7] и целая серия последующих землетрясений (14 октября 2011 г., район г. Сковородино [8], и более 30 афтершоков с магнитудой от 2,4 до 4,4) вдоль границ Амурской литосферной плиты ярко продемонстрировало необходимость и актуаль-

ность изучения современных геодинамических процессов данного региона.

Сейсмической опасности здесь могут быть подвержены города Тынды, Зея, Сковородино и другие, но наибольшую опасность последствиями землетрясений представляют: Зейская ГЭС, нефтепровод «Восточная Сибирь – Тихий океан», строящийся газопровод «Сила Сибири», федеральные автодороги «Амур» (Чита – Хабаровск) и «Лена» (Тында – Якутск).

Сложное геологическое строение и повышенный уровень сейсмичности исследуемого региона пространственно совмещены с максимальными величинами отклонения векторов по азимуту и величине, это говорит о том, что на неотектоническом этапе на территории Верхнего Приамурья представлены различные геодинамические режимы. Подтверждением этому служит разнообразие механизмов очага землетрясений, зафиксированных на исследуемой территории.

Материалы и методы исследования

В настоящее время имеются достаточно подробные карты разломной тектоники юга Дальнего Востока России [9] и каталоги инструментальных наблюдений за сейсмическими событиями [10], что дает возможность определить начальную конфигурацию блоков земной коры и механизмов очагов землетрясений. Для определения современного напряженно-деформированного состояния блоковых структур земной коры Верхнего Приамурья были использованы методы численного моделирования тектонических движений [11].

При контактном взаимодействии тектонических блоков земной коры поставленная задача решалась с учетом физической нелинейности ввиду необратимости деформационных процессов. В связи с длительностью протекания геологических процессов, напряженно-деформированное состояние блоков земной коры определяется численным решением квазистатических уравнений механики деформируемого твердого тела [11]. Для дискретизации уравнений механики деформируемого твердого тела использовался метод конечных элементов, который является оптимальным для решения задач численного моделирования тектонических процессов, связанных со значениями больших деформаций. Задача напряженно-деформированного состояния блоков геологической среды решалась в текущей лагранжевой формулировке с учетом геометрической нелинейности деформационных процессов:

$$\int_V \sigma_{ij} \delta d_{ij} dV = \int_{S_T} T_i \delta v_i dS$$

для любого δv_i ($\delta v_i = 0$ на S_v),

где σ_{ij} , d_{ij} – тензор напряжения Коши и тензор скорости деформаций; v_i – вектор скорости; V – объем, занимаемый телом; S – поверхность тела; S_v , S_T – части поверхности тела S , на которых заданы компоненты векторов скорости перемещений v_i и напряжений T_i ;

Связь тензора скорости деформаций с тензором градиента скорости описывается уравнением

$$d_{ij} = \frac{1}{2} (v_{i,j} + v_{j,i}).$$

Для решения поставленной задачи производилось пошаговое интегрирование исходных уравнений с итерационным уточнением решения методом Ньютона – Рафсона.

Построение геомеханической модели разломно-блоковых структур Верхнего Приамурья и численное моделирование напряженно-деформированного состояния проводились с помощью пакета ANSYS в трехмерной постановке.

Результаты исследования и их обсуждение

На основе имеющихся геологических и тектонических данных [1, 4–6, 9] в исследуемой области Верхнего Приамурья были выделены восемь блоков земной коры (рис. 1): Становой ПЗ (восточная и западная часть), Сутамский, Ларбинский, Тынденско-Зейский, Селенга-Становой, Монголо-Охотский складчатый пояс, Аргуно-Мамынский. Границы данных блоков совпадают с тектоническими разломами.

Для каждого из блоков земной коры Верхнего Приамурья была создана геомеханическая модель, включающая в себя: конечно-элементную сетку с определенным типом элементов и набором значений реологических параметров. В качестве конечного элемента для всех блоков были выбраны 4-узловые изопараметрические параллелепипеды, применяемые для описания напряженно-деформированного состояния геосреды. Для задания геомеханических свойств блоков были заданы значения модуля Юнга E и коэффициента Пуассона ν : $E = 17$ ГПа, $\nu = 0,25$.

В рассматриваемой математической модели сдвиг моделировался заданными перемещениями внешних границ краевых блоков. Скорость перемещений этих границ задавалась на основе поля смещений тектонических блоков, полученного методом космической геодезии из работ [12, 13]. На тех участках исследуемой области, где кинематические условия не заданы, ставились граничные условия Винклера, соответствующие упругой реакции внешней среды.

Моделируемая область представляет собой чередование зон поднятий и депрессий, которое выражается в сочетании более пластичных Монголо-Охотского складчатого пояса, Тынденско-Зейского блока и более жестких блоков Сутамский, Ларбинский, Селенга-Становой, Аргуно-Мамынский, Становой ПЗ. В связи с чем, в расчетной модели использовались два разных предела текучести материала. Предел текучести 51 МПа соответствовал более пластичным, а 78 МПа – более жестким. Такой выбор реологических параметров объясняется разным составом пород.

СХЕМА РАЗЛОМНОЙ ТЕКТОНИКИ

Масштаб 1 : 2 500 000

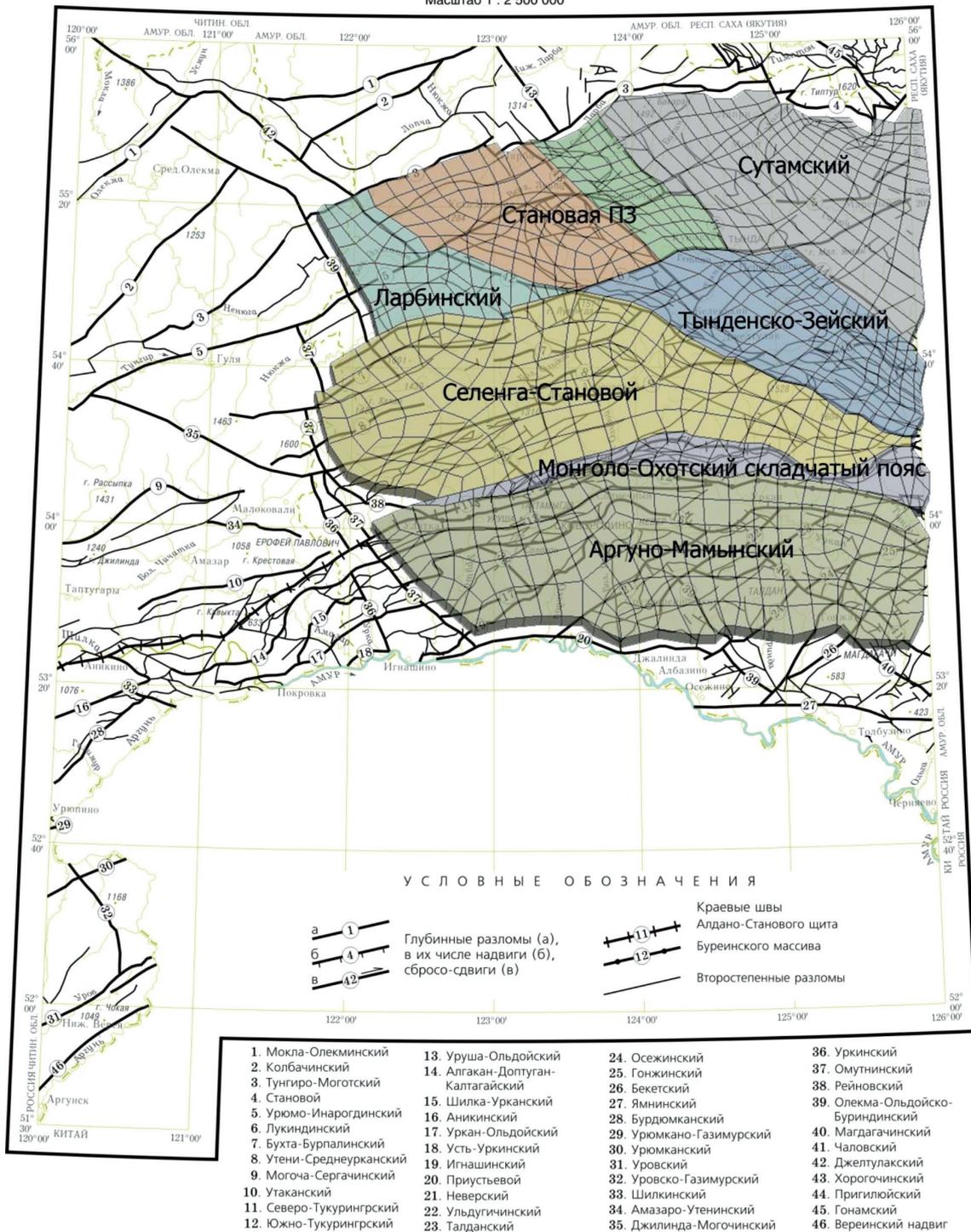


Рис. 1. Схема разломно-блоковых структур Верхнего Приамурья на основе Государственной геологической карты N51 [9]

Первоначально было опробовано несколько расчетных схем деформирования блоков и выделен один вариант с наличием генеральных разломов, проходящих по Джелтулакскому и Тукурингрскому разломам, разделяю-

щих три тектонические структуры с разными реологическими свойствами. В данной модели межблоковые взаимодействия задавались как отсутствие проскальзывания между всеми блоками, за исключением «генеральных

разломов», где задавалось трение по закону Кулона – Мора с коэффициентом равным 0,7.

Другой независимой характеристикой модели является величина толщины земной

коры. В рамках приближения плоского напряженного состояния толщина элементов, моделирующих кору, задавалась для всего региона равной 40 км.

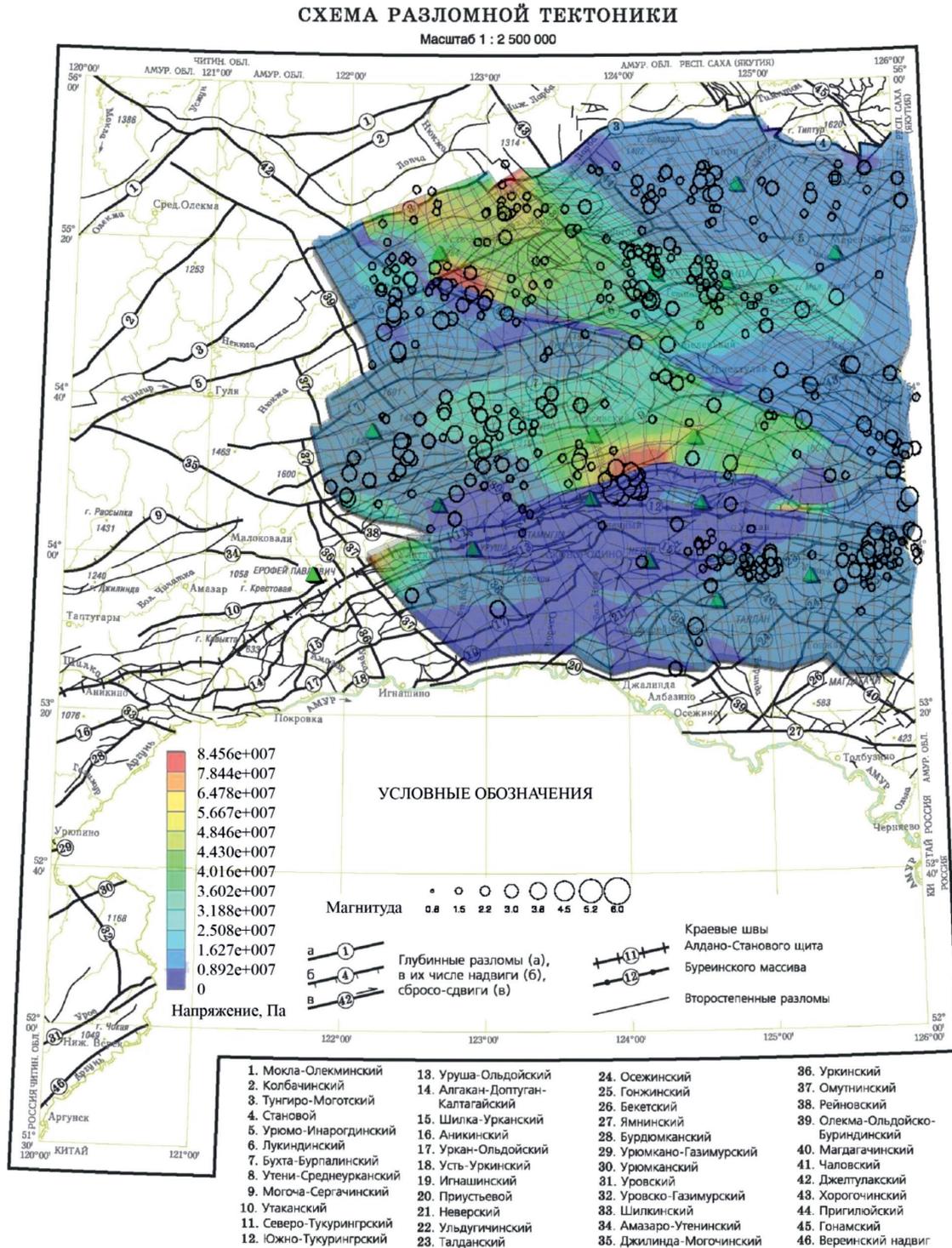


Рис. 2. Схема напряжено-деформированного состояния разломно-блоковых структур Верхнего Приамурья на основе Государственной геологической карты N51 [9]

Полученные результаты современных движений позволяют заключить, что районы максимальной дисперсии векторного поля скоростей пространственно совмещены с зонами повышенной сейсмичности, что говорит о современной активности существующих блоковых структур (рис. 2).

Заключение

Приведенные материалы свидетельствуют о том, что современная геодинамика разломно-блоковых структур Верхнего Приамурья во многом определяется движениями, происходящими вдоль границы Евразийской и Амурской литосферных плит.

Для оценки состояния напряженно-деформированного состояния разломно-блоковых структур Верхнего Приамурья наиболее точной геомеханической моделью оказалась модель с заданными генеральными разломами, проходящими по Джелтулакскому и Тукурингскому разломам, а также с заданным разделением блоков на более пластичные: Монголо-Охотский складчатый пояс, Тынденско-Зейский и на более жесткие: Сутамский, Ларбинский, Селенга-Становой, Аргуно-Мамынский, Становой ПЗ, что подтверждается данными GPS-наблюдениями.

По данным результатам моделирования современные напряжения земной коры Верхнего Приамурья концентрируются в двух зонах. Первая зона расположена в юго-восточной части Селенга-Станового блока вдоль Северо-Турингского разлома, вторая – в Становой ПЗ с переходом в Тынденско-Зейский блок вдоль Джелтулакского разлома. Данные зоны характеризуются повышенным уровнем сейсмических событий.

Практическое значение подобного численного моделирования заключается в выявлении зон повышенной концентрации современных напряжений, которые при разрядке могут вызвать катастрофические сейсмические события.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (грант 17-55-53110).

Список литературы

1. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. – М.: Недра, 1990. – Кн. 1. – 326 с. – Кн. 2. – 334 с.
2. Wei D., Seno T. Determination of the Amurian plate motion // *Mantle Dynamics and Plate Interaction in East Asia* / Eds. M. Flower, S. Chung, C. Lo, T. Lee. – 1998. – P. 337–346.
3. Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И., Бадарч Г., Беличенко В.Г., Булгагов А.Н., Дриль С.И., Кириллова Г.Л., Кузьмин М.И., Ноклеберг У., Прокопьев А.В., Тимофе-

ев В.Ф. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // *Тихоокеанская геология*. – 2003. – Т. 22, № 6. – С. 7–41.

4. Гатинский Ю.Г., Рундквист Д.В. Геодинамика Евразии – тектоника плит и тектоника блоков // *Геотектоника*. – 2004. – № 1. – С. 3–20.

5. Малышев Ю.Ф., Подгорный В.Я., Шевченко Б.Ф., Н.П. Романовский, Каплун В.Б., Горнов П.Ю. Глубинное строение структур ограничения амурской литосферной плиты // *Тихоокеанская геология*. – 2007. – Т. 26, № 2. – С. 3–17.

6. Ашурков С.В., Саньков В.А., Мирошниченко А.И., Лухнев А.В., Сорокин А.П., Серов М.А., Бызов Л.М. Кинематика Амурской плиты по данным GPS-геодезии // *Геология и геофизика*. – 2011. – Т. 52, № 2. – С. 299–311.

7. Shestakov N.V., Takahashi H., Ohzono M., Prytkov A.S., Vasilenko N.F., Bykov V.G., Luneva M.N., Bormotov V.A., Gerasimenko M.D., Kolomiets A.G., Baek J., Park P.H., Serov M.A. Analysis of the far-feld crustal displacements caused by the 2011 Great Tohoku earthquake inferred from continuous GPS observations // *Tectonophysics*. – 2012. – Т. 524–525. – P. 76–86.

8. Ханчук А.И., Сафонов Д.А., Коновалов А.В., Шестаков Н.В., Быков В.Г., Серов М.А., Сорокин А.А. Сильнейшее современное землетрясение в Верхнем Приамурье 14 октября 2011 г.: первые результаты исследования // *Доклады академии наук*. – 2012. – Т. 445, № 3. – С. 338–341.

9. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:1000000. Издание третье. Дальневосточная серия. Листы: N-51. – СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2009.

10. International Seismological Centre, On-line Bulletin, <http://www.isc.ac.uk>, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2013.

11. Бабичев А.В., Новиков И.С., Полянский О.П., Коробейников С.Н. Компьютерное моделирование деформирования земной коры горного Алтая в кайнозой // *Геология и геофизика*. – 2009. – Т. 50, № 2. – С. 137–151.

12. Жижерин В.С., Серов М.А. Кинематика современных тектонических движений в пределах восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса // *Геология и геофизика*. – 2016. – Т. 57, № 12. – С. 2143–2152.

13. Быков В.Г., Бормотов В.А., Коковкин А.А., Василенко Н.Ф., Прытков А.С., Герасименко М.Д., Шестаков Н.В., Коломиец А.Г., Сорокин А.П., Сорокина А.Т., Серов М.А., Селиверстов Н.И., Магуськин М.А., Левин В.Е., Бахтияров В.Ф., Саньков В.А., Лухнев А.В., Мирошниченко А.И., Ашурков С.В., Бызов Л.М., Дучков А.Д., Тимофеев В.Ю., Горнов П.Ю., Адрюков Д.Г. Начало формирования единой сети геодинамических наблюдений ДВО РАН // *Вестник ДВО РАН*. – 2009. – № 4. – С. 83–93.

References

1. Zonenshajn L.P., Kuzmin M.I., Natapov L.M. *Tektonika litosfernyh плит territorii SSSR*. M.: Nedra, 1990. Kn. 1. 326 p. Kn. 2. 334 p.
2. Wei D., Seno T. Determination of the Amurian plate motion // *Mantle Dynamics and Plate Interaction in East Asia* / Eds. M. Flower, S. Chung, C. Lo, T. Lee. 1998. pp. 337–346.
3. Parfenov L.M., Berzin N.A., Hanchuk A.I., Badarch G., Belichenko V.G., Bulgatov A.N., Dril S.I., Kirillova G.L., Kuzmin M.I., Nokleberg U., Prokopev A.V., Timofeev V.F. Model formirovaniya orogennyh pojasov Centralnoj i Severo-Vostochnoj Azii // *Tihookeanskaja geologija*. 2003. T. 22, no. 6. pp. 7–41.
4. Gatinskij Ju.G., Rundkvist D.V. Geodinamika Evrazii tektonika плит i tektonika blokov // *Geotektonika*. 2004. no. 1. pp. 3–20.
5. Malyshev Ju.F., Podgornij V.Ja., Shevchenko B.F., N.P. Romanovskij, Kaplun V.B., Gornov P.Ju. Glubinnoe stroenie struktur ogranichenija amurskoj litosfernoj plyty // *Tihookeanskaja geologija*. 2007. T. 26, no. 2. pp. 3–17.

6. Ashurkov S.V., Sankov V.A., Miroshnichenko A.I., Luhnev A.V., Sorokin A.P., Serov M.A., Byzov L.M. Kinematika Amurskoj plity po dannym GPS-geodezii // *Geologija i geofizika*. 2011. T. 52, no. 2. pp. 299–311.
7. Shestakov N.V., Takahashi H., Ohzono M., Prytkov A.S., Vasilenko N.F., Bykov V.G., Luneva M.N., Bormotov V.A., Gerasimenko M.D., Kolomiets A.G., Baek J., Park P.H., Serov M.A. Analysis of the far-feld crustal displacements caused by the 2011 Great Tohoku earthquake inferred from continuous GPS observations // *Tectonophysics*. 2012. T. 524–525. pp. 76–86.
8. Hanchuk A.I., Safonov D.A., Kononov A.V., Shestakov N.V., Bykov V.G., Serov M.A., Sorokin A.A. Silnejshee sovremennoe zemletrjasenie v Verhnem Priamure 14 oktjabrja 2011 g.: pervye rezultaty issledovanija // *Doklady akademii nauk*. 2012. T. 445, no. 3. pp. 338–341.
9. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta RF masshtaba 1:1000000. Izdanie trete. Dalnevostochnaja serija. Listy: N-51. SPb.: Kartfabrika VSEGEI, 2009.
10. International Seismological Centre, On-line Bulletin, <http://www.isc.ac.uk>, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2013.
11. Babichev A.V., Novikov I.S., Poljanskij O.P., Korobejnikov S.N. Kompjuternoe modelirovanie deformirovanija zemnoj kory gornogo Altaja v kajnozoe // *Geologija i geofizika*. 2009. T. 50, no. 2. pp. 137–151.
12. Zhizherin V.S., Serov M.A. Kinematika sovremennyh tektonicheskikh dvizhenij v predelakh vostochnoj chasti Mongolo-Ohotskogo skladchatogo pojasa // *Geologija i geofizika*. 2016. T. 57, no. 12. pp. 2143–2152.
13. Bykov V.G., Bormotov V.A., Kokovkin A.A., Vasilenko N.F., Prytkov A.S., Gerasimenko M.D., Shestakov N.V., Kolomiec A.G., Sorokin A.P., Sorokina A.T., Serov M.A., Seliverstov N.I., Maguskin M.A., Levin V.E., Bahtiarov V.F., Sankov V.A., Luhnev A.V., Miroshnichenko A.I., Ashurkov S.V., Byzov L.M., Duchkov A.D., Timofeev V.Ju., Gornov P.Ju., Adrjukov D.G. Nachalo formirovanija edinoj seti geodinamicheskikh nabljudenij DVO RAN // *Vestnik DVO RAN*. 2009. no. 4. pp. 83–93.

УДК 551.4

ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КЕМА-АМГИНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА (НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭВОЛЮЦИИ И ПРОГНОЗА)

Скрыльник Г.П.

ФГБУ ФАНО Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток,
e-mail: skrylnik@tig.dvo.ru

Территория Кема-Амгинского национального парка вытянута в широтном направлении (в среднем между 45° 30' и 46° с.ш.) на северо-востоке Приморья. Его климат можно охарактеризовать как океанический с хорошо выраженными континентальными и муссонными чертами. Между климатом и растительностью выделяются четкие связи (растительность выступает как индикатор континентальности или океаничности). Геосистемы обладают высокой устойчивостью, из-за чего даже связи с наметившимся похолоданием и направленно усиливающимся возрастанием резких колебаний климата не вызывают их разрушения. Общая тенденция развития ландшафтов в ближайшем будущем (меллоцене) находится в прямой континентальности климата и регрессией моря. Направленное усиление континентальности климата предопределяет на ближайшее будущее возрастание роли катастроф (в частности, из-за относительного разреживания растительности, а также в связи с масштабными антропогенными воздействиями) в развитии общих и компонентных геосистем.

Ключевые слова: климат, ландшафт, колебания, устойчивость

LANDSCAPE-CLIMATIC STRUCTURE OF THE KEMA-AMGINSKY NATIONAL PARK (SOME ASPECTS OF EVOLUTION AND THE FORECAST)

Skrylnik G.P.

Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,
Vladivostok, e-mail: skrylnik@tig.dvo.ru

The territory of the Kema-Amginsky national park is extended in a latitudinal direction (on the average, between 45° 30' and 46° of the middle latitude). Its climate can be described as oceanic with well-defined continental and monsoon features. Well-marked relations (in particular, vegetation acts as the indicator of continentality or oceanicity) are singled out between climate and vegetation. Geosystems possess high stability that is why even sharp fluctuations of climate do not destruct them. A general tendency of landscapes development (Cretaceous) is in the near future in direct relations with the incipient cold snap and an amplifying increase of climate continentality and sea regress. The directed strengthening of the continental features of climate predetermines the increase of the role of accidents in near future (in particular, because of relative dilution of vegetation, and also in connection with scale anthropogenic influences) in development of the general and component geosystems.

Keywords: a climate, a landscape, a fluctuations, a stability

Среди планируемых к организации национальных природных парков на территории Приморья четко выделяется Кема-Амгинский парк (в пределах северо-восточного мегасклона Среднего Сихотэ-Алиня): по своеобразию и ненарушенности здесь природных ландшафтов и их относительно высокой устойчивости к внешним воздействиям. Этим он заметно выделяется в отношении особо охраняемых природных территорий Приморского края [1, 2].

Цель исследования

На основании анализа результатов комплексных исследований на ключевых участках и опубликованных материалов охарактеризовать климат Кема-Амгинского национального парка; выявить вклад в структуру его климата континентальности и океаничности.

Материалы и методы исследования

Результаты натурных наблюдений и фондовые материалы. Методы – сравнительно-географический, информационный, климограмм, геофизические.

Результаты исследования и их обсуждение

Фоновые природно-климатические характеристики. Большая часть Приморья, где находятся планируемые национальные парки, относится к южной подобласти климатической муссонной лесной области умеренного пояса [3]. На сетке природного районирования – это страна системы гор и межгорных равнин, провинция влажного гольцово-лесистого средневысотного хребта Сихотэ-Алиня.

Климат Приморья, своеобразие которого, по сравнению с другими регионами

Дальнего Востока, создается в ходе максимально контрастного и противоречивого взаимодействия циркуляционных и радиационных факторов. Здесь он является самостоятельно не только одним из важнейших природных факторов, но и значительно влияет на другие компоненты природной среды. Так, например, многие специфические особенности природы связаны с муссонным климатом: теплые, облачные и влажные обстановки лета (особенно в июле-августе, когда отмечается до 70% годового водного стока) с преобладающими южными и юго-восточными ветрами, с частыми и высокими наводнениями на реках и т.д. – контрастируют с холодными, ясными и сухими условиями зимы с господствующими северными и северо-западными ветрами, с минимальными расходами воды в реках и т.п. При этом выпадение осадков связывается не столько с действием муссонов (и зимнего, и летнего), а с циклонической деятельностью в ходе развития меридионального массообмена, т.е. с общепланетарными процессами [4].

Основные региональные черты климата. Климатические особенности Приморья определяются следующими факторами:

а) крайним положением на континенте и соседством океана, что порождает здесь тесное и крайне подвижное пространственно-временное переплетение континентальных и океанических влияний и, следовательно – годовую и сезонную изменчивость вклада радиационных и циркуляционных факторов в климатообразование, проявляющейся в формировании конкретного (континентального или океанического) соотношения тепла и влаги, и выражающейся в конечном счете в господстве ландшафтов лесного типа;

б) расположением в сравнительно низких широтах (в среднем, от 42° до 49° с.ш.), что вызывает формирование относительно большой величины радиационного баланса;

в) устройством и качественным состоянием (особенно из-за контрастно сезонных смен) деятельной поверхности территории, от влияния которых в значительной мере зависят характеристики радиационных и циркуляционных процессов, и тем самым локального перераспределения тепла и влаги.

Общая тенденция развития ландшафтов Дальнего Востока в ближайшем будущем (меллоцене) находится в прямой связи с наметившимся похолоданием и направленно усиливающимся возрастанием континентальности климата и регрессией моря [5]. Направленное усиление континентальности климата,

по нашим данным, предопределяет на ближайшее будущее возрастание роли катастроф (в частности, из-за относительного разреживания растительности – т.е. естественных природно-климатических перестроек на высоких уровнях организации геосистем, а также в связи с масштабными антропогенными воздействиями, выходящими за локальные и региональные уровни) в развитии общих и компонентных геосистем.

Так, уже сейчас на восточной окраине Евразийского материка в ходе ландшафтогенеза усиливается влияние зимней континентальности. Здесь, на территории Охотоморского мегаберега – арене повсеместно ранее господствовавшего влияния океаничности, зарождаются новые и возрождаются древние курумы (как продукт континентального рельефообразующего влияния и, следовательно, яркий диагностический показатель континентальности климата), где еще недавно они присутствовали только в реликтовых формах. Одновременно с этим возрастает число и интенсивность аномальных процессов в береговой зоне – возрастает повторяемость штормов и штормовых нагонов, а также размыв морских побережий и подводного берегового склона и т.п. [6]; расширяется ареал черной березы (индикатора континентальности) к востоку – с Приамурья до главного водораздела хребта Сихотэ-Алинь и, вероятно, далее – на восточный его мегасклон. В результате полоса активного взаимоналожения и взаимопроникновения континентальности и океаничности в настоящее время, подчеркиваемая пестрым чередованием «чуждых» по происхождению форм, процессов и образований (в гольцовой зоне среднегорий: курумообразования и мерзлотной сортировки грунтов – нивационных форм; по долинам горных рек: наледей – дефляции) с эоловыми перемещением снега; и других), смещается к востоку, к береговой пограничной зоне.

Районные особенности климата. Региональные и локальные особенности климата Кема-Амгинского национального парка характеризуются по данным регулярных наблюдений 5 метеостанций: Амгу и Белкин (на востоке парка, побережье Японского моря – абсолютные высоты соответственно 3 и 103 м); Высота 1647 (на западной окраине парка – абсолютная высота 1570 м); Кхуцин (с. Максимовка; в 20 км к северу от границ парка, на побережье Японского моря – абсолютная высота 10 м); Великая Кема (в 15 км к юго-востоку от территории парка, на побережье Японского моря, вбли-

зи устья р. Кемы – абсолютная высота 7 м). При детализации представлений о закономерностях пространственного распределения климатических элементов на всей территории парка привлекались выборочные данные относительно удаленных метеостанций в сопредельных «внутриконтинентальных» районах (в ходе экстраполяционных построений) и учитывался климатообразующий вклад «высотно-экспозиционного» влияния рельефа.

Описываемый район в целом вытянут в широтном направлении (в среднем между 45° 30' и 46° с.ш.), и поэтому в отношении характеристик продолжительности солнечного сияния его можно представить по одной единственно информативной метеостанции Белкин.

Минимальная продолжительность солнечного сияния отмечается здесь в первой половине лета (141–146 часов за месяц) – при максимальной повторяемости облачности и наибольшем числе дней без солнца (8–9); максимальная продолжительность – в начале осени (в октябре – 212 часов) с небольшим количеством дней без солнца (3) и в зимне-весенний периоды (соответственно, 181–187 часов; 2–4 дня), когда происходит перестройки барических ситуаций.

Своеобразие радиационных и циркуляционных факторов приводит к формированию на общем гидротермическом фоне относительно низких значений температуры воздуха и повышенных показателей увлажнения территории.

Среднегодовые показатели температуры воздуха колеблются по территории Кема-Амгинского парка в широких пределах: от 2,2–2,5°C (на побережье Японского моря, м/ст. Великая Кема) до –4,9°C (на привершинных поверхностях внутриконтинентальных районов, м/ст. Высота 1647). Значения абсолютных максимумов по всей территории могут достигать 35–38°C, а минимумов – от –34°C до –44°C (табл. 1). Самый теплый месяц на большей части территории – август (от 16,9° до 17,4°C), а на западе – июль (13,1° м/ст. Высота 1647). Самые низкие среднемесячные температуры воздуха отмечаются чаще в январе: от –12,9 до –14,0°C (до –24,0°C на западе, м/ст. Высота 1647). Средняя продолжительность безморозного периода на морском побережье колеблется в следующих пределах: 145 дней (Великая Кема – с 17 мая по 10 октября); 150 дней (Белкин – с 16 мая по 14 октября); 139 дней (Амгу – с 19 мая по 6 октября); 122 дня (Кхуцин – со 2 июня по 3

октября). Во внутриконтинентальных районах – одновременно с нарастанием абсолютных и относительных высот местности эта величина постепенно сокращается и уже на западной окраине территории парка составляет менее 100 дней (м/ст. Высота 1647). На большей части территории парка в отдельные годы возможны отклонения от указанных средних величин на 27–33 дня [7].

На формирование температуры почвы, кроме температур воздуха, сильное влияние оказывают растительный и снежный покровы (охлаждающее летом и отепляющее зимой). Значения среднемесячных температур поверхности почвы открытых участков на фоне относительно небольших среднегодовых колебаний варьируют в широких пределах: на побережье (среднегодовые температуры около 3°C) – от 19–20°C (в августе) до минус 14,5–15,5°C (в январе); во внутриконтинентальных районах (среднегодовые температуры, в среднем, минус 4–5°) – от 16°C (в июле) до минус 24–25°C (в январе).

Представление о количестве атмосферных осадков дает табл. 2 [8]. При этом следует подчеркнуть, что повышенные их значения (80–134 мм/месяц) приходятся на период с июня по октябрь, что резко снижает здесь, по сравнению с внутриконтинентальными районами, возникновение пожаров. Уникальный опыт соседнего с нашей территорией Сихотэ-Алиньского заповедника (по профилактике и тушению лесных пожаров в условиях горной труднодоступной местности) представлен в монографии «Пожары и их влияние на природные экосистемы Центрального Сихотэ-Алиня» [9].

Снежный покров на побережье устанавливается в конце ноября, а во внутриконтинентальных районах – в начале октября (при средней высоте – 19 см и 40 см), а его сход, соответственно – в конце апреля и конце мая.

Характеристики ветрового режима иллюстрирует табл. 3 [10]. Среднее число дней с сильным ветром (более 15 м/сек) – в декабре. Максимальные ветры – 42 м/сек. В районе отмечаются явления бризовой циркуляции и феновые процессы. Метели в целом – часты. Повышенная их повторяемость отмечается непосредственно в прибрежной полосе и на выступающих в море мысах, а также на безлесных вершинных поверхностях. Вдали от побережья, по данным м/ст. Белкин, среднее количество дней с метелью в зимние месяцы не превышает 2, а за весь холодный период – 9 (при максимуме в январе).

Таблица 1

Средняя месячная и годовая температура воздуха ($T^{\circ}\text{C}$) [7]

М/Станция	Высота (м)	Месяцы												Год
		1	11	111	1У	У	У1	У11	У111	1Х	Х	Х1	Х11	
Великая Кема	7	-14,0	-9,9	-4,4	2,2	6,2	10,4	15,2	17,4	13,3	6,6	-2,8	-10,5	2,5
Белкин	103	-13,7	-10,3	-5,0	1,7	5,8	9,8	14,5	16,9	13,3	6,6	-3,2	-10,6	2,2
Амгу	3	-12,9	-10,1	-4,5	2,0	6,16	10,2	14,9	17,0	12,5	5,9	-2,6	-9,9	2,4
Кхуцин	10	-13,6	-10,2	-4,9	1,8	6,4	10,7	15,5	17,1	13,1	6,3	-3,0	-10,6	2,4
Высота 1647 м	1570	-24,0	-20,7	-14,6	-5,1	1,7	8,6	13,1	12,9	6,1	-1,9	-13,8	-21,4	-4,9

Таблица 2

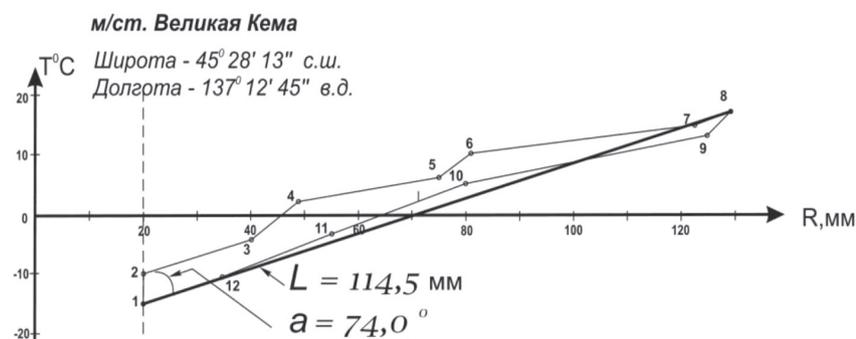
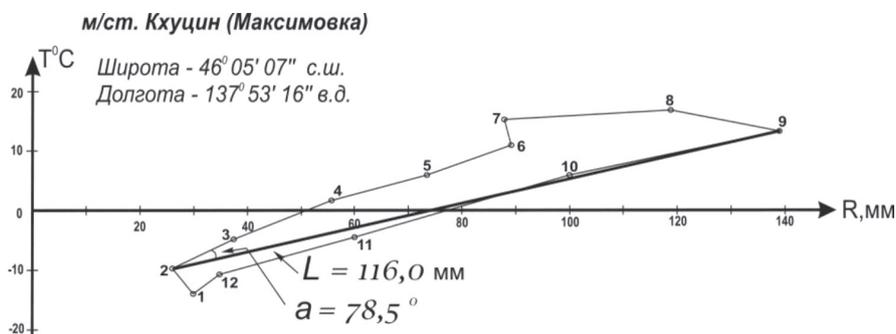
Среднее количество атмосферных осадков (мм) [8]

М/ст.	1	11	111	1У	У	У1	У11	У111	1Х	Х	Х1	Х11	XI-III	IV-X	Год
Великая Кема	20	20	42	49	75	81	123	129	125	80	54	35	171	662	833
Белкин	21	22	44	58	84	101	114	134	134	90	56	35	178	715	833
Кхуцин	30	26	37	56	74	89	88	119	139	100	61	35	189	665	854
Высота 1647 м				133	100	154	179	152	154	120			200*	992	1190*

Таблица 3

Средняя месячная и годовая скорость ветра (м/сек) [10]

М/ст.	1	11	111	1У	У	У1	У11	У111	1Х	Х	Х1	Х11	Год
Великая Кема	6,3	5,0	3,9	3,2	3,3	2,7	2,2	2,4	3,3	3,9	4,8	6,2	3,9
Белкин	5,7	5,0	4,3	4,1	4,1	3,8	2,9	3,3	3,8	4,2	4,5	5,6	4,3
Кхуцин	5,3	4,2	3,6	3,2	3,3	2,5	2,0	2,1	2,6	3,5	4,0	4,8	3,4
Высота 11647 м	12,9	11,3	9,7	9,5	7,4	5,1	4,5	4,5	7,2	9,6	14,3	15,3	9,3



Климogramмы метеостанций, фиксирующие области океаничности.
 Условные обозначения: L – длины результирующих климограмм, мм;
 a – угол отклонения результирующих климограмм, $^{\circ}$

Тематические выводы

Рассмотренные особенности климата Кема-Амгинского парка (фоновые природно-климатические характеристики, основные региональные черты и районные особенности) указывают на сложное переплетение в его структуре черт континентальности (К) и океаничности (О). Отнесение территории к определенной области К или О (и в каком объеме) можно провести при помощи климограмм, представляющих графическое отражение климата (см. рисунок), по их результирующим. Длины последних отвечают величинам К или О. Наклон результирующих климограмм, по нашим данным, указывает на принадлежность конкретных участков к области преобладающей континентальности (менее 45°) или океаничности (более 45°) континентального уровня. В нашем случае Кема-Амгинский парк находится в области океаничности. Это подтверждается и характеристиками равнинных метеостанций на региональном уровне – максимальные значения средних температур отмечаются в августе (табл. 1), а не в июле, что было бы характерно для континентальности регионального уровня.

Подытоживая анализ натуральных климатических данных по указанным метеостанциям, следует отметить, что использованные Справочники до сих пор не переиздавались. Более поздние публикации представлены только одним Справочником, который повторяет без изменений климатическую ситуацию и только по одной из них – по метеостанции Белкин [11].

Заключение

На основании анализа результатов комплексных исследований на ключевых участках и опубликованных материалов было выявлено:

а) климат Кема-Амгинского национального парка можно охарактеризовать как океанический с хорошо выраженными континентальными и муссонными чертами;

б) преобладающий вклад в структуру климата Кема-Амгинского парка вносит океаничность, но с большим участием континентальности;

в) направленное усиление континентальности климата предопределяет на ближайшее будущее возрастание роли катастроф (в частности, из-за относительного разреживания растительности – т.е. естественных природно-климатических перестроек на локальных и региональных

уровнях организации геосистем, а также в связи с масштабными антропогенными воздействиями и возможным потеплением климата, выходящими за локальные и региональные уровни) в развитии общих и компонентных геосистем. Результирующая этих колебаний неизвестна, но геоэкологические риски вполне вероятны;

г) современная устойчивость геосистем в рассматриваемом парке достаточно высокая. Она регулирует величины их трансформаций от внешних воздействий. В этих условиях даже резкие (вплоть до экстремальных, но исключая катастрофические) колебания климата, получая отклик в организации геосистем, сейчас еще не вызывают их разрушения.

В целом складывающаяся в районе Кема-Амгинского парка эколого-географическая обстановка свидетельствует о возможности возникновения и дальнейшего протекания существенных трансформаций естественных геосистем. Следовательно, проведение мероприятий по минимизации указанных трансформаций и в конечном счете нормализации здесь природной среды – крайне актуально.

Список литературы

1. Берсенева Ю.И. Особо охраняемые природные территории Приморского края / Ю.И. Берсенева, Н.К. Христофорова. – Владивосток: Дальнаука, 2016. – 68 с.
2. Национальный парк «Зов тигра» / Отв. ред. П.Я. Бакланов, ред. – сост. Ю.И. Берсенева. – Владивосток: Дальнаука, 2014. – 147 с.
3. Алисов Б.П. Климат СССР. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1956. – 128 с.
4. Скрыльник Г.П. Климат // Национальный парк «Зов тигра». – Владивосток: Дальнаука, 2014. – С. 19–27.
5. Никольская В.В. О естественных тенденциях развития физико-географических провинций юга Дальнего Востока. – Новосибирск: Наука, 1974. – 127 с.
6. Короткий А.М. Аномальные природные процессы и их влияние на состояние геосистем юга российского Дальнего Востока / А.М. Короткий, В.В. Коробов, Г.П. Скрыльник. – Владивосток: Дальнаука, 2011. – 265 с.
7. Справочник по климату СССР. Вып. 26. Приморский край. Ч. 11. Температура воздуха и почвы. – Л.: Гидрометеоздат, 1966. – 220 с.
8. Справочник по климату СССР. Вып. 26. Приморский край. Ч. 11. Атмосферные осадки. – Л.: Гидрометеоздат, 1971. – 464 с.
9. Пожары и их влияние на природные экосистемы Центрального Сихотэ-Алиня. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 264 с.
10. Справочник по климату СССР. Вып. 26. Приморский край. Ч. 111. Ветер. – Л.: Гидрометеоздат, 1967. – 200 с.
11. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1–6 (Часть 1. Солнечная радиация и солнечное сияние. Часть 2. Температура воздуха и почвы. Часть 3. Ветер и атмосферное давление. Часть 4. Влажность воздуха, осадки и снежный покров. Часть 5. Облачность, атмосферные явления, гололедно-изморозевые образования). Вып. 26. Приморский край. – Л.: Гидрометеоздат, 1988. – 454 с.

References

1. Bersenev Ju.I. Osobo ohranjaemye prirodnye territorii Primorskogo kraja / Ju.I. Bersenev, N.K. Hristoforova. Vladivostok: Dalnauka, 2016. 68 p.
2. Nacionalnyj park «Zov tigra» / Otv. red. P.Ja. Baklanov, red. sost. Ju.I. Bersenev. Vladivostok: Dalnauka, 2014. 147 p.
3. Alisov B.P. Klimat SSSR. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1956. 128 p.
4. Skrylnik G.P. Klimat // Nacionalnyj park «Zov tigra». Vladivostok: Dalnauka, 2014. pp. 19–27.
5. Nikolskaja V.V. O estestvennyh tendencijah razvitija fiziko-geograficheskikh provincij juga Dalnego Vostoka. Novosibirsk: Nauka, 1974. 127 p.
6. Korotkij A.M. Anomalnye prirodnye processy i ih vlijanie na sostojanie geosistem juga rossijskogo Dalnego Vostoka / A.M. Korotkij, V.V. Korobov, G.P. Skrylnik. Vladivostok: Dalnauka, 2011. 265 p.
7. Spravochnik po klimatu SSSR. Vyp. 26. Primorskij kraj. Ch. 11. Temperatura vozduha i pochvy. L.: Gidrometeoizdat, 1966. 220 p.
8. Spravochnik po klimatu SSSR. Vyp. 26. Primorskij kraj. Ch. 11. Atmosfernye osadki. L.: Gidrometeoizdat, 1971. 464 p.
9. Pozhary i ih vlijanie na prirodnye jekosistemy Centralnogo Sihotje-Alinja. Vladivostok: Dalnauka, 2010. 264 p.
10. Spravochnik po klimatu SSSR. Vyp. 26. Primorskij kraj. Ch. 111. Veter. L.: Gidrometeoizdat, 1967. 200 p.
11. Nauchno-prikladnoj spravochnik po klimatu SSSR. Serija 3. Mnogoletnie dannye. Chasti 1 6 (Chast 1. Solnechnaja radiacija i solnechnoe sijanie. Chast 2. Temperatura vozduha i pochvy. Chast 3. Veter i atmosfernoe davlenie. Chast 4. Vlazhnost vozduha, osadki i snezhnyj pokrov. Chast 5. Oblachnost, atmosfernye javlenija, gololedno-izmorozevye obrazovanija). Vyp. 26. Primorskij kraj. L.: Gidrometeoizdat, 1988. 454 p.

УДК 502.31:631.474(597)

**АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ
В ПРОВИНЦИИ КУАНГ БИНЬ (ВЬЕТНАМ)****Хоанг Тхи Зиеу Хыонг***КФУ, Казанский федеральный университет, Казань, e-mail: hoanghuong.udn@gmail.com*

В настоящее время, устойчивое социально-экономическое развитие территории немислимо без учета экологических факторов, предполагающего всестороннюю оценку хозяйственной деятельности человека на природные ландшафты. Это нашло отражение в формировании научной дисциплины – природопользования. На протяжении многих лет, под руководством государства Вьетнам, провинция Куанг Бинь была ориентирована на развитие ряда отраслей экономики. В статье приведены результаты территориального анализа структуры землепользования провинция Куанг Бинь. Выделены основные типы землепользования: сельскохозяйственные земли, земли лесного хозяйства, земли населенных пунктов, земли других категорий. Выявлено преобладание земель лесного фонда и земель сельскохозяйственного использования (89% территории провинция Куанг Бинь). Проведен временной анализ изменения структуры землепользования с 2009 по 2016 г. Площадь земель лесного и сельскохозяйственного назначения с 2009 по 2016 г. увеличилась. Площадь лесов в последние годы незначительно увеличилась – с 77,3% (2009 г.) до 78% (2016 г.). Общая площадь сельскохозяйственных земель имеет небольшую тенденцию к росту: с 8,9% до 10,6%. Изучено распределение типов землепользования в ландшафтах провинция Куанг Бинь. В ландшафтах гор Чыонгшон Бас преобладают земли лесного хозяйства, в ландшафтах равнин и возвышенностей Бас Тчунг Бо – сельскохозяйственные земли. Земли населенных пунктов и транспорта концентрируются в пределах ландшафтов низменных равнин, в нижнем течении реки Киен Жанг в районах Ле Тхуй, реки Лонг Дай в районе Куанг Нинь, реки Жань в районах Бо Тчас и Куанг Тчас.

Ключевые слова: природопользование, землепользование, типы землепользования, провинция Куанг Бинь, сельскохозяйственные земли, земли лесного хозяйства

**THE ANALYZE STRUCTURES LAND USE OF QUANG
BINH PROVINCE (VIETNAM)****Hoang Thi Dieu Huong***KFU, Kazan Federal University, Kazan, e-mail: hoanghuong.udn@gmail.com*

Currently, sustainable economic and social development should pay attention on the factors of ecological environment, it is necessary to have comprehensive assessments linked to human economic activities that affect the formation of natural landscapes. This is reflected in the research of environmental resources management. In many years, the province Quang Binh has been oriented towards the development of some economic sectors. This article presents the results of territorial analysis on the land using in the province Quang Binh. The main types of land use include: agricultural lands; lands of forestry; lands of settlements; lands of other categories. The main types of land use are identified. Forestry and agriculture land occupies 89% of area the province Quang Binh. By assessing the change in land use structure from 2009 to 2016. The area of forest and agricultural land in the period from 2009 to 2016 has increased. The total area of forest land in recent years has increased slightly – from 77,3% (2009) to 78% (2016). The total area of agricultural land has increased slightly: from 8,9% to 10,6%. The distribution of land use patterns in the landscape of Quang Binh province has been characterized, the mountain Truong Son Bac landscape is dominated by forest lands, in plain lands and a hill chain Bac Trung Bo – agricultural lands. Settlement lands and transportation are concentrated in the low coastal plain which basically in the lower reaches of the large Kien Giang river in Le Thuy district, the the Long Dai river in Quang Ninh district, the Gianh river in Bo Trach districts and the Quang Trach districts.

Keywords: natural resource management, land use, types of land use, Quang Binh Province, agricultural lands, forestry lands

Современная экологическая среда человека состоит из природных компонентов и антропогенной составляющей. Освоение природных ресурсов в хозяйственной деятельности человека должно осуществляться на основе рационального природопользования, с учетом запросов экономики, социальных потребностей жителей и экологических условий. Только в этом случае возможно обеспечить нормальные условия жизнедеятельности населения, предотвратить негативные воздействия на окружающую среду.

Нерациональное природопользование приводит к потере природно-ресурсной базы территорий, необратимому снижению свойств и качеств среды, необходимых для оптимальной жизни человека. Для условий лесной тропической зоны Социалистической республики Вьетнам (СРВ) характерны такие примеры нерационального природопользования, как интенсивная вырубка лесов, деятельность, способствующая вымиранию отдельных видов тропической флоры и фауны, снижение плодородия почв и др. [1, 2].

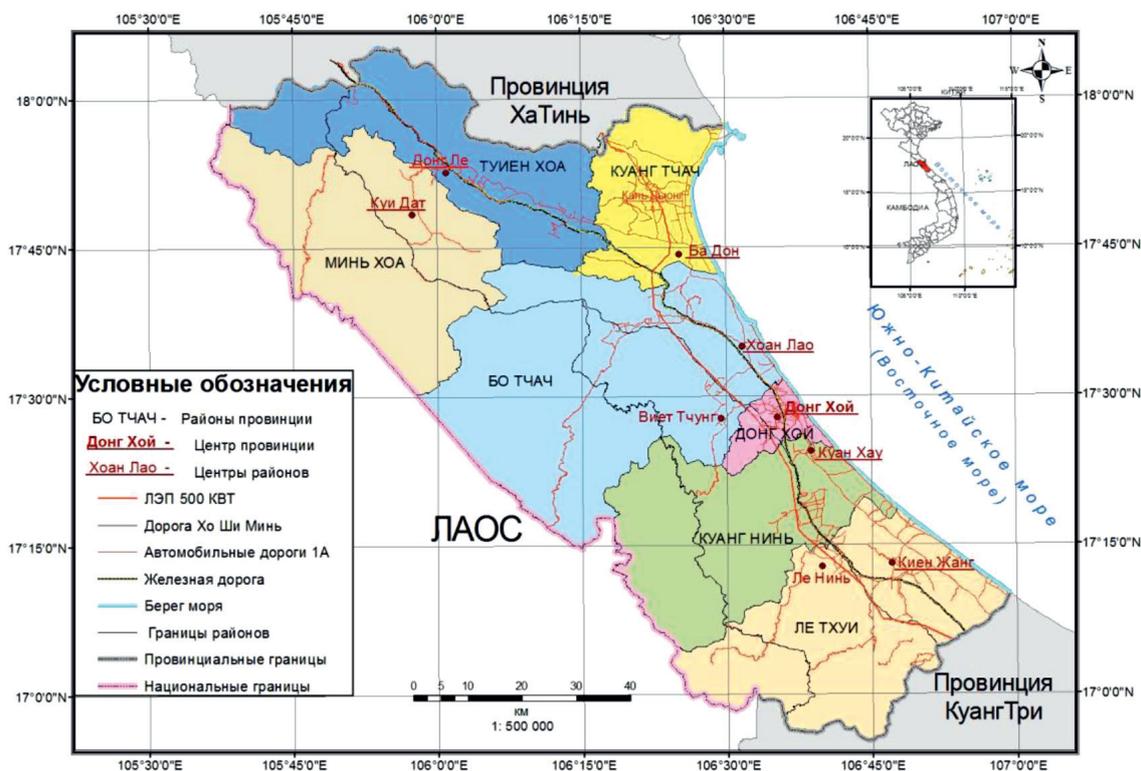


Рис. 1. Карта административного деления провинции Куанг Бинь

Комплексная оценка состояния и оптимизация использования природных ресурсов и условий окружающей природной среды, их охраны и воспроизводства на конкретной территории невозможны без анализа исторически сложившейся структуры природопользования. Особенности ведения хозяйственной деятельности, использующей природные ресурсы и приводящей к изменению геоэкологической обстановки, позволяют выделить группировки видов и типов природопользования. Классификация видов и форм природопользования, а также типизация землепользования сделаны на основе классификаций МГУ им. М.В. Ломоносова [3]. Под структурой природопользования автор понимает пространственную организацию функциональных связей в системе «природа – население – хозяйство» и их интенсивность, формирующую собственно картину использования земель и отражающую различные варианты использования экологических услуг геосистем при определенном размещении хозяйства и населения.

При этом в основном учитывается использование отдельных видов земель (лесных, сельскохозяйственных и т.д.). Этот

принцип сохраняется в основе многих современных типологий, где также рассматриваются типы использования земель или типы землепользования [3].

Крайне важным при проведении любых видов природопользования является учет ландшафтных условий территории. Именно ландшафт следует считать базовой природно-ресурсной базой территории, а природно-ресурсное районирование рекомендуется проводить на основе ландшафтного [4]. Поэтому структура землепользования провинции рассмотрена также в разрезе ландшафтных условий территории.

Цель исследования – анализ структуры землепользования в провинции Куанг Бинь (Вьетнам). Задачи – обзор публикаций по теоретическим основам природопользования, классификации видов и форм природопользования, сбор исходных данных для составления карты типов землепользования, пространственно-временной анализ структуры землепользования провинции Куанг Бинь.

Материалы и методы исследования

Провинция Куанг-Бинь находится в центральной части СРВ между 17° с.ш.

и 18° с.ш. в субэкваториальных широтах Юго-Восточной Азии (рис. 1). В административном отношении провинция состоит из 6 муниципальных районов и столичного городского района Донг Хой. На севере и на юге граничит с другими провинциями СРВ, на западе – с Лаосской народно-демократической республикой (Лаос).

Более 80% территории провинции Куанг Бинь приходится на ландшафты возвышенностей и гор. Абсолютная высота гор Чыонгшон достигает 2058 м – вершина Фу Ко Пи (Phu Co Pi). На большей части территории провинции преобладают низкие по высоте горы. Узкая полоса низменных прибрежных равнин Куанг Бинь разделяет их с морем.

Благодаря обилию солнечной радиации (110 Ккал/см².год) и значительному количеству осадков (более 2000 мм/год) при высоких температурах (в среднем + 23–+ 25 °С) процесс ферралитизации становится важнейшим процессом выветривания. Сочетание муссонно-тропического климата, горных пород и местных физико-географических условий привело к образованию разных видов ферралитных и сиалитных кор выветривания, пестрого почвенного покрова.

Длительная история развития территории способствовала формированию значительного биоразнообразия [5–7]. На изучаемой территории фоновыми являются тропические вечнозеленые переменновлажные леса прибрежных низменных равнин, возвышенностей, нижних склонов гор. С высотой в горах появляются субтропические древесные виды.

Провинция Куанг Бинь насчитывает более 900 своего лет развития. В 1075 году король Ли Нхан Тонг основал населенные пункты Бо Чин, Лам Бинь и призвал представителей национальности вьетов исследовать и заселять новые земли с благоприятным климатом, плодородной землей для выращивания сельскохозяйственных культур. В настоящее время население Куанг Бинь составляет более 872 тыс. человек (1% населения СРВ). В городах проживает всего 20% населения. Темпы естественного прироста увеличились с 0,42‰ на начало 2000-х гг. до 0,55‰ в 2015 г.

Для анализа структуры землепользования были использованы следующие официальные государственные и муниципальные базы цифровых данных: ГИС «Окружающая среда и Вьетнам»; база данных «Управления природных ресурсов и охраны окру-

жающей среды провинции Куанг Бинь»; статистические данные о населении и размещения отраслей хозяйства Комитета по статистике провинции Куанг Бинь [8].

С целью уточнения границ категорий земель были привлечены космические снимки NOAA онлайн-программы Google Earth, представленные НАСА (США). Кроме того, имеются данные натурных наблюдений по 25 ключевым точкам, проведенные автором в 2015–2016 гг.

Составление тематической карты типов землепользования проведено с помощью программы ArcGIS 10.2. Помимо классификации видов природопользования [5], использованы методические подходы к оценке системы землепользования в других провинциях СРВ, направленной на рациональное использование земельных ресурсов и охраны окружающей среды для сельского и лесного хозяйства Чан Ван Туан (Tran Van Tuan), Нгуен Као Хуань (Nguyen Cao Huan) [1, 7].

Результаты исследований и их обсуждение

По данным Статистического бюро провинции Куанг Бинь на 30.06.2016 г. общая площадь изучаемой территории составляет 806527 га [9]. Провинция разделена на 7 административных единиц: столичный город и район Донг Хой, Ба Дон; муниципальные районы – Минь Хоа, Туиен Хоа, Куанг Трач, Бо Трач, Куанг Нинья, Ле Тхуи.

В соответствии с Законом СРВ о Земле № QN11 от 13/2003 г. [10] категории используемых земель включают:

- сельскохозяйственные земли: земли для выращивания риса, земли для выращивания однолетних культур, земли для выращивания многолетних культур;
- земли лесного хозяйства: земли защитных лесных насаждений, земли резервного леса, земли эксплуатационных лесов;
- земли населенных пунктов: земли населенных пунктов (сельские), земли населенных пунктов (городские);
- земли других категорий: земли для целей аквакультуры, земли обороны, земли безопасности, земли промышленных парков, земли коммерческих услуг, земли недропользования, земли историко-культурного и рекреационного назначения, земли для захоронений, земли неиспользуемые.

Распределение категорий земель по административным образованиям приведено в табл. 1 и на рис. 2.

Таблица 1

Распределение основных типов земель провинции Куанг Бинь по муниципальным образованиям в 2016 г., га [2, 11]

Административная единица	Общая площадь (га)	в том числе			
		Земли лесного хозяйства (га)	Сельскохозяйственные земли (га)	Земли населенных пунктов (га)	Земли других категорий (га)
Город ДонгХой	15289	6568	2513	979	5011
Район БаДон	16029	6496	4109	985	4439
Район МиньХоа	141671	121622	728	695	12072
Район ТуиенХоа	115498	94766	8509	878	11345
Район КуангТрач	45321	27596	7887	975	8863
Район БоТрач	212418	167082	25410	1667	18259
Район КуангНинь	119145	100328	8349	796	9672
Район ЛеТхуи	141357	104852	21485	963	14057
Всего	806527	629310	85544	7953	83720

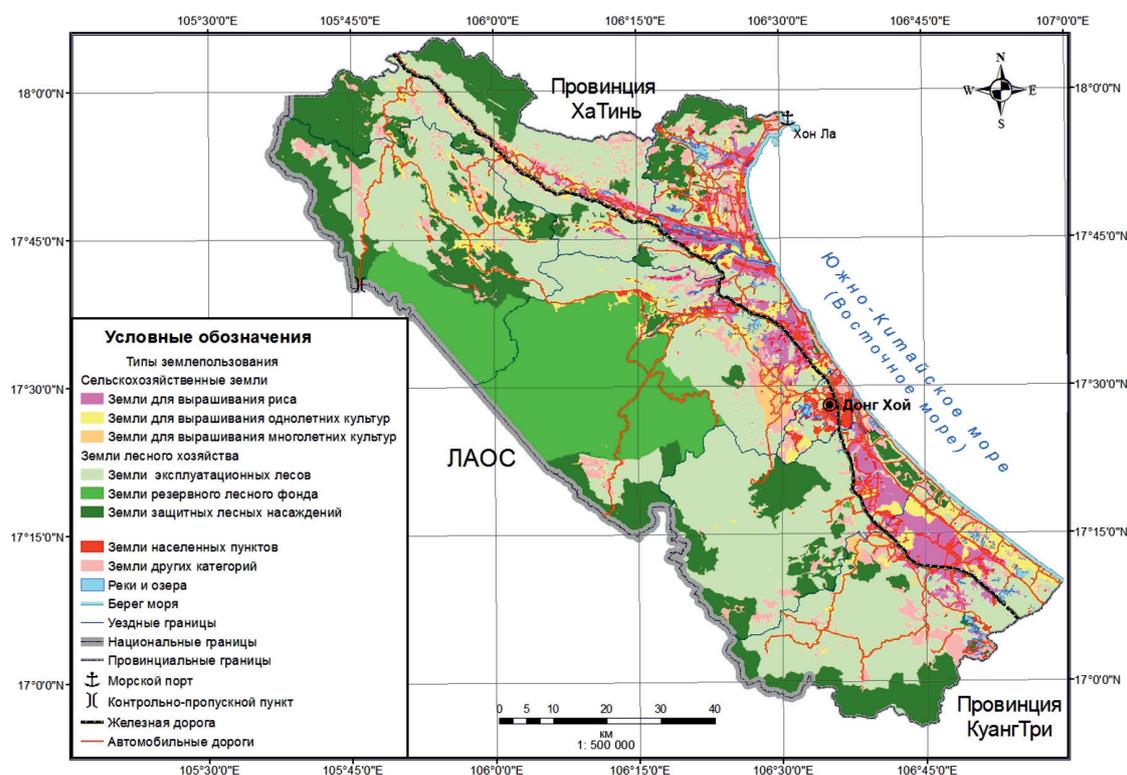


Рис. 2. Карта типов землепользования провинции Куанг Бинь

Земли лесного хозяйства. В провинции Куанг Бинь площадь, покрытая лесом, составляет 629310 га (2016 г.), это более 78% общей площади изучаемой территории. Леса играют важную экологическую роль для ландшафта местности. Наличие леса – фактор устойчивого развития и сельского хозяйства. Учитывая потенциально

высокую эрозионную опасность крутых склонов горных и предгорных ландшафтов провинции Куанг Бинь, в условиях переменного-влажного тропического климата с муссонным режимом осадков, роль лесов еще более возрастает. Площадь лесов в последние годы незначительно увеличилась – с 77,3% (2009 г.) до 78% (2016 г.) (табл. 2).

Таблица 2

Площадь земель лесного хозяйства (2009–2016 гг.) [7, 11]

Категория земель	Динамика изменения площади по годам (га)							
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Земли лесов эксплуатационного назначения	281382	305231	304943	304321	304052	324439	339594	328757
Земли защитных лесных насаждений	221182	204715	204665	204002	203665	178659	159481	171577
Земли резервного леса	120814	123576	123576	123326	123155	126329	129183	128976
Всего	623378	633522	633184	631649	630872	629427	628259	629310

Таблица 3

Площадь сельскохозяйственных земель в провинции Куанг Бинь (2009–2016 гг.) [2, 11]

Категория земель	Динамика изменения площади по годам (га)							
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
1. Земли для продовольственных культур и однолетних культур	53632	55757	54858	56363	56626	57003	56864	56444,7
– рисовые поля	31072	30934	30869	30934	30957	31247	32893	32046
– земли для выращивания однолетних культур	20963	23119	22229	23548,9	23638	23770	22045	22336
– земли под животноводство – пастбища	1597	1704	1760	1874	2031	1986	1926	2063
2. Земли для выращивания многолетних культур (плантации кофе, казуарин, эвкалипт)	17897	23861	24886	26222	26160	26828	28434	29099
Всего	71529	79618	79744	82579	82786	83831	85298	85544

Таблица 4

Площадь земель населенных пунктов (2009–2016 гг.) [11, 12]

Категория земель	Динамика изменения площади по годам (га)							
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Населенные пункты городского типа	594	613	625	693	1195	1321	1723	1751
Населенные пункты сельского типа	4453	4672	4700	4733	4800	5502	6202	6202
Всего	5047	5285	5395	5426	5995	6823	7925	7953

В структуре землепользования лесного хозяйства земли лесов эксплуатационного назначения увеличились с 45,1% (2009 г.) до 54% (2016 г.); земли резервного леса – с 19,3% (2009 г.) до 20,5% (2016 г.). Доля защитных лесных насаждений существенно сократилась – с 35,5% (2009 г.) до 25,3% (2016 г.).

Лесохозяйственное производство провинции развивается. С 2010 года заготовка древесины увеличилась на 68% со 118,8 тыс. м³ до 200 тыс. м³ в 2016 г.

Сельскохозяйственные земли. В 2016 г. площадь земель составила 85544 га (10,6% от общей площади провинции). Доля пахотных земель составила 56444,7 га (66% от общей площади сельскохозяйственных

земель), земли для выращивания многолетних культур – 29099,3 га (34% от общей площади земель). В таблице 3 приведены изменения в структуре сельскохозяйственных земель за период времени с 2009 по 2016 гг.

В структуре земли доля продовольственных культур и однолетних культур уменьшается с 75% (2009 г.) до 66% (2016 г.), при увеличении площади земель, отводимых под выращивание многолетних культур с 25% (2009 г.) до 34% (2016 г.). Это может являться следствием постепенного перехода с экстенсивного пути развития сельского хозяйства провинции на путь интенсификации производства растениеводческой продукции. Производство риса достаточно

развито, наблюдается увеличение производства за последние годы. Выращивание многолетних древесных культур, особенно гевеи на каучук, представляет наибольшую экономическую ценность.

Общая площадь сельскохозяйственных земель имеет небольшую тенденцию к росту: с 8,9% до 10,6%. Площадь сельскохозяйственных земель увеличилась за счет вовлечения части площадей неиспользуемых земель в растениеводство и пастбищное животноводство, из-за медленного расширения ирригации, транспортной инфраструктуры, в основном для жилых и городских районов.

Земли населенных пунктов. В структуре земель провинции урбанизированные территории имеют удельный вес 0,98%, в том числе городские земли составили 22%, сельские земли – 78% (2016 г.) [11, 12]. Города имеют тенденцию к медленному росту (табл. 4).

При этом плотность населения в городах высокая. Так, город Донг Хой, столица провинции, имеет плотность населения 749 чел/км² (2016 г.). Это в 7 раз больше средней плотности населения провинции. Города создают условия для экономического развития – интегрированного, многоотраслевого, мультифункционального хозяйства, включающего промышленность, сервис и туризм, переработку продукции сельского и лесного хозяйства, рыболовства, морскую отрасль [13].

Земли других категорий. Структура земель других категорий снизилась с 13,2% (2009 г.) до 10,4% (2016 г.) (табл. 5). Земли промышленных парков в основном сосре-

доточены в промышленной зоне Хон Ла на северо-востоке провинции. В шести парках развиваются перерабатывающие отрасли промышленности – лесопереработка, агропромышленный комплекс, производство строительных материалов из местного сырья (цементное производство и др.). Темпы роста промышленного производства за период 2011–2015 гг. увеличились на 9,2%. Такие виды продукции, как цемент, пиво, керамика, отличаются высоким качеством и имеют сильные позиции на внутреннем рынке и за пределами провинции.

Горнодобывающая промышленность оказывает значительное воздействие на окружающую среду, как правило, полностью изменяя ландшафт. Горными выработками занято 2192 га, что составляет 0,27% территории провинции. В провинции разведано 176 небольших по запасам месторождений руд (наиболее крупные из них – титановые). Неметаллические виды полезных ископаемых, в частности известняк и каолин, обладают большими запасами и являются исходным сырьем для производства строительных материалов.

В провинции получили развитие все основные виды транспорта: автомобильный, железнодорожный, морской и воздушный. Количество грузового и пассажирского транспорта ежегодно увеличивается. Национальное шоссе 1А длиной 122 км «Хо Ши Мин» пересекает всю провинцию с юга на север на 200 км, функционируют еще 4 крупных шоссе регионального значения. Железнодорожный транспорт проходит по всей провинции на 174,5 км. Воздушный транспорт курсирует из аэропорта Донг Хой.

Таблица 5

Площадь других категорий земель (2009–2015 гг.) [12]

Категория земель	Динамика изменения площади земель по годам, га							
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Земли промышленных парков	16322	18465	17790	20134	20358	23164	23497	23497
Земли горнодобывающей деятельности	217	224	224	538	995	1598	2192	2198
Земля для общественных целей, в т.ч. транспортная сеть	18391	19831	20169	20631	20669	20713	20713	20713
Земли обороны и безопасности	4160	4881	4890	5081	5189	5209	5126	5241
Земли для захоронений	2696	2552	2615	2734	2734	2814	2814	2841
Земли для целей аквакультуры	2476	2471	2562	2479	2605	2597	2116	2116
Земли историко-культурного и рекреационного назначения	420	571	790	974	1073	1413	1521	1541
Земли под строительство	410	470	481	479	501	521	508	508
Неиспользуемые земли	61481	38637	38083	33423	31750	28417	26558	25065
Всего	106573	88102	87604	86473	85874	86446	85045	83720

Таблица 6

Распределение категорий земель по классам ландшафтов

Категория земель \ Ландшафты	Земли для выращивания риса	Земли для выращивания однолетних культур	Земли для выращивания многолетних культур	Земли населенных пунктов	Земли защитных лесных насаждений	Земли эксплуатационных лесов	Земли резервного леса	Земли других категорий
Ландшафты среднегорий	–	–	–	–	10236	11431	19615	8613
Ландшафты низкогорий	–	–	7	329	86817	208504	104068	8245
Ландшафты высоких возвышенностей	–	1998	5845	1058	38686	57677	–	9360
Ландшафты низких возвышенностей	3315	7731	13737	1293	15663	51877	–	22134
Ландшафты равнин	29578	14242	8853	5245	4448	3105	–	52822
Всего:	32893	23971	28442	7925	155850	332594	123683	101174

Сопоставительный анализ ландшафтной карты провинции и карты типов землепользования позволил определить распределение основных категорий земель по классам ландшафтов (табл. 6).

Ландшафты прибрежных равнин имеют высоту ниже 25 м над уровнем океана, в среднем высоты постепенно уменьшаются по направлению с северо-запада на юго-восток провинции (занимают 15 % территории). Распространены в основном в нижнем течении крупных рек Киен Жанг в районах Ле Тхуй, рек Лонг Дай в районах Куанг Нинь, реки Жань в районах Бо Тчас и Куанг Тчас. Основные типы почв в регионе аллювиальные песчаные, климат благоприятный для развития сельского хозяйства, особенно, для выращивания риса (рисовые плантации занимают 24 % площади ландшафтов равнин).

Менее распространены аллювиальные засоленные почвы в дельтах, прилегающих к морю. Здесь производится посадка мангровых деревьев для защиты рыбных ресурсов. Для выращивания риса воды опресняются.

В районе распространения прибрежных дюн 70–80 % почв – песчаные и бедные питательными веществами. Почву от дефляции защищают многолетние насаждения казуарина, эвкалипта, акации. Мелиоративные приемы позволяют местами использовать почвы для выращивания овощей, фруктов, бобовых, а также специй, таких как чеснок, лук, перец. Таким образом, ландшафты низменных равнин являются наиболее освоенным местным населением.

Ландшафты возвышенностей Бас Тчунг Бо – узкие и морфологически довольно сложные, высоты изменяются от 25 до 250 м над уровнем океана (30 % площади провинции). В связи с расположением в переходной зоне между низкими горами, холмами на западе и прибрежными низменными равнинами на востоке, ландшафты подвержены экзогенным процессам, таким как почвенная и склоновая эрозия, выщелачивание горных пород. Класс ландшафтов возвышенностей делится на 2 подкласса ландшафтов: подкласс ландшафтов высоких возвышенностей (150–250 м над уровнем океана) и подкласс ландшафтов низких возвышенностей (на 25–150 м над уровнем океана).

Эти ландшафты распространены в основном в районах Ле Тхуй и Бо Тчас. Наибольшее развитие получили земли лесного хозяйства, включая лесные насаждения эвкалиптов, акации ушковидной, сосны (в районах Куанг Нинь и Куанг Тчас). В наиболее благоприятных районах выращиваются многолетние культуры каучу, перца (в фермерских хозяйствах Ле Нинь, район Ле Тхуй, Вьет Тчунг, район Бо Тчас). На низких возвышенностях Бас Тчунг Бо специализируются на выращивании технических однолетних культур, таких как сахарный тростник, арахис, ананас, фрукты.

Ландшафты гор Чыонгшон Бас и холмов Бас Тчунг Бо, расположенные на западе и в центральных частях изучаемой территории, занимают более 55 % площади провинции Куанг Бинь. Представлены преимущественно низкогорьями с высотой 250–1000 м над уровнем океана и средне-

горьями (1000–2000 м). Физико-географические условия благоприятны для ведения лесохозяйственной деятельности, распространены также земли резервного леса и защитные лесные насаждения. Здесь имеется крупный национальный парк Фонгха-КеБанг. Склоны низких гор используются также для выпаса скота. Ландшафты гор наименее освоены человеком, во многих районах сохранен естественный облик тропического леса.

Заключение

Земли лесного хозяйства занимают самую большую площадь в структуре землепользования в провинции Куанг Бинь. Площадь лесов в последние годы немного увеличивается. Второе место в структуре землепользования занимают земли сельскохозяйственного назначения, преобладают пахотные угодья. Площадь агроландшафтов имеет небольшую тенденцию к росту. Вслед за урбанизацией увеличивается и усложняется структура земель населенных пунктов, особенно городов.

В пределах ландшафтов гор, холмов и высоких возвышенностей распространены земли лесного хозяйства, резервного леса и защитных лесонасаждений. В наиболее преобразованных человеком ландшафтах низких возвышенностей и низменных равнин преобладают сельскохозяйственные земли.

Список литературы

1. Tran Van Tuan, Nguyen Cao Huan. Research and evaluation of land use systems for sustainable agricultural land use planning (Case study: Dai Thanh Commune, Quoc Oai District, Hanoi). Geographical Society of Vietnam. – 2014. – P. 35–49.
2. Tran Van Tuan. Land use planning. Natural Science and Technology. HaNoi national university. – 2014. – P. 72.
3. Евсеев А.В. Основные подходы к классификации природопользования Рациональное природопользование: теория, практика, образование // Сб. ст. под ред. проф. М.В. Слипенчука. – М.: Географический факультет МГУ, 2012. – С. 10–17.
4. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. – М.: Высшая школа, 1991. – 504 с.
5. Pham Hoang Hai. Landscape ecological landscape coastal Vietnam for rational use of resources, environmental protection // Journal of Earth Sciences. – 2006. – vol. – № 28 (1). – P. 34–42.
6. Pham Hoang Hai. Assess general natural conditions and natural resources territory humid tropics monsoon in the Vietnam for the purpose of production development and environmental protection // Archives of the Institute of Geography, National Center for Natural Science and Technology. Hanoi. – 2006. – P. 125–132.
7. Nguyen Duc Chinh, Vu Tu Lap. Natural Geography of Vietnam. – Ha Noi: Education publisher. – 1962. – P. 15–165.
8. Report status quo Socio-economic development Quang Binh period 2011–2015 [Текст]: A dossier for the Department Natural Resources and Environment of province Quang Binh is dated 1/2016. // Department Natural Resources and Environment of province Quang Binh. 2016. – P. 25–86.
9. Куанг Бинь: планирование землепользования до 2020 года [Электронный ресурс]. – URL: <https://skhdt.quangbinh.gov.vn/3cms/quang-binh-quy-hoach-su-dung-dat-den-nam-2020.htm/> (дата обращения: 26.07.2017).
10. Закон о земле Социалистической Республики Вьетнам от 29.11.2013 г. № 45/2013/QH13 // Национальная ассамблея Республика социалистического Вьетнама. – 2013. – № 39. – С. 22.
11. Бюллетень Статистического бюро провинции Куанг Бинь, официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.quangbinh.gov.vn/3cms/so-lieu-nien-giam-thong-ke-nam-2013.htm> (дата обращения: 05.02.2017).
12. Характеристика провинции Куанг Бинь // Управление природными ресурсами и охраной окружающей среды в Куанг Бинь. – Куанг Бинь, 2010. – С. 19–38.
13. Хыонг Т.З., Денмухаметов Р.Р. Развитие городов провинции Куанг Бинь (Центральный Вьетнам) / Т.З. Хыонг, Р.Р. Денмухаметов // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 3. – С. 128–132.

References

1. Tran Van Tuan, Nguyen Cao Huan. Research and evaluation of land use systems for sustainable agricultural land use planning (Case study: Dai Thanh Commune, Quoc Oai District, Hanoi). Geographical Society of Vietnam. 2014. pp. 35–49.
2. Tran Van Tuan. Land use planning. Natural Science and Technology. HaNoi national university. 2014. pp. 72.
3. Evseev A.V. Osnovnye podhody k klassifikacii prirodopolzovaniya Racionalnoe prirodopolzovanie: teorija, praktika, obrazovanie // Sb.st. pod red. prof. M.V. Slipenchuka. M.: Geograficheskij fakultet MGU, 2012. pp. 10–17.
4. Isachenko A.G. Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe rajonirovanie. M.: Vysshaja shkola, 1991. 504 p.
5. Pham Hoang Hai. Landscape ecological landscape coastal Vietnam for rational use of resources, environmental protection // Journal of Earth Sciences. 2006. vol. no. 28 (1). pp. 34–42.
6. Pham Hoang Hai. Assess general natural conditions and natural resources territory humid tropics monsoon in the Vietnam for the purpose of production development and environmental protection // Archives of the Institute of Geography, National Center for Natural Science and Technology. Hanoi. 2006. pp. 125–132.
7. Nguyen Duc Chinh, Vu Tu Lap. Natural Geography of Vietnam. Ha Noi: Education publisher. 1962. pp. 15–165.
8. Report status quo Socio-economic development Quang Binh period 2011–2015 [Текст]: A dossier for the Department Natural Resources and Environment of province Quang Binh is dated 1/2016. // Department Natural Resources and Environment of province Quang Binh. 2016. pp. 25–86.
9. Kuang Bin: planirovanie zemlepolzovaniya do 2020 goda [Elektronnyj resurs]. URL: <https://skhdt.quangbinh.gov.vn/3cms/quang-binh-quy-hoach-su-dung-dat-den-nam-2020.htm/> (data obrashhenija: 26.07.2017).
10. Zakon o zemle Cocialisticheskoy Respubliki Vetnam ot 29.11.2013 g. no. 45/2013/QH13 // Nacionalnaja assambleja Respublika socialisticeskogo Vetnama. 2013. no. 39. pp. 22.
11. Bjulleten Statisticheskogo bjuro provincii Kuang Bin, oficialnyj sajt [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.quangbinh.gov.vn/3cms/so-lieu-nien-giam-thong-ke-nam-2013.htm> (data obrashhenija: 05.02.2017).
12. Harakteristika provincii Kuang Bin // Upravlenie prirodnyimi resursami i ohranoj okruzhashushej sredy v Kuang Bin. Kuang Bin, 2010. pp. 19–38.
13. Hyong T.Z., Denmuhametov R.R. Razvitie gorodov provincii Kuang Bin (Centralnyj Vetnam) / T.Z. Hyong, R.R. Denmuhametov // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2017. no. 3. pp. 128–132.

УДК 911:631

СТРУКТУРА ЗЕМЕЛЬНОГО ФОНДА И ОБРАЗОВАНИЕ НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В РЕГИОНАХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Чибилёв А.А. (мл.)

*Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, Оренбург,
e-mail: a.a.ml@mail.ru*

В течение XIX–XX веков ландшафты степной зоны Европейской России (СЗЕР) подверглись мультиэтапному и широкомасштабному развитию сельского хозяйства, испытав негативное воздействие, связанное с аграрно-хозяйственной деятельностью. В 1990-х гг. экономический кризис способствовал некоторому снижению антропогенной нагрузки на степные экосистемы связанному с сокращением сельскохозяйственного использования территорий. В настоящее время в большей части рассматриваемых субъектов наряду с возобновлением масштабной распашки степных территорий, набирают силу экзогенные процессы и пастбищная дигрессия. Одной из ключевых задач в стратегии пространственного развития степных и постцелинных регионов европейской части России является решение проблемы образования фонда неиспользуемых земель. На территории мезорегиона степной зоны Европейской России в 2015 г. земли общей площадью более 4,7 млн га считались неиспользуемыми. В статье приводится анализ структуры земельного фонда 10 субъектов РФ: Краснодарский край, Ставропольский край, Ростовская область, Республика Калмыкия, Волгоградская область, Белгородская область, Воронежская область, Саратовская область, Самарская область, Оренбургская область. По рассматриваемым субъектам приводятся актуальные данные неиспользуемых в сельскохозяйственном обороте земель и пашни. Дается характеристика причин образования фонда неиспользуемых сельскохозяйственных земель. Предлагаются ключевые регионы степной зоны, на модельных территориях которых необходимо проводить апробации методик рационального и эффективного вовлечения в оборот выбывших сельскохозяйственных угодий, развития альтернативного природопользования, формирования аггостепи, организации новых категорий ООПТ в форме узловых и линейных элементов экологического каркаса субъектов степной зоны Европейской России.

Ключевые слова: земельный фонд, неиспользуемые земли, регион, степная зона, устойчивое развитие, природоохранный каркас, степное природопользование, землеустройство

LAND FUND STRUCTURE AND FORMATION OF UNUSED LANDS IN THE EUROPEAN PART OF RUSSIA STEPPE ZONE REGIONS

Chibilev A.A. (jr.)

Institute of Steppe of the Ural branch of the RAS, Orenburg, e-mail: a.a.ml@mail.ru

Within the 19–20th centuries, the European Russia steppe zone landscapes have undergone multi-step and large-scale development of agriculture, having had the negative influence connected with agrarian economic activity. In the 1990's the economic crisis promoted the decrease in anthropogenic load of steppe ecosystems connected with reduction of agricultural use of territories. Now in the most parts of the considered regions subjects along with the renewal of large-scale ploughing of steppe territories, exogenous processes and a pasturable digression gain strength. One of the key tasks in the strategy of spatial development of steppe regions of the European part of Russia is to find the solution to the problem of unused lands fund formation. In the territory of the mesoregion of a steppe zone of the European Russia in 2015 lands with a total area, more than 4,7 million hectares were considered as unused. The structure analysis of the land funds of 10 territorial subjects of the Russian Federation is provided in the article: Krasnodar Krai, Stavropol Krai, Rostov region, Republic of Kalmykia, Volgograd region, Belgorod region, Voronezh region, Saratov region, Samara region, Orenburg region. On the considered regions relevant data for unused agricultural land turnover and arable lands is provided. The characteristic for the reasons of fund formation of unused farmlands is given. Key regions of a steppe zone in model territories of which are offered it is necessary to carry out approbations of techniques of rational and effective involvement agricultural grounds, development of alternative environmental management, formation of the aggro steppe, the organization of new categories SPNA in the form of nodal and linear elements of an ecological framework of regions of a steppe zone of the European Russia.

Keywords: land fund, not used lands, the region, steppe zone, sustainable development, nature protection framework, steppe environmental management, land management

В течение XIX–XX веков ландшафты степной зоны Европейской России (СЗЕР) подверглись мультиэтапному и широкомасштабному развитию сельского хозяйства, испытав негативное воздействие, связанное с аграрно-хозяйственной деятельностью. Развитие отраслей АПК происходило наряду с организацией гидротехнических объектов, формированием транспортных

коммуникаций, созданием новых селитебных территорий. Значительные площади степных и лесостепных территорий оказались востребованы под развитие добывающих отраслей народного хозяйства и обеспечение переработки и транспортировки минерального сырья и энергоресурсов. При интенсивном формировании узловых элементов и сетей социально-экономического

каркаса параллельное формирование природоохранного каркаса, призванного обеспечить устойчивое развитие территорий, заметно запаздывало. В результате утраты во многих степных регионах культуры планирования и землеустройства территорий всё это привело к возникновению на территории степной зоны от Чёрного моря до Уральских гор большого числа проблем, связанных с нерациональным использованием природных ресурсов.

Цель исследования

Провести анализ современного состояния и выявить особенности структуры земельного фонда и сельскохозяйственных угодий регионов степной зоны европейской части России, дать характеристику показателям неиспользования земель, выявить основные причины возникновения не востребованного земельного фонда и предложить варианты повторного вовлечения земель в социально-экономическое развитие территорий.

Материалы и методы исследования

Выделяя территорию степной зоны европейской части России, мы рассматриваем 10 субъектов РФ расположенных в четырех федеральных округах: Краснодарский край, Ставропольский край, Ро-

стовская область, Республика Калмыкия, Волгоградская область, Белгородская область, Воронежская область, Саратовская область, Самарская область, Оренбургская область. В этих границах общая площадь исследуемого мезорегиона, в котором проживают почти 27 млн человек (18,4% численности населения РФ), составляет около 0,8 млн км² (около 5% площади территории страны). Масштабность экономических и социальных процессов трансформации рассматриваемого мезорегиона на протяжении XX века усугубилась возникновением экологических угроз и проявлением проблем связанных с особенностями развития степного пространства в условиях активного сельскохозяйственного освоения и развития экстенсивного животноводства.

В 1990-х гг. экономический кризис способствовал некоторому снижению антропогенной нагрузки на степные экосистемы, связанному с сокращением сельскохозяйственного использования территорий. Но, к сожалению, в полной мере воспользоваться сложившимися условиями для формирования симметричного природоохранного каркаса и создания устойчивой модели развития альтернативных видов степного природопользования в регионах не смогли [1].



Рис. 1. Структура земельного фонда регионов СЗЕР в 2015 г. [2, 3]

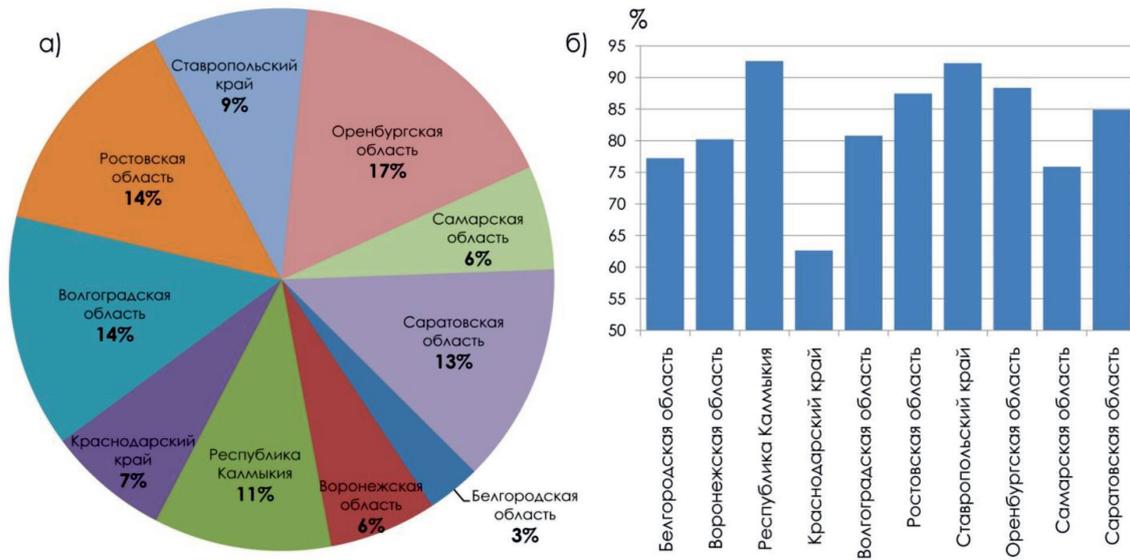


Рис. 2. Земли сельскохозяйственного назначения мезорегиона СЗЕР: а) структура по субъектам; б) доля в структуре земельного фонда субъектов [2]

В настоящее время в большей части рассматриваемых субъектов наряду с возобновлением масштабной распашки степных территорий набирают силу экзогенные процессы и пастбищная дигрессия. Вопросы устойчивого сельскохозяйственного освоения и использования территории СЗЕР становятся ещё более актуальными в рамках возрастающего значения степного пространства в обеспечении продовольственной безопасности страны в условиях санкций и геополитических конфликтов. Рассматриваемый мезорегион, граничащий на западе с Украиной, на востоке с Республикой Казахстан, а на юге с приграничными регионами Северного Кавказа, территориально располагается в непростом геополитическом пространстве. В связи с этим необходимость исследования эффективности использования земельного фонда, решения вопросов оптимизации структуры сельскохозяйственных угодий, решение проблемы образования неиспользуемых земель и поиск устойчивых форм степного природопользования на территории субъектов этого важного для страны субрегиона, обладающего значительным природно-ресурсным и демографическим потенциалом, давно назрела.

На 1 января 2016 г. площадь земельного фонда исследуемой территории в соответствии с данными Росреестра составила 788,1 тыс. км², из них земли сельскохозяйственного назначения занимают 655,7 тыс.

км² (83,2%) (рис. 1). Земли этой категории выступают основным средством производства в сельском хозяйстве, в связи с этим нуждаются в мероприятиях обеспечивающих сохранение экономически эффективных сельскохозяйственных территорий, повышение плодородия почв и предотвращение развития негативных почвенных процессов (почвенная эрозия, загрязнение, истощение и подкисление, осолонцевание, деградация минеральной основы, обеднение минеральными веществами и дегумификация).

Наибольшие площади сельскохозяйственных земель среди исследуемых субъектов на 1.01.2016 г. отмечаются в Оренбургской (10,9 млн га), Волгоградской (9,1 млн га), Ростовской (8,8 млн га) и Саратовской (8,6 млн га) областях (рис. 2, а). По относительному показателю доли сельскохозяйственных земель в общей площади субъекта лидируют Республика Калмыкия (92,6%), Ставропольский край (92,3%), Оренбургская (88,3%), Ростовская (87,5%) и Саратовская области (84,9%) (рис. 2, б).

Суммарная площадь территорий занятых под сельскохозяйственные угодья в границах исследуемых субъектов в 2016 г. составила 63,7 млн га. Это почти 1/3 всех сельскохозяйственных угодий России! В структуре сельскохозяйственных угодий мезорегиона наибольшую долю занимает пашня (63,3%) суммарной площадью по 10-ти субъек-

там – 40,3 млн га (34,7% от всех пахотных земель РФ) (рис. 3, а). Наибольшие площади пастбищных земель, основу которых составляют кормовые угодья степных и полупустынных ландшафтов, сосредоточены в Республике Калмыкия (5343,6 тыс. га) и Оренбургской области (3980,6 тыс. га).

Результаты исследования и их обсуждение

Одной из ключевых задач в стратегии пространственного развития степных и постцелинных регионов европейской части России является решение проблемы образования фонда неиспользуемых земель. На территории мезорегиона степной зоны Европейской России в 2015 г. земли

общей площадью более 4,7 млн га считались неиспользуемыми. С одной стороны, показатель неиспользуемых сельскохозяйственных земель – 7,5% (таблица) может показаться не таким уж и высоким на фоне соответствующих показателей по Сибирскому федеральному округу (27,3%).

Однако по абсолютному значению эта территория сравнима с площадью таких стран, как Эстония, Дания или Нидерланды. В структуре земель сельскохозяйственного назначения наибольшие площади неиспользуемых земель из рассматриваемых субъектов РФ сосредоточены в Волгоградской и Оренбургской областях, неиспользуемой пашни – в Республике Калмыкия, Волгоградской, Оренбургской и Саратовской областях (рис. 4).

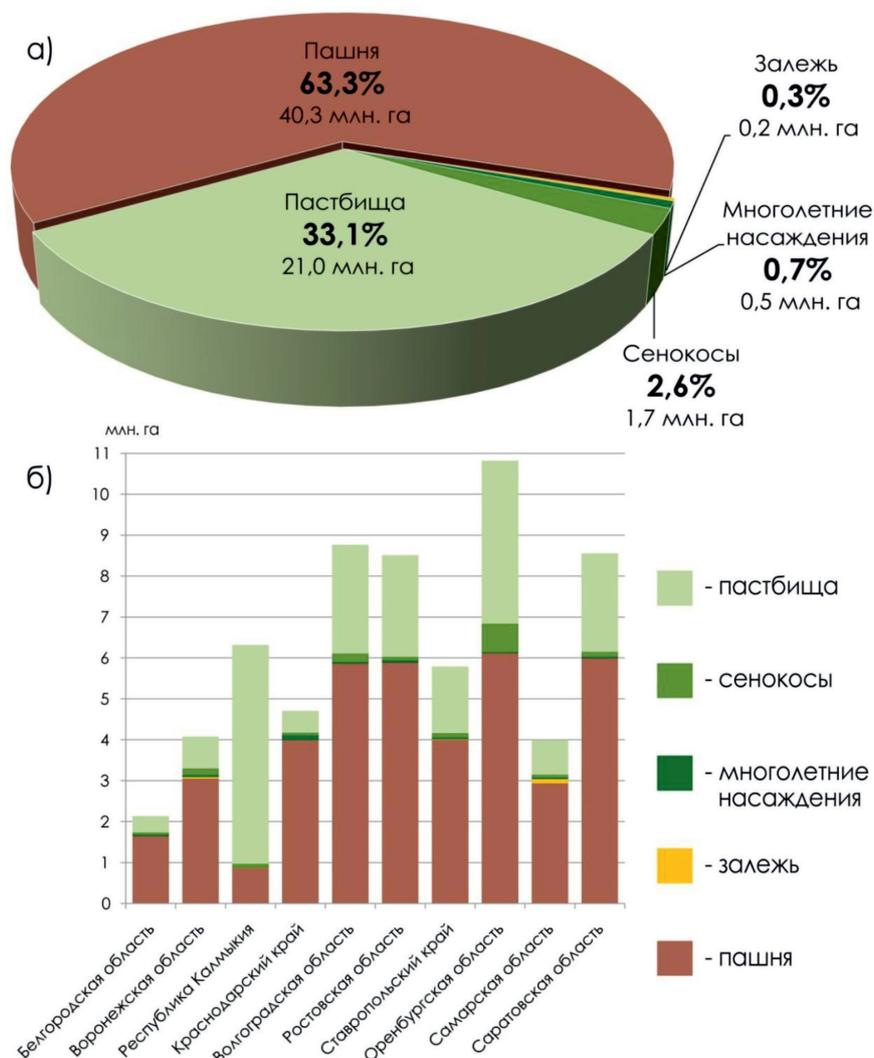


Рис. 3. Структура сельскохозяйственных угодий: а) мезорегиона степной зоны Европейской России; б) в разрезе субъектов СЗЕР [2; 4]

Неиспользуемые земли сельскохозяйственного назначения в регионах степной зоны Европейской России в 2015 г. [2]

Субъект мезорегиона СЗЕР	Земли с/х назначения, тыс. га	Неиспользуемые земли, тыс. га	Неиспользуемые земли с/х назначения, %	Пашня, тыс. га	Неиспользуемая пашня, тыс. га	Неиспользуемая пашня, %
Белгородская область	1 889,6	11,8	0,6	1 520,5	8,4	0,5
Воронежская область	4 167,8	18,9	0,5	2 927,3	14,6	0,5
Республика Калмыкия	6 317,0	415,7	6,6	848,6	415,7	49,0
Краснодарский край	4 728,9	104,4	2,2	3 737,5	49,0	1,3
Волгоградская область	9 121,9	1 867,8	20,5	5 794,0	1 134,3	19,6
Ростовская область	8 833,9	71,9	0,8	5 740,2	33,0	0,6
Ставропольский край	6 107,3	0	0	3 932,2	0	0
Оренбургская область	10 926,6	1 404,8	12,9	6 030,5	974,0	16,2
Самарская область	4 067,4	211,6	5,2	2 856,9	187,4	6,6
Саратовская область	8 589,4	637,9	7,4	5 825,1	637,9	11,0
Всего:	62 860,2	4 744,8	7,5	39 212,8	3454,3	8,8

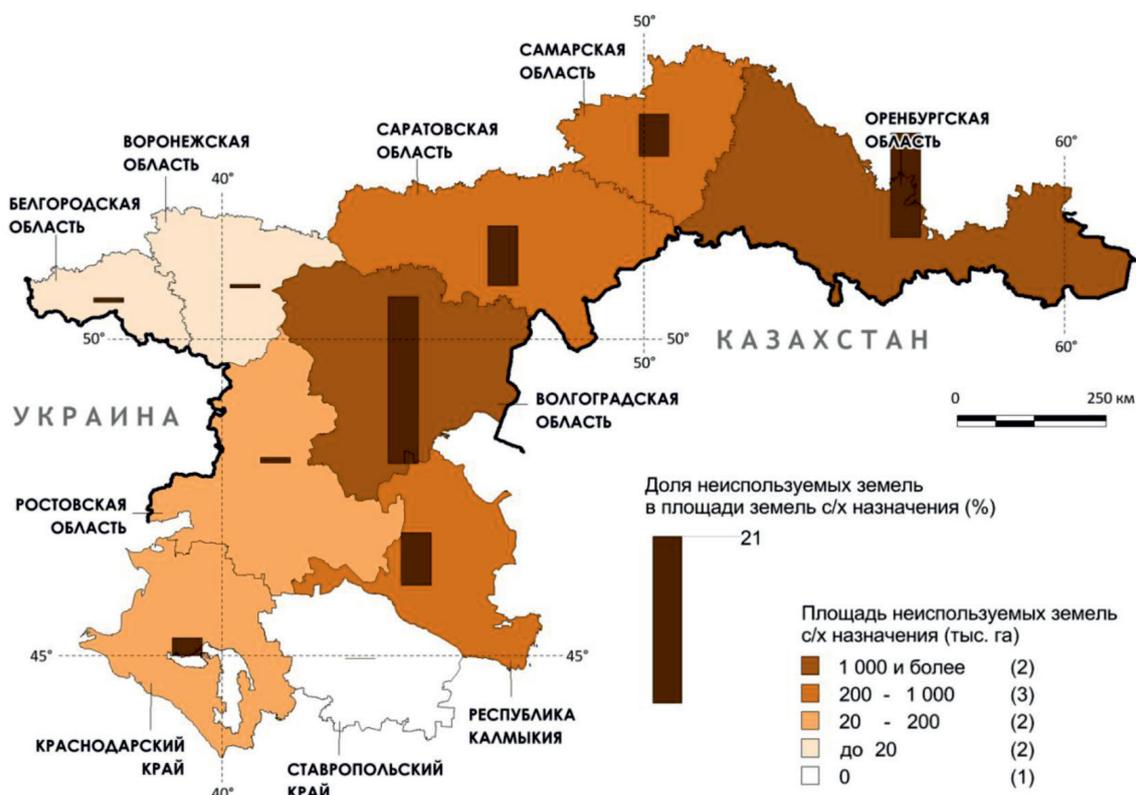


Рис. 4. Неиспользуемые земли по регионам степной зоны Европейской России в 2015 г.

Конечно, среди причин выбытия сельскохозяйственных угодий из сельскохозяйственного оборота есть напрямую не связанные с утратой ими сельскохозяйственной ценности и продуктивности. Например, развитие пригородных территорий крупных городов иногда требует перераспределения земель по категориям. Однако в значительной мере такие потери сельскохозяйственных угодий возникают из-за развития негативных процессов:

– миграция сельского населения (увеличение числа заброшенных населённых пунктов);

– отсутствие технических и финансовых ресурсов для ведения эффективного сельскохозяйственного производства;

– неиспользование (или использование с нарушением законодательства РФ) сельскохозяйственных земель недобросовестными правообладателями и т.д. [5, 6].

Казалось бы, процесс выбытия земель из сельскохозяйственного оборота является положительной тенденцией с экологической точки зрения – прекращается хозяйственная деятельность, степная растительность восстанавливается, создаются условия для восстановления биологического разнообразия и т.д. [7]. Но без проведения мероприятий по рекультивации таких территорий они зарастают древесно-кустарниковой растительностью, подвергаются негативному воздействию эрозионных процессов. Такие земли нередко представляют собой источники негативного воздействия на окружающую среду, очаги нарушения почвенно-растительного покрова и гидрологического режима, а в окрестностях заброшенных сёл и хозяйственных комплексов – ареалы развития форм антропогенного рельефа [8, 9].

Под действием естественных и антропогенных факторов интенсивное освоение земельных ресурсов регионов степной зоны европейской части России на современном этапе развития народного хозяйства привело не только к ухудшению состояния почвенного покрова. Возник целый ряд экологических проблем, связанных с эскалацией процессов деградации степных экосистем. Негативные последствия охвативших регионы исследуемой территории в прошлом веке глобальных государственных проектов сегодня проявляются в депопуляции населения. Всё это происходит на фоне значительного уменьшения качественных и количественных показателей водных ресурсов, сокращения биологического разнообразия и т.д. [10, 11].

По данным Счётной Палаты РФ более 56 млн га земель сельхозназначения по целевому назначению не используются [12]. Сегодня земельным законодательством предусматривается механизм изъятия у собственников или арендаторов неиспользуемых в течение трех лет по целевому назначению земель. Вместе с тем без комплексного подхода решить проблему формирования фонда неиспользуемых земель крайне сложно. Как ни парадоксально, в степной зоне России и её европейской половине в частности возникла необходимость повторного освоения территорий, вовлечения в хозяйственный оборот земель или поиск альтернативных вариантов природопользования. В этой связи, территории ключевых регионов степной зоны (такие как Ростовская, Саратовская и Оренбургская область) могут стать модельными районами апробации методик рационального и эффективного вовлечения в оборот выбывших сельскохозяйственных угодий, развития альтернативного природопользования, формирования агро-степи, организации новых категорий ООПТ в форме узловых и линейных элементов экологического каркаса СЗЕР. В этой связи особую актуальность приобретает изучение и создание базы данных сохранившихся степных эталонов и находящихся в стадии самореабилитации фрагментированные участки залежей 1990-х гг.

Процесс восстановления экономической ценности и сельскохозяйственной продуктивности земель сложный и длительный. Он должен вестись наряду с развитием опорного каркаса территории с симметричным развитием природоохранного каркаса, в котором ядрами выступали бы заповедники и национальные парки, а природные парки и охраняемые природные объекты образовывали бы непрерывную магистральную сеть экологических коридоров. Перефразируем классическое определение Н.Н. Баранского: заповедные территории плюс экологические коридоры – это каркас, это остов, на котором всё держится... (у Н.Н. Баранского: «...города плюс дорожная сеть – это каркас, это остов, на котором всё держится...») [13]. Основные задачи научного сообщества в развитии столь обширного и важного региона России нами видятся в выработке парадигмы применения методологических подходов каркасного территориального планирования, в выявлении перспектив организации непрерывных экологических сетей и в разработке предложений по оптимизации и модернизации

системы природопользования на различных уровнях организации территории.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ 17-17-01091 «Стратегия пространственного развития степных и постцелинных регионов Европейской России на основе каркасного территориального планирования и развития непрерывных экологических сетей» (АААА-А17-117041310142-3).

Список литературы

1. Чибилёв А.А. (мл.) Интегральная оценка современного состояния и изменений природной среды степных регионов России на основе геоинформационного анализа и картографирования // Проблемы региональной экологии. – 2014. – № 5. – С. 7–14.
2. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2015 году. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 196 с.
3. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2016: Р32 Стат. сб. – М.: Росстат, 2016. – 1326 с.
4. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2015: Р32 Стат. сб. – М.: Росстат, 2015. – 1266 с.
5. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году [Электронный ресурс] – URL: <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/62f/dokl2015.pdf> (дата обращения: 12.09.17).
6. Распоряжение правительства РФ от 2.02.2015 г. № 151-п. Стратегия устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]. – URL: http://center-prof38.ru/sites/default/files/one_click/strategii_ustoychivogo_razvitiya_selskih_territoriy_rossiyskoy_federacii_na_period_do_2030_goda.pdf (дата обращения: 23.09.17).
7. Тишков А.А. Биосферные функции природных экосистем России. – М.: Наука, 2005. – 309 с.
8. Стратегические ресурсы и условия устойчивого развития Российской Федерации и её регионов / под. ред. В.М. Котлякова, А.А. Тишкова. Краткие итоги реализации Программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН № 13 в 2012–2014 гг. – М.: Институт географии РАН, 2014. – 166 с.
9. Чибилёв А.А. (мл.) Социально-экономические предпосылки образования не востребованного земельного фонда в постцелинных регионах степной зоны // Проблемы региональной экологии. – 2013. – № 2. – С. 195–202.
10. Чибилёв А.А. (мл.) Возобновляемые стратегические природные ресурсы устойчивого развития регионов степной зоны РФ // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 3. – С. 214–219.
11. Чибилёв А.А. (мл.) Социально-экономические критерии оценки ландшафтного и биологического разнообразия степных экосистем // Проблемы изучения и охраны биоразнообразия и природных ландшафтов Европы / Сб. материалов международного симпозиума. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2001. – С. 38–40.
12. Неиспользуемые земли сельхозназначения изымут у собственников [Электронный ресурс]. 7.07.2016.

URL: <https://rg.ru/2016/07/07/rg-rossiia-24-regiony-izymut-neispolzuemye-zemli-selhoznaznachenii.html> (дата обращения: 10.09.2017).

13. Баранский Н.Н. Об экономико-географическом изучении города // Экономическая география. Экономическая картография. – М.: Государственное издательство географической литературы, 1956. – 366 с.

References

1. Chibiljov A.A. (ml.) Integralnaja ocenka sovremennogo sostojanija i izmenenij prirodnoj sredy stepnyh regionov Rossii na osnove geoinformacionnogo analiza i kartografirovanija // Problemy regionalnoj jekologii. 2014. no. 5. pp. 7–14.
2. Doklad o sostojanii i ispolzovanii zemel selskoho-zjastvennogo naznachenija Rossijskoj Federacii v 2015 godu. M.: FGBNU «Rosinformagroteh», 2017. 196 p.
3. Regiony Rossii. Socialno-jekonomicheskie pokazateli. 2016: R32 Stat. sb. M.: Rosstat, 2016. 1326 p.
4. Regiony Rossii. Socialno-jekonomicheskie pokazateli. 2015: R32 Stat. sb. M.: Rosstat, 2015. 1266 p.
5. Gosudarstvennyj doklad «O sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej sredy Rossijskoj Federacii v 2015 godu [Jelektronnyj resurs] URL: <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/62f/dokl2015.pdf> (data obrashhenija: 12.09.17).
6. Rasporyzhenie pravitelstva RF ot 2.02.2015 g. no. 151-r. Strategija ustojchivogo razvitiya selskih territorij Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda [Jelektronnyj resurs]. URL: http://center-prof38.ru/sites/default/files/one_click/strategii_ustoychivogo_razvitiya_selskih_territoriy_rossiyskoy_federacii_na_period_do_2030_goda.pdf (data obrashhenija: 23.09.17).
7. Tishkov A.A. Biosfernye funkicii prirodnyh jekosistem Rossii. M.: Nauka, 2005. 309 p.
8. Strategicheskie resursy i uslovija ustojchivogo razvitiya Rossijskoj Federacii i ejo regionov / pod. red. V.M. Kotljakova, A.A. Tishkova. Kratkije itogi realizacii Programmy fundamentalnyh issledovanij ONZ RAN no. 13 v 2012–2014 gg. M.: Institut geografii RAN, 2014. 166 p.
9. Chibiljov A.A. (ml.) Socialno-jekonomicheskie predposylki obrazovanija nevostrebovannogo zemelnogo fonda v postcelinnyh regionah stepnoj zony // Problemy regionalnoj jekologii. 2013. no. 2. pp. 195–202.
10. Chibiljov A.A. (ml.) Vozobnovljaemye strategicheskie prirodnye resursy ustojchivogo razvitiya regionov stepnoj zony RF // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2016. no. 3. pp. 214–219.
11. Chibiljov A.A. (ml.) Socialno-jekonomicheskie kriterii ocenki landshaftnogo i biologicheskogo raznoobrazija stepnyh jekosistem // Problemy izuchenija i ohrany bioraznoobrazija i prirodnyh landshaftov Evropy / Sb. materialov mezhdunarodnogo simpoziuma. Penza: Privolzhskij Dom znaniy, 2001. pp. 38–40.
12. Neispolzuemye zemli selhoznaznachenija izymut u sobstvennikov [Jelektronnyj resurs]. 7.07.2016. URL: <https://rg.ru/2016/07/07/rg-rossiia-24-regiony-izymut-neispolzuemye-zemli-selhoznaznachenii.html> (data obrashhenija: 10.09.2017).
13. Baranskij N.N. Ob jekonomiko-geograficheskom izuchenii goroda // Jekonomicheskaja geografija. Jekonomicheskaja kartografija. M.: Gosudarstvennoe izdatelstvo geograficheskoy literatury, 1956. 366 p.