

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,653

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,322

**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» – 70878**

**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.с.-х.н., доцент Абдулвалеев Р.Р. (Уфа); д.г.-м.н., проф., Абилхасимов Х.Б. (Астатна); д.т.н., проф. Айдосов А. (Алматы); д.с.-х.н., проф. Алабушев А.В. (Зерноград); д.г.-м.н., проф., Алексеев С.В. (Иркутск); д.х.н., проф., Алоев В.З. (Нальчик); д.г.н., проф. Андреев С.С. (Ростов-на-Дону); д.г.н., доцент, Андреева Е.С. (Ростов-на-Дону); д.с.-х.н., доцент Анищенко Л.Н. (Брянск); д.с.-х.н., проф. Байрамбеков Ш.Б. (Камызяк); д.т.н., проф. Бейсембаев К.М. (Караганда); д.т.н., проф. Белозеров В.В. (Ростов-на-Дону); д.б.н., доцент Белоус О.Г. (Сочи); д.с.-х.н., проф. Берсон Г.З. (Великий Новгород); д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И. (Екатеринбург); д.г.-м.н., проф. Гавришин А.И. (Новочеркасск); д.с.-х.н., Горбачева А.Г. (Пятигорск); д.с.-х.н., Горянин О.И. (Самара); д.г.-м.н., проф. Гусев А.И. (Бийск); д.с.-х.н., проф. Данилин И.М. (Красноярск); д.б.н., доцент Долгов А.В. (Мурманск); д.э.н., проф. Долятовский В.А. (Ростов-на-Дону); д.х.н., проф. Дресвянников А.Ф. (Казань); д.г.н., проф. Егорина А.В. (Усть-Каменогорск); д.т.н., проф. Ерофеев В.И. (Томск); д.с.-х.н., проф. Залесов С.В. (Екатеринбург); д.с.-х.н., доцент Захарченко А.В. (Томск); д.с.-х.н., проф. Зволинский В.П. (Волгоград); д.х.н., проф. Ивашкевич А.Н. (Москва); д.б.н., доцент Кавцевич Н.Н. (Мурманск); д.т.н., проф. Калякин С.А. (Донецк); д.с.-х.н., проф. Караев М.К. (Махачкала); д.г.-м.н., проф. Кашаев А.А. (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. Кобрунов А.И. (Ухта); д.г.-м.н., доцент Копылов И.С. (Пермь); д.г.-м.н., проф. Костицын В.И. (Пермь); д.с.-х.н., проф. Костылев П.И. (Зерноград); д.э.н., проф. Косякова И.В. (Самара); д.с.-х.н., Коцарева Н.В. (Белгород); д.т.н., доцент Кузьяков О.Н. (Тюмень); д.г.-м.н., проф. Кучеренко И.В. (Томск); д.б.н., проф. Ларионов М.В. (Саратов); д.г.-м.н., проф. Лебедев В.И. (Кызыл); д.ф.-м.н., проф. Лерер А.М. (Ростов-на-Дону); д.г.н., проф. Луговской А.М. (Москва); д.г.-м.н., проф. Мельников А.И. (Иркутск); д.т.н., проф. Мусаев В.К. (Москва); д.т.н., доцент Нехорошева А.В. (Ханты-Мансийск); д.с.-х.н., Никитин С.Н. (Ульяновск); д.с.-х.н., Оказова З.П. (Владикавказ); д.с.-х.н., проф. Партоев К. (Душанбе); д.с.-х.н., проф. Петелько А.И. (Мценск); д.т.н., проф. Петров М.Н. (Красноярск); д.т.н., проф. Пирумян Г.П. (Ереван); д.с.-х.н., проф. Проездов П.Н. (Саратов); д.г.-м.н., проф. Сакиев К.С. (Бишкек); д.б.н. Сибикеев С.Н. (Саратов); д.с.-х.н., доцент Сокольская О.Б. (Саратов); д.т.н., проф. Степанов В.В. (Санкт-Петербург); д.т.н., проф. Тарасенко А.А. (Тюмень); д.т.н. Теплухин В.К. (Октябрьский); д.э.н., проф. Титов В.А. (Москва); д.с.-х.н., проф. Титов В.Н. (Саратов); д.с.-х.н., проф. Тихановский А.Н. (Салехард); д.г.-м.н., проф. Трофименко С.В. (Нерюнгри); д.т.н., проф. Ульрих Е.В. (Кемерово); д.г.н., проф. Чодураев Т.М. (Бишкек); д.с.-х.н., проф. Шамшиев Б.Н. (Ош); д.т.н., проф. Шантарин В.Д. (Тюмень); д.т.н., проф. Шатов А.А. (Уфа); д.ф.-м.н., проф. Ширапов Д.Ш. (Улан-Удэ); д.т.н., проф. Шишелова Т.И. (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. Шугунов Л.Ж. (Нальчик); д.г.-м.н., проф. Юргенсон Г.А. (Чита); д.г.н., проф. Яковенко Н.В. (Воронеж); д.т.н., проф. Ямалетдинова К.Ш. (Челябинск)

---

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.

**Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,653**

**Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,322.**

**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](mailto:edition@rae.ru)

Подписано в печать – 06.02.2019  
Дата выхода номера – 06.03.2019

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

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

Способ печати – оперативный.  
Распространение по свободной цене.  
Усл. п.л. 11,63  
Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/2-2019  
Подписной индекс 70878

© ИД «Академия Естествознания»

---

## СОДЕРЖАНИЕ

**Химические науки (02.00.00)**

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АПИТОКСИНА <i>Бутенко Л.И., Мыкоц Л.П., Туховская Н.А., Степанова Н.Н., Сысоева Т.Н., Васина Т.М.</i> .....	5
ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ МИЦЕЛЛООБРАЗОВАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ СРЕДСТВ «ДЕЗОМИКС-П» И «ФРИСЕПТ-ГАММА» <i>Перевалов С.Г., Катаева Н.Н., Царегородцева А.А.</i> .....	11

**Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)**

СЕЗОННЫЕ РИТМЫ РАЗВИТИЯ ДРЕВЕСНЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОЗЕЛЕНЕНИИ ГОРОДА БРАТСКА <i>Аношкина Л.В.</i> .....	17
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОБОБЩЕННОЙ ЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ <i>Мельник А.Ф., Шуметов В.Г., Кондрашин Б.С.</i> .....	23
РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ КЛОПОВ-ПЕНТАТОМИД (HETEROPTERA, PENTATOMIDAE) НА ТАБАКЕ И РАЗРАБОТКА ПРИЕМОМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ БОРЬБЫ С НИМИ <i>Плотникова Т.В., Саломатин В.А., Пушня М.В., Исмаилов В.Я., Снесарева Е.Г., Родионова Е.Ю.</i> .....	30
ДИНАМИКА РОСТА СМЕШАННЫХ СОСНОВО-ЛИСТВЕННИЧНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПРИАНГАРЬЯ <i>Рунова Е.М., Серков Д.В., Гарус И.А.</i> .....	35

**Науки о Земле (25.00.00)**

КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ О ПРОСТРАНСТВЕННОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЛЬДА НА ОЗЕРАХ <i>Баклагин В.Н.</i> .....	41
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И СОЦИАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОЛГОПОЛЯНСКОЙ СЕЛЬСКОЙ ТЕРРИТОРИИ СТАРООСКОЛЬСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА <i>Киреева-Гененко И.А., Белоусова Л.И., Фурманова Т.Н., Лопина Е.М., Гайворонская Н.И.</i> .....	49
УСИЛЕНИЕ АСИММЕТРИИ В РАЗВИТИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В ПРЕДЕЛАХ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗОН ОМСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Лазарева Ж.В., Мезенцева О.В.</i> .....	55
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО РЕАГЕНТА «DESANDOL 711» ПО ОГРАНИЧЕНИЮ ВЫНОСА МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ ДЛЯ СЛАБОСЦЕМЕНТИРОВАННЫХ ПЕСЧАНИКОВ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ <i>Леонтьев С.А., Кононенко А.А., Дягилев В.Ф.</i> .....	61
ОЦЕНКА РЕСУРСОВ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ОТРАБОТАННЫХ РОССЫПЕЙ ЗОЛОТА КАРА-ХЕМ, ПРОЕЗДНОЙ (ТУВА) <i>Прудников С.Г., Хертек Ч.М.</i> .....	67
ДИНАМИКА СЕЗОННОГО ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ АКВАТОРИИ БЕЛОГО МОРЯ <i>Ружникова Н.Н.</i> .....	73
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ГАЗОНОСНОСТИ В СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДАХ СЕЙСМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ НА ОСНОВЕ БАЙЕСОВЫХ ВЕРОЯТНОСТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ <i>Феоктистова О.В.</i> .....	79

**Научный обзор****Науки о Земле**

ОСНОВНЫЕ ТРЕНДЫ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ В СФЕРЕ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ <i>Блиновская Я.Ю., Мазлова Е.А.</i> .....	86
---	----

---

**CONTENTS**
**Chemical sciences (02.00.00)**

SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF APITOXIN <i>Butenko L.I., Mykots L.P., Tukhovskaya N.A., Stepanova N.N., Sysoeva T.N., Vasina T.M.</i>	5
PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES INVESTIGATION AND CRITICAL MICELLE CONCENTRATIONS DETERMINATION FOR «DEZOMIKS-P» AND «FRISEPT-GAMMA» MULTICOMPONENT DISINFECTANTS <i>Perevalov S.G., Kataeva N.N., Tsaregorodtseva A.A.</i>	11

**Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)**

SEASONAL RHYTHMS OF THE DEVELOPMENT OF WOOD INTRODUCED SPECIES USED IN THE GREENING OF THE CITY BRATSK <i>Anoshkina L.V.</i>	17
PROCEDURE OF THE GENERALIZED LINEAR MODEL FOR THE ANALYSIS OF AGRICULTURAL RESEARCH RESULTS <i>Melnik A.F., Shumetov V.G., Kondrashin B.S.</i>	23
PREVALENCE OF BEDBUGS-PENTATOMIDAE (HETEROPTERA, PENTATOMIDAE) ON TOBACCO AND DEVELOPMENT OF BIOLOGICAL FIGHTING METHODS <i>Plotnikova T.V., Salomatin V.A., Pushnya M.V., Ismailov V.Ya., Snesareva E.G., Rodionova E.Yu.</i>	30
DYNAMICS OF GROWTH OF MIXED PINE-LARCH PLANTS UNDER ANGARA REGION CONDITIONS <i>Runova E.M., Serkov D.V., Garus I.A.</i>	35

**Earth sciences (25.00.00)**

CRITICAL ANALYSIS OF SATELLITE DATA ON THE SPATIAL DISTRIBUTION OF ICE ON LAKES <i>Baklagin V.N.</i>	41
GEOENVIRONMENTAL AND SOCIAL CHARACTERISTICS OF DOLGOPOLYANSKAYA RURAL TERRITORY OF THE STARY OSKOL URBAN DISTRICT <i>Kireeva-Genenko I.A., Belousova L.I., Furmanova T.N., Lopina E.M., Gayvoronskaya N.I.</i>	49
INTENSIFICATION OF ASYMMETRY IN THE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE WITHIN NATURAL AND ECONOMIC ZONES OF THE OMSK REGION <i>Lazareva Zh.V., Mezentseva O.V.</i>	55
RESEARCH OF APPLICATION OF COMPLEX REAGENT «DESANDOL 711» ON LIMITATION OF EMISSIONS OF MECHANICAL IMPURITIES FOR SLIGHTLY CEMENTED SANDBAND OF PRODUCTIVE LAYER <i>Leontev S.A., Kononenko A.A., Dyagilev V.F.</i>	61
ESTIMATION OF RESOURCES OF TECHNOGENIC FORMATIONS OF PROCESSED GOLD PLACER KARA-HEM, THE PROEZDNOI (TUVA) <i>Prudnikov S.G., Khertek Ch.M.</i>	67
DYNAMICS OF SEASONAL GEOECOLOGICAL ZONING OF THE WHITE SEA AREA <i>Ruzhnikova N.N.</i>	73
DETERMINATION OF THE POTENTIAL OF GASNESS IN COMPLEX GEOLOGICAL ENVIRONMENTS BY SEISMIC METHODS BASED ON BAYES PROBABILITY NEURAL NETWORKS <i>Feoktistova O.V.</i>	79

**Scientific review**
**Earth sciences**

CLIMATIC POLICY MAIN TRENDS IN THE PRODUCTION AND PROCESSING OF COAL <i>Blinovskaya Ya.Yu., Mazlova E.A.</i>	86
---	----

УДК 57.013:615:638.178.8

## НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АПИТОКСИНА

Бутенко Л.И., Мыкоц Л.П., Туховская Н.А., Степанова Н.Н., Сысоева Т.Н., Васина Т.М.

*Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, Пятигорск, e-mail: ninatuk@mail.ru*

Апитоксин (пчелиный яд) – аморфный порошок кремового цвета. Большая часть химических компонентов пчелиного яда исследована как с точки зрения химической структуры и свойств, так и их физиологической активности. Молекулы полимера меняют свои физико-химические свойства под влиянием pH среды. В кислой среде они существуют в виде полимерных катионов, в щелочной – полимерных анионов. При некотором pH, присущем разным по природе полимерам, макромолекула представляет собой полиамфион и находится в изоэлектрическом состоянии. Цель. Изучение влияния pH среды на вязкость растворов апитоксина, установление изоэлектрической точки и изучение сорбционной способности по отношению к ионам свинца (II) (Pb<sup>2+</sup>). Материалы и методы. Вискозиметрический метод для определения изоэлектрической точки апитоксина с использованием капиллярного вискозиметра Оствальда; определение сорбционной емкости апитоксина по отношению к ионам свинца (II) методом комплексонометрического титрования. Результаты. Найдена величина изоэлектрической точки pH = 3,7, в которой функционирует белок, свидетельствующая о том, что апитоксин относится к полиэлектролитам, являясь более сильной кислотой, чем основанием. Установлено наличие сорбционной способности по отношению к ионам Pb<sup>2+</sup>. Получены величины адсорбции экспериментальные и рассчитанные по уравнениям Лэнгмюра и Фрейндлиха, построены изотермы адсорбции, показана применимость уравнений для описания процесса адсорбции. Степень извлечения ионов свинца составила 17,5%, что свидетельствует о детоксикационной способности апитоксина по отношению к экзогенным токсинам. Изучена кинетика процесса сорбции и определены кинетические характеристики. Заключение. Найденные параметры физико-химических величин позволяют изучать биологическую активность и прогнозировать возможные технологические процессы для практического использования апитоксина.

**Ключевые слова:** апитоксин, изоэлектрическая точка, детоксикационная способность, адсорбция, кинетика сорбции, сорбционная емкость, кинетические характеристики

## SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF APITOXIN

Butenko L.I., Mykots L.P., Tukhovskaya N.A., Stepanova N.N., Sysoeva T.N., Vasina T.M.

*Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – branch of Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, e-mail: ninatuk@mail.ru*

Apitoxin (bee venom) is an amorphous powder of cream color. Most of the chemical components of bee venom were studied both in terms of chemical structure and properties, and their physiological activity. Polymer molecules change their physical and chemical properties under the influence of pH. In acidic environment they exist in the form of polymeric cations, in alkaline – polymeric anions. At a certain pH, the inherent different nature of the polymers, the macromolecule is polyanion and is located in the isoelectric state. Goal. To study the effect of pH on the viscosity of apitoxin solutions, to establish an isoelectric point, and to study the sorption capacity with respect to lead(II) ions (Pb<sup>2+</sup>). Materials and methods. Viscometric method for determining the isoelectric point of apitoxin using Ostwald capillary viscometer; determination of the sorption capacity of apitoxin with respect to lead ions (II) by complexometric titration. Results. The value of the isoelectric point pH = 3,7, in which the protein functions, indicating that the apitoxin belongs to polyelectrolytes, being a stronger acid than the base. The presence of sorption capacity with respect to Pb<sup>2+</sup> ions was established. The adsorption values are obtained experimentally and calculated from the Langmuir and Freundlich equations, the adsorption isotherms are constructed, the applicability of the equations to describe the adsorption process is shown. The degree of extraction of lead ions was 17.5%, which indicates the detoxification ability of apitoxin in relation to exogenous toxins. The kinetics of the sorption process is studied and the kinetic characteristics are determined. Conclusion. The found parameters of physical and chemical quantities allow to study biological activity and to predict possible technological processes for practical use of apitoxin.

**Keywords:** apitoxin, isoelectric point, detoxification ability, adsorption, sorption kinetics, sorption capacity, kinetic characteristics

Апитоксин (пчелиный яд) – аморфный порошок кремового цвета. Химический состав изучен достаточно полно: преобладают органические соединения, содержащие: углерод (43,6%), водород (7,1%), азот (13,6%), серу (2,6%) [1–3]. Неорганические вещества апитоксина составляют 3% сухой массы и включают макроэлементы (фосфор, кальций, магний, медь), при этом натрий и калий отсутствуют. Большая часть

химических компонентов [4, 5] исследована как с точки зрения химической структуры [6] и свойств, так и их физиологической активности [7].

Из физико-химических свойств оценены молекулярная масса, поверхностная активность [8, 9]. Показано, что мелиттин из мономера в растворе переходит в тетрамер, но при этом поверхностно-активные свойства сохраняются [10, 11]. Из факторов,

влияющих на активность апитоксина, изучены: температура, свет, влага,  $O_2$ , окислители и восстановители, ферменты [12].

Цель нашей работы: изучение влияния рН среды на вязкость растворов апитоксина, установление изоэлектрической точки и изучение его сорбционной способности по отношению к ионам свинца (II) ( $Pb^{2+}$ ).

Молекулы полимера меняют свои физико-химические свойства под влиянием рН среды [13]. В кислой среде они существуют в виде полимерных катионов, в щелочной – полимерных анионов. При некотором рН, присущем разным по природе полимерам, макромолекула представляет собой полиамфион и находится в изоэлектрическом состоянии [14].

Цель исследования: определить изоэлектрическое состояние макромолекулы апитоксина.

#### Материалы и методы исследования

Определение изоэлектрической точки растворов апитоксина проводили капиллярным методом с помощью капиллярного вискозиметра Оствальда [15].

Количество ионов свинца в фильтрате в различные промежутки времени определяли комплексонометрическим титрованием.

Комплексообразующую способность рассчитывали по отношению изменения массы связавшихся ионов свинца к массе сорбента.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Для определения изоэлектрической точки растворов апитоксина использовали надежный и простой в исполнении метод по минимуму вязкости с помощью капиллярного вискозиметра Оствальда. Измеряли относительную вязкость серии ацетатных буферных растворов с добавлением одинакового количества апитоксина (0,8%). В изоэлектрическом состоянии макромолекулы свернуты в клубок, наименее гидратированы. Поэтому минимальной вязкостью будет обладать раствор с рН, соответствующим изоэлектрическому состоянию.

Результаты эксперимента представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Найденная величина изоэлектрической точки  $pH = 3,7$  свидетельствует о том, что апитоксин является более сильной кислотой, чем основанием. У каждого полиэлектролита (белка) изоэлектрическая точка обычно соответствует рН среды, в которой функционирует белок. Это обстоятельство

учитывается при технологических процессах, использующих его, влияет на скорость протекания физиологических процессов.

**Таблица 1**  
Зависимость времени течения водных растворов апитоксина от рН среды

№ п/п	рН буферного раствора	Время $t$ , с	Относительная вязкость $\eta_{отн.}$
1	$H_2O$	12	
2	3,2	24,2	2,02
3	3,7	18,53	1,54
4	4,2	28,62	2,39
5	4,7	27,71	2,31
6	5,2	27,96	2,33
7	5,7	31,52	2,67

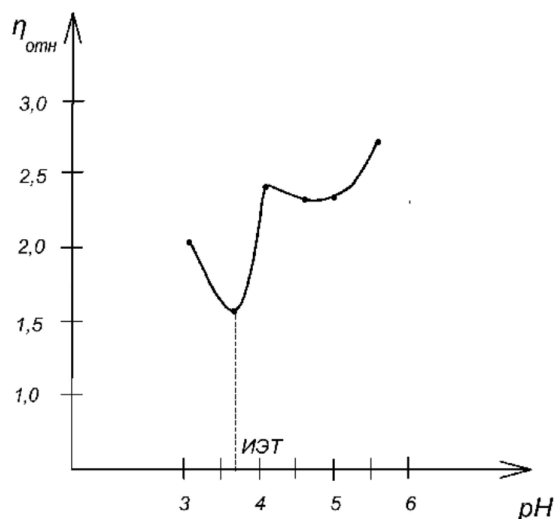


Рис. 1. Зависимость относительной вязкости растворов апитоксина от рН среды

В настоящее время актуален вопрос детоксикации организма с использованием природных сорбентов, освобождающих организм от эндогенных и экзогенных токсинов. Поэтому далее исследовали сорбционную емкость апитоксина по отношению к ионам свинца (II) и изучили кинетические характеристики процесса сорбции.

К навеске апитоксина (0,15 г) добавляли 10 мл 0,1 М раствора ацетата свинца и доводили водой очищенной до 100 мл.

Отфильтровывали образовавшийся рыхлый осадок. Количество ионов свинца в фильтрате в различные промежутки времени определяли комплексонометрическим титрованием.

Таблица 2

Изменение концентрации  $Pb^{2+}$  после его сорбции на апитоксине

t, мин	Объем титранта, мл	Содержание $Pb^{2+}$ , мг	Концентрация катиона $Pb^{2+}$ , ммоль/л	Степень извлечения $Pb^{2+}$ , %	Комплексообразующая способность, мг/г
0	4,0	82,9	40,0	–	–
5	3,6	74,6	26,0	8,9	49,3
10	3,5	72,5	35,0	12,5	69,3
20	3,4	70,4	34,0	15,0	83,3
30	3,3	68,4	33,0	17,5	96,7
40	3,3	68,4	33,0	17,5	96,7

Титрование проводили в среде ацетатного буферного раствора при  $pH = 5,5$  в присутствии индикатора ксиленолового оранжевого.

Комплексообразующую способность рассчитывали по отношению изменения массы связавшихся ионов свинца к массе сорбента.

Результаты эксперимента представлены в табл. 2.

Результаты показали наличие сорбционной способности, которую количественно можно выразить величиной адсорбции ( $A$ ). Экспериментальная адсорбция определялась отношением количества катионов свинца, сорбированных апитоксином ( $\Delta C$ , ммоль/л), с учетом используемого объема раствора ( $V$ , л) к массе сорбента ( $m$ , кг). Коэффициент распределения ( $K_p$ ) ионов свинца между раствором и сорбентом определяли по отношению величины предельной адсорбции к равновесной концентрации.

Было проведено соответствие экспериментальной адсорбции с величинами, рассчитанными по уравнениям Лэнгмюра и Фрейндлиха, и построены изотермы адсорбции.

Уравнение изотермы адсорбции Лэнгмюра:

$$A = A_{\infty} \frac{KC_p}{1 + KC_p},$$

где  $A_{\infty}$  – предельная адсорбционная емкость, ммоль/л;

$C_p$  – равновесная концентрация ионов  $Pb^{2+}$ , ммоль/л;

$K$  – константа адсорбционного равновесия.

Постоянные параметры уравнения Лэнгмюра ( $A_{\infty}$ ,  $K$ ) определяли графически по зависимости  $1/A$  от  $1/C_p$  (рис. 2).

Константу адсорбционного равновесия находили в соответствии с зависимостью:  $1/(A_{\infty} \cdot K) = \text{tg}\alpha$ .

Величина  $A_{\infty}$  составила 14,3,  $K = 0,08$ .

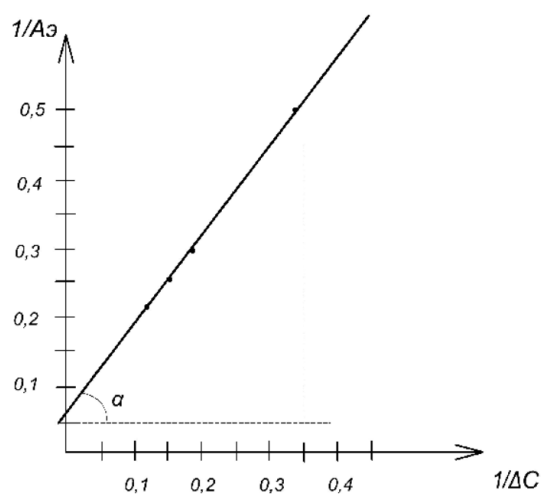


Рис. 2. Графическое определение констант уравнения Лэнгмюра

Для определения адсорбции по уравнению Фрейндлиха

$$A = K \cdot C_p^{1/n},$$

где  $K$  и  $1/n$  – эмпирические константы, уравнение логарифмировали:

$$\lg A = \lg K + 1/n \lg C_p$$

Константы определялись графически по зависимости  $\lg A$  от  $\lg C_p$ .

При экстраполяции прямая отсекает от оси ординат отрезок равный  $\lg K$ , а тангенс угла наклона его к оси абсцисс равен  $1/n$  (рис. 3). Найденные величины констант составили:  $K = 0,93$ ;  $1/n = 0,84$ .

Результаты представлены в табл. 3.

Графическая интерпретация зависимости найденных величин адсорбции от времени представлена на рис. 4.

Соотношение величин адсорбции экспериментальной и рассчитанной по уравнениям близко к единице, что свидетельствует о применимости двух уравнений

к исследуемым условиям адсорбции. Однако на рис. 4 видно, что к экспериментальной величине адсорбции ближе изотерма Фрейндлиха. Можно предположить, что поверхность сорбента неоднородная, пористая. Коэффициент распределения ионов  $Pb^{2+}$  между раствором и сорбентом составил 0,67.

Кинетические характеристики процесса сорбции, порядок реакции комплексообразования и константу скорости определяли

по зависимости:  $\ln C$  от  $t$  и  $\ln(1-F)$  от  $t$ , где  $F$  – степень достижения равновесия в системе (рис. 5, 6). Данные для построения графиков, изображенных на рис. 5, 6, приведены в табл. 4.

Линейность зависимости  $\ln C$  от  $t$  позволяет утверждать, что процесс сорбции проходит по кинетике первого порядка. Найденная по тангенсу угла наклона прямой (рис. 6) к оси абсцисс константа скорости составила  $0,011 \text{ мин}^{-1}$ .

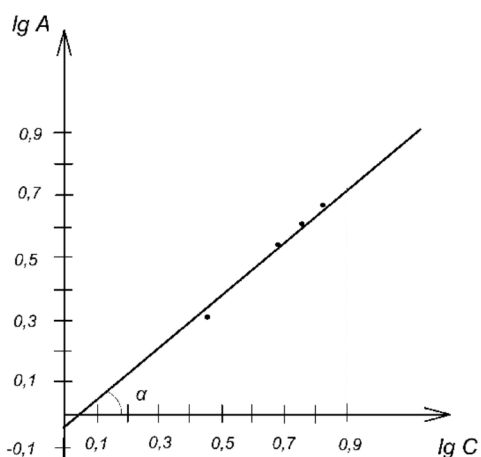


Рис. 3. Графическое определение констант уравнения Фрейндлиха

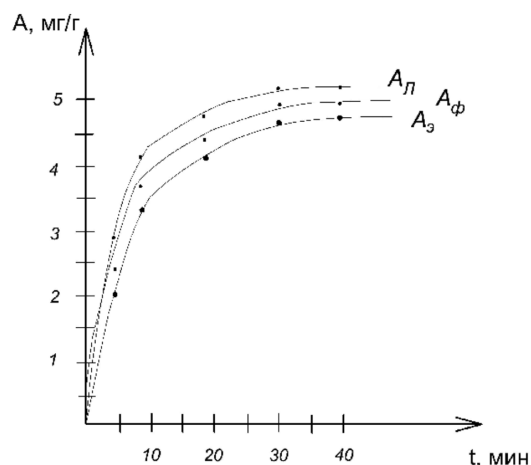


Рис. 4. Кинетика адсорбции ионов  $Pb^{2+}$

Таблица 3

Зависимость величины адсорбции ионов  $Pb^{2+}$  от времени и концентрации

t, мин	C $Pb^{2+}$ , ммоль/л	$\Delta C$	$A_{ЭК}$	$1/A_3$	$1/\Delta C$	$\lg A_3$	$\lg \Delta C$	$A_{Л}$	$A_{Ф}$	$A_3/A_{Л}$	$A_3/A_{Ф}$	$K_p$
0	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5	37	3	2,0	0,50	0,33	0,30	0,477	2,77	2,34	0,72	0,85	0,67
10	35	5	3,3	0,30	0,20	0,52	0,698	4,09	3,59	0,81	0,92	0,67
20	34	6	4,0	0,25	0,17	0,60	0,778	4,64	4,19	0,86	0,99	0,67
30	33	7	4,7	0,21	0,14	0,67	0,845	5,13	4,77	0,92	0,99	0,67
										$A_3/A_{Л}(cp) = 0,83$	$A_3/A_{Ф}(cp) = 0,94$	$K_p(cp) = 0,67$

Таблица 4

Зависимость  $\ln C$  и  $\ln(1-F)$  от времени

t, мин	C $Pb^{2+}$ , ммоль/л	$\ln C$	$F = A_3/A_{\infty}$	$\ln(1-F)$
5	37	3,61	0,14	-0,151
10	35	3,56	0,23	-0,262
20	34	3,53	0,28	-0,328
30	33	3,50	0,33	-0,398



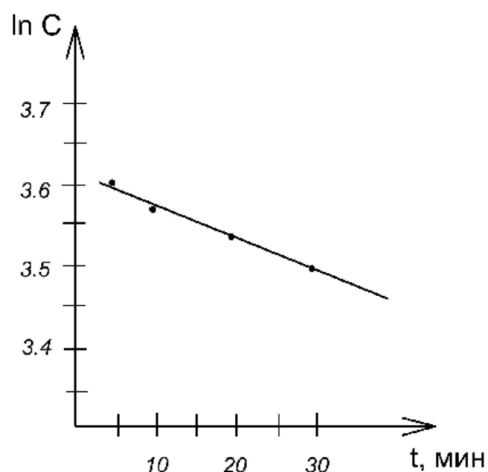


Рис. 5. Зависимость  $\ln C$  от времени адсорбции

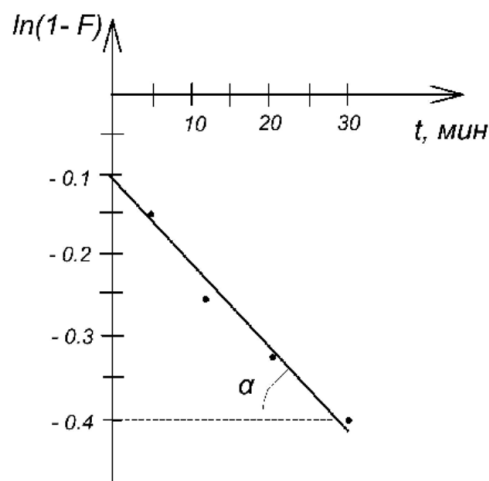


Рис. 6. Зависимость  $\ln(1-F)$  от времени при сорбции ионов  $Pb^{2+}$

### Заключение

В результате исследования зависимости относительной вязкости растворов апитоксина от pH среды показано, что апитоксин относится к полиэлектролитам, изоэлектрическая точка его соответствует  $pH = 3,7$ .

Установлено наличие сорбционной способности по отношению к ионам  $Pb^{2+}$ . Получены величины адсорбции экспериментальные и рассчитанные по уравнениям Лэнгмюра и Фрейндлиха, построены изотермы адсорбции, показана применимость уравнений для описания процесса адсорбции. Степень извлечения ионов свинца составила 17,5%, что свидетельствует о детоксикационной способности апитоксина по отношению к экзогенному токсину – катионам свинца.

Изучена кинетика процесса сорбции, установлено, что процесс сорбции проходит по кинетике первого порядка. Небольшая величина скорости свидетельствует о быстром протекании процесса сорбции, равновесие наступает в течение 30 мин.

Найденные параметры физико-химических величин позволяют изучать биологическую активность и прогнозировать возможные технологические процессы для практического использования апитоксина.

Апитоксин был предоставлен индивидуальным предпринимателем г. Майкопа Краснодарского края Сердиным Юрием Павловичем.

### Список литературы / References

1. Бутенко Л.И., Кулешова С.А., Подгорная Ж.В., Мыкоц Л.П., Дмитриев А.Б. Физико-химические исследования

пчелиного яда и продуктов на его основе // Фармация и фармакология. 2018. Т. 6. № 4. С. 351–366. DOI: 10.19163/2307-9266-2018-6-4-351-366.

Butenko L.I., Kuleshova S.A., Podgornaya J.V., Mykots L.P., Dmitriev A.B. Physico-Chemical Studies of Apitoxin and Products on its Basis // Pharmacy and Pharmacology. 2018. Vol. 6. № 4. P. 351–366 (in Russian).

2. Su C.J., Lee M.T., Liao K.F., Shih O., Jeng U.S. Interplay of entropy and enthalpy in peptide binding to zwitterionic phospholipid membranes as revealed from membrane thinning. Phys. Chem. Chem. Phys. 2018 Oct 31; 20(42):26830-26836. DOI: 10.1039/c8cp02861c.

3. Niazi Z.R., Khan N., Khan S., Alam M., Kamal M.A. Potential Application of Venom Proteins in Designing of Medicines for Treating Human Neurodegenerative Disorders. Protein Pept Lett. 2018;25(7):633-642. Review. DOI: 10.2174/092986652566180614120407.

4. Scala E., Pirrotta L., Uasuf C.G., Mistrello G., Amato S., Guerra E.C., Locanto M., Meneguzzi G., Giani M., Cecchi L., Abeni D., Asero R. Aedes communis Reactivity Is Associated with Bee Venom Hypersensitivity: An in vitro and in vivo Study. Int. Arch. Allergy Immunol. 2018;176(2):101-105. DOI: 10.1159/000488866.

5. Dos Santos-Pinto J.R.A., Perez-Riverol A., Lasa A.M., Palma M.S. Diversity of peptidic and proteinaceous toxins from social Hymenoptera venoms. Toxicon. 2018 Jun 15; 148:172-196. DOI: 10.1016/j.toxicon.2018.04.029.

6. Park J., Kwon O., An H.J., Park K.K. Antifungal Effects of Bee Venom Components on Trichophyton rubrum: A Novel Approach of Bee Venom Study for Possible Emerging Antifungal Agent. Ann Dermatol. 2018 Apr; 30(2):202-210. DOI: 10.5021/ad.2018.30.2.202.

7. Kang Y.M., Chung K.S., Kook I.H., Kook Y.B., Bae H., Lee M., An H.J. Inhibitory effects of bee venom on mast cell-mediated allergic inflammatory responses. Int J. Mol. Med. 2018 Jun; 41(6):3717-3726. DOI: 10.3892/ijmm.2018.3558.

8. Somwongin S., Chantawannakul P., Chaiana W. Toxicon. Antioxidant activity and irritation property of venoms from Apis species. 2018 Apr; 145:32-39. DOI:10.1016/j.toxicon.2018.02.049.

9. Liu G., Zhu Z., Yang Y., Sun Y., Yu F., Ma J. Sorption behavior and mechanism of hydrophilic organic chemicals to virgin and aged microplastics in freshwater and seawater. Environ Pollut. 2018 Dec 1; 246:26-33. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.11.100.

10. Solanki A., Boyer T.H. Physical-chemical interactions between pharmaceuticals and biochar in synthetic and real urine. Chemosphere. 2018 Nov 27; 218:818-826. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.11.179.

11. Cantu J, Gonzalez D.F., Cantu Y., Eubanks T., Parsons J.G. Thermodynamic and Kinetic study of the removal of Cu<sup>2+</sup> and Pb<sup>2+</sup> ions from aqueous solution using Fe<sub>7</sub>S<sub>8</sub> nanomaterial. *Microchem J.* 2018 Jul; 140:80-86. DOI: 10.1016/j.microc.2018.04.003.
12. Wu D., Feng M., Wang Z.X., Qiao K., Tachibana H., Cheng X.J. Molecular and biochemical characterization of key enzymes in the cysteine and serine metabolic pathways of *Acanthamoeba castellanii*. *Parasit Vectors.* 2018 Nov 26; 11(1):604. DOI: 10.1186/s13071-018-3188-7.
13. Fukuba S., Akizuki T., Hoshi S., Matsuura T., Shujaa Addin A., Okada M., Tabata Y., Matsui M., Tabata M.J., Sugiura-Nakazato M., Izumi Y. Comparison between different isoelectric points of biodegradable gelatin sponges incorporating  $\beta$ -tricalcium phosphate and recombinant human fibroblast growth factor-2 for ridge augmentation: A preclinical study of saddle-type defects in dogs. *J. Periodontal Res.* 2018 Nov 25. DOI: 10.1111/jre.12628.
14. Perez-Alday E.A., Li-Pershing Y., Bender A., Hamilton C., Thomas J.A., Johnson K., Lee T.L., Gonzales R., Li A., Newton K., Tereshchenko L.G. Comparison between different isoelectric points of biodegradable gelatin sponges incorporating  $\beta$ -tricalcium phosphate and recombinant human fibroblast growth factor-2 for ridge augmentation: A preclinical study of saddle-type defects in dogs. *Comput Biol Med.* 2018 Nov 17;104:127-138. DOI: 10.1016/j.compbiomed.2018.11.013.
15. Васина Т.М., Мыкоц Л.П., Туховская Н.А., Зяблицева Н.С., Белоусова А.Л., Компанцев В.А. Исследование сорбционной способности пектина, полученного кислотным экстрагированием из кожуры семян люпина // Сибирский медицинский журнал. 2012. Т. 112. № 5. С. 115–117.
- Vasina T.M., Mykoc L.P., Tuchowska N.A., Zyablitseva N.S., Belousova A.L., Kompancev V.A. The Study of Sorption Ability of the Pectin, Obtained by Lemon Acid Extraction from the Skin of Lupine's Seeds // Sibirskij medicinskij zhurnal. 2012. V. 112. № 5. P. 115–117 (in Russian).

УДК 544.77:615.47

**ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ МИЦЕЛЛООБРАЗОВАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ СРЕДСТВ «ДЕЗОМИКС-П» И «ФРИСЕПТ-ГАММА»**

**Перевалов С.Г., Катаева Н.Н., Царегородцева А.А.**

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Екатеринбург, e-mail: perevalovsg@mail.ru*

На сегодняшний день многокомпонентные моющие дезинфицирующие средства широко используются в различных лечебно-профилактических учреждениях. Актуальной является проблема совершенствования качественного и количественного состава смесей дезсредств разного спектра действия. Важным этапом разработки и улучшения состава дезинфицирующих растворов является изучение их физико-химических свойств. В статье приведены результаты исследования некоторых физико-химических параметров водных растворов многокомпонентных дезинфицирующих средств «Дезомикс-п» и «Фрисепт-Гамма». На основе экспериментальных данных построены графики зависимостей водородного показателя, удельной электропроводности, поверхностного натяжения и осмоляльности исследуемых растворов от их объемной концентрации в интервале 0,05–2%. По результатам анализа графиков определены точки перегибов на кривых зависимостей, соответствующие критической концентрации мицеллообразования (ККМ) поверхностно-активных веществ исследуемых дезинфицирующих средств. Показано, что значения критической концентрации мицеллообразования, найденные разными методами, отличаются незначительно для каждого индивидуального средства в интервале от 0,28% до 0,42% (об.). Полученные величины ККМ попадают в концентрационные интервалы практического использования этих дезинфицирующих средств в санитарии (0,01–5%). Учитывая величины ККМ, можно рекомендовать использование препарата «Дезомикс-п» с концентрацией не менее 0,4% (объем.) при разработке режима стерилизации изделий медицинского назначения, что не учитывалось ранее в инструкции применения средства. Критические концентрации мицеллообразования исследуемых средств близки по значению с величиной ККМ для чистого гексадецилдиметилбензиламмония хлорида и меньше ККМ для чистого хлоргексидина биглюконата. Это свидетельствует об эффективности этих средств как ПАВ и, как следствие, высокой бактерицидной активности по сравнению с чистым бензалкония хлоридом и хлоргексидина биглюконатом.

**Ключевые слова:** дезинфицирующие средства, критическая концентрация мицеллообразования, осмоляльность, поверхностное натяжение, удельная электропроводность

**PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES INVESTIGATION AND CRITICAL MICELLE CONCENTRATIONS DETERMINATION FOR «DEZOMIKS-P» AND «FRISEPT-GAMMA» MULTICOMPONENT DISINFECTANTS**

**Perevalov S.G., Kataeva N.N., Tsaregorodtseva A.A.**

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Ural State Medical University» of the ministry of health of the Russian Federation, Ekaterinburg, e-mail: perevalovsg@mail.ru*

Today, multicomponent detergent disinfectants are widely used in various medical institutions. The problem of creating new and improving old multi-component disinfectants of a wide spectrum of activity is relevant. The study of the physicochemical properties of such disinfectant solutions and their components is important stage in the development and improvement of these agents. There are few articles concerning the study of the physicochemical properties of such detergent mixtures in the available literature. This article presents the results of study of some physicochemical properties for aqueous solutions of multicomponent disinfectants «Dezomiks-p» and «Frissept-Gamma.» The values were experimentally measured and the dependencies of pH, conductivity, surface tension and osmolarity of these disinfectants aqueous solutions on their volume concentration in the range of 0.05–2% were plotted. Based on the analysis of the plots obtained, the inflection points of these dependencies were determined, corresponding to detergent critical micelle concentration of these disinfectants. It is shown that the critical micelle concentrations found by different methods differ slightly for each individual agent. Both disinfectants have similar critical micelle concentrations in the range from 0.28% to 0.42% (vol.). The obtained values of CMC fall within the concentration ranges of the practical use of these disinfectants in sanitation (0.01% – 5%). Given the magnitude of CMC, it is possible to recommend the use of the drug «Desomix-p» with a concentration of at least 0.4% (vol.) when developing the sterilization regime for medical products, which was not previously taken into account in the instructions for use of the product.

**Keywords:** disinfectants, critical micelle concentration, osmolarity, surface tension, specific electrical conductance

Многоцелевые многокомпонентные моющие и дезинфицирующие средства «Дезомикс-п» [1] и «Фрисепт-Гамма» [2] широко применяются в лечебно-профилактических учреждениях. «Дезомикс-п» ис-

пользуется в виде водных растворов с концентрацией средства в интервале от 0,05% до 2% (объем.) [1], а «Фрисепт-Гамма» – от 0,01% до 5% (объем.) [2]. Эти смеси обладают очень широким спектром бактерицидно-

го, фунгицидного и вирулицидного действия, но применяются только для дезинфекции загрязненных поверхностей, а не кожных покровов и слизистых оболочек, обладая умеренной токсичностью [1, 2].

Полезные потребительские свойства данных средств и их растворов определяются их составом – присутствием широкого спектра биологически активных дезинфицирующих веществ основной природы, представляющих собой катионные поверхностно-активные вещества (ПАВ): длинноцепочечные третичные алкиламины, четвертичные аммониевые соли (ЧАС) и соли алкилгуанидиния. Вследствие чего эти средства и их водные растворы обладают всеми физико-химическими свойствами ПАВ и хорошим моющим действием. Основными биологически активными компонентами этих средств являются смеси ЧАС – хлоридов алкилдиметилбензиламмония (бензалкония хлорид, АДМБХ) и соли алкилгуанидиния с длинноцепными алкильными группами [1, 2].

Важнейшим параметром растворов ПАВ, определяющим его эффективность как моющего и бактерицидного средства, является критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) – минимальная концентрация его раствора, при которой начинается образование мицелл из молекул/ионов ПАВ. Известно, что бактериостатическая и бактерицидная активность растворов ЧАС типа бензалкония хлорида в отношении большинства бактерий пропорциональна величинам их ККМ [3]. Механизмы действия ЧАС неспецифичны: за счет своей поверхностной активности и наличия положительного заряда эти катионные ПАВ даже при очень низких концентрациях в растворах электростатически взаимодействуют с фосфолипидами и белками биомембран, нарушая мембранную проницаемость, процессы транспорта и энергообеспечения живых клеток и способны вызывать их апоптоз [3–5]. При концентрациях растворов выше ККМ растворы ПАВ эффективно стабилизируют эмульсии типа масло/вода, что объясняет их моющую способность [6]. Кроме того, такие растворы ПАВ способны даже разрушать мембраны живых клеток, солюбилизируя их эмульгированием. Бактериостатическое действие дезинфицирующих средств начинается при концентрациях, намного более низких, чем ККМ [3, 4], поскольку достаточно небольших концентраций эффективных катионных ПАВ, вхо-

дящих в состав изучаемых средств, чтобы критически нарушить проводимость клеточных мембран. Этот факт является причиной токсичности подобных веществ для клеток живых организмов.

Изучение поведения смесей ПАВ в растворах и определение их ККМ тесно связано с разработкой практических методик антисептики в медицине, поскольку индивидуальные ПАВ смесей сложным образом влияют на физико-химические и биологические свойства растворов, например на величины ККМ [5] и минимальных ингибирующих концентраций (МИК) по отношению к микроорганизмам [3, 4]. Синергические соотношения биологического действия между некоторыми ПАВ в растворах позволяют снижать их концентрации, делая методики антисептики и дезинфекции более эффективными и дешевыми.

Существует много методов определения ККМ индивидуальных ПАВ. Все они основаны на резком изменении различных физико-химических свойств растворов ПАВ (светопропускания, показателя преломления, осмотического давления, поверхностного натяжения, электропроводности и др.) при переходе от молекулярного раствора к мицеллярному. Концентрации растворов ПАВ, при которых наблюдаются перегибы/изломы на графиках «свойство – концентрация» соответствуют ККМ.

Цель исследования: изучить зависимость некоторых физико-химических свойств растворов многокомпонентных дезинфицирующих средств «Дезомикс-п» и «Фрисепт-Гамма» от их концентрации; выяснить возможность определения критических концентраций мицеллообразования в сложных смесях ПАВ разной природы, используя методы определения ККМ, применимые для индивидуальных ПАВ.

#### Материалы и методы исследования

В работе были определены зависимости рН, поверхностного натяжения, удельной электропроводности и осмомоляльности разбавленных растворов этих дезинфицирующих средств от концентрации – объемной доли ( $\varphi$ , %).

Поверхностное натяжение измеряли сталагмометрическим методом, рН растворов устанавливали с помощью рН-метра со стеклянным электродом «рН-150МИ» (ООО «Измерительная техника», Москва; погрешность измерения  $\pm 0,05$ ). Определение удельной электропроводности производили на кондуктометре «Анион 7020»

(ООО НПП «Инфраспек-Аналит», Новосибирск; погрешность измерения  $\pm 4\%$  мСм/см), осмомоляльность устанавливали, используя осмометр криоскопический медицинский «ОСКР-1М» («КИВИ осмометрия»), Санкт-Петербург, погрешность измерения  $\pm 2$  ммоль/кгН<sub>2</sub>O). Графики зависимостей «свойство – концентрация» строили в программе Microsoft Excel.

### Результаты исследования и их обсуждение

Критическую концентрацию мицеллообразования определяют по той точке, которая соответствует излому на кривых зависимостей свойств растворов от концентрации. Считается, что при концентрациях, меньших ККМ в растворах ПАВ, присутствуют лишь молекулы/ионы и зависимость любого свойства определяется именно концентрацией молекул/ионов. При образовании мицелл в растворах свойство будет претерпевать резкое изменение в связи со скачкообразным увеличением размера растворенных частиц [6].

Результаты взаимосвязи свойств исследуемых растворов от концентрации в интервале от 0,05% до 2,0% приведены на рис. 1–4. Графики зависимостей каждого отдельно взятого физико-химического параметра (рН, поверхностного натяжения, электропроводности и осмомоляльности) от объемной доли раствора (φ, %)

выглядят аналогично для обоих дезинфицирующих средств, отличаясь лишь количественно, несмотря на различный состав этих смесей [1, 2]. Все растворы имеют слабощелочную реакцию среды (рис. 1), способствующую подавлению жизнедеятельности кислотоустойчивых микроорганизмов (в том числе возбудителей туберкулеза и кандидоза), повышению растворимости и проявлению поверхностной активности компонентами средств.

Величины рН обоих средств при увеличении концентрации их растворов от 0,2% до 2% возросли незначительно (от 8,37 до 8,96 у «Дезомикс-п» и от 9,34 до 9,73 у «Фрисепт-Гамма»). Такое изменение рН обусловлено наличием в составе дезинфицирующих средств слабых электролитов, таких как третичные амины. Небольшое изменение рН этих растворов после первоначального скачка рН в интервале 0–0,2%, обусловленного поведением сильно разбавленного раствора, не позволяет надежно определить значение ККМ растворов по кривым зависимости рН от φ (%) (рис. 1).

На кривых зависимостей электропроводности от φ (рис. 2) обоих средств можно увидеть резкий спад приращения электропроводности растворов за точками излома при φ около 0,3%, что обусловлено понижением подвижности мицелл в электрическом поле по сравнению с отдельными ионами [6].

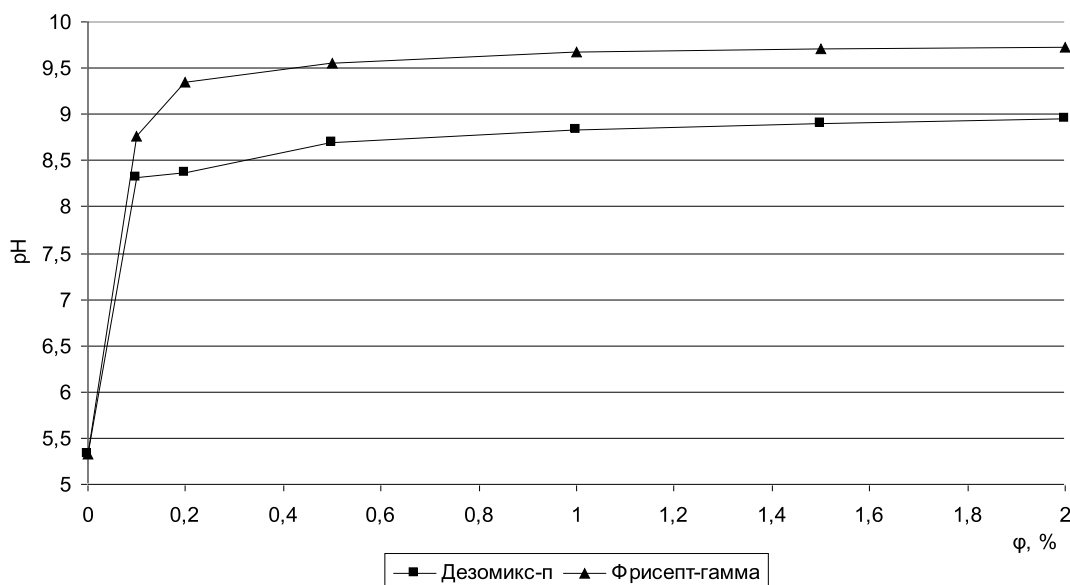


Рис. 1. График зависимости рН от концентрации растворов дезинфицирующих средств

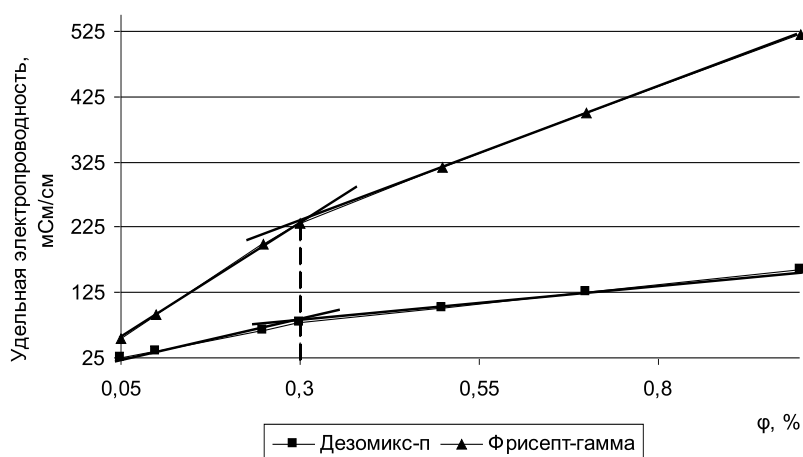


Рис. 2. График зависимости удельной электропроводности от концентрации растворов дезинфицирующих средств

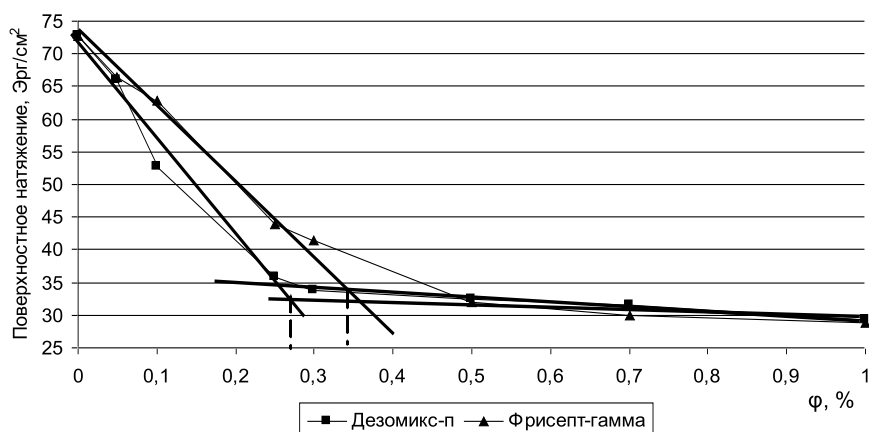


Рис. 3. Изотермы поверхностного натяжения растворов дезинфицирующих средств при комнатной температуре

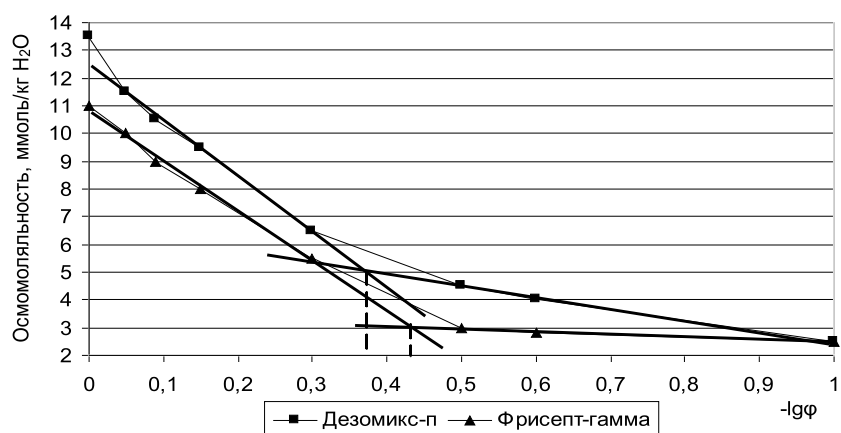


Рис. 4. График зависимости осмоляльности от отрицательного десятичного логарифма концентрации растворов дезинфицирующих средств

Изотерма поверхностного натяжения (рис. 3) и графики зависимости осмомоляльности от  $-\lg\phi$  (рис. 4) имеют перегибы, наличие которых объясняется мицеллообразованием ПАВ в этих растворах. При переходе истинного раствора ПАВ в коллоидно-мицеллярный поверхностное натяжение и осмомоляльность перестают значительно меняться при увеличении концентрации, так как мицеллы практически не обладают осмотической и поверхностной активностью.

При этом для катионных ПАВ точка излома более резко выявляется на графике, построенном в координатах: осмомоляльность/ $-\lg\phi$ . Точки перегибов на графике (рис. 4):  $-\lg\phi = 0,38$ ;  $-\lg\phi = 0,43$  соответствуют объемной доле растворов 0,42% и 0,37%.

Величины ККМ, соответствующие точкам излома, несколько различаются в зависимости от метода их определения, в то время как у однокомпонентных растворов, например у водного раствора хлоргексидина биглюконата, они были одинаковыми [5] (таблица). Так, у растворов «Дезомикс-п» ККМ составляют 0,3; 0,28 и 0,42% при определении (из кривых зависимостей) по удельной электропроводности, по поверхностному натяжению и осмомоляльности растворов (зависимость от  $-\lg\phi$ ) соответственно. А у растворов «Фрисепт-Гамма» они составляют 0,3; 0,34 и 0,37% при определении по удельной электропроводности, по поверхностному натяжению и осмомоляльности растворов (зависимость от  $-\lg\phi$ ), соответственно. По данным графиков (рис. 4) можно лишь приблизительно определить общую осмомоляльную концентрацию всех компонентов изучаемых средств в точке ККМ: для «Дезомикс-п» она составляет примерно 5 ммоль/кгН<sub>2</sub>О, для «Фрисепт-Гамма» – 3 ммоль/кгН<sub>2</sub>О. Учитывая

состав этих средств [1, 2] и экспериментальные данные (рис. 4), можно рассчитать содержание смесей ЧАС в растворе в точках ККМ как 0,513 ммоль/л и 0,925 ммоль/л для «Дезомикс-п» и «Фрисепт-Гамма» соответственно. Анализ литературных данных по величинам ККМ индивидуальных АДМБХ [7] и хлоргексидина биглюконата [8] позволяет заключить, что ККМ ЧАС в исследуемых средствах близки по значению с величиной ККМ для чистого гексадецилдиметилбензиламмония хлорида и меньше ККМ для чистого хлоргексидина биглюконата (таблица). Это свидетельствует об эффективности этих средств как ПАВ и, как следствие, высокой бактерицидной активности [3] по сравнению с чистым бензалкония хлоридом и хлоргексидина биглюконатом. Полученные величины ККМ попадают в концентрационные интервалы практического использования этих дезинфицирующих средств в санитарии (0,01–5%). Причем при более низких концентрациях (менее 0,2%) проявляется преимущественно бактериостатическое и микостатическое действие, а при более высоких – действие против микобактерий туберкулеза и способность отмыть различные поверхности, загрязненные сильно зараженными биологическими материалами – кровью, мокротой, фекалиями.

Поскольку для препарата «Дезомикс-п» не имеется режима стерилизации изделий медицинского назначения [1], то, учитывая полученные данные, можно рекомендовать при разработке такого режима использовать раствор этого препарата с концентрацией не менее 0,4% (объем.). Небольшие различия между значениями ККМ обусловлены, вероятно, взаимодействием между молекулами разных ПАВ в процессе мицеллообразования и погрешностями эксперимента, и выяснение этого требует дальнейших исследований.

Значения ККМ индивидуальных ПАВ и смесей ЧАС

Вещество	ККМ, ммоль/л	Литература
Додецилдиметилбензиламмония хлорид	8,837 <sup>a</sup>	[7]
Тетрадецилдиметилбензиламмония хлорид	1,970 <sup>a</sup>	[7]
Гексадецилдиметилбензиламмония хлорид	0,493 <sup>a</sup>	[7]
Хлоргексидина биглюконат	16,90 <sup>b</sup>	[8]
Смесь ЧАС в «Дезомикс-п»	0,513 <sup>b</sup>	[1]
Смесь ЧАС в «Фрисепт-Гамма»	0,925 <sup>b</sup>	[2]

Примечания: <sup>a</sup>При температуре 20°C. <sup>b</sup>Определено теми же методами, что и в настоящей работе. <sup>a</sup>Рассчитаны, на основе данных состава препаратов [1, 2] и данных графика 4 по формуле  $\text{ККМ} = 100 \times (\text{содержание в препарате (\%)} \times \phi (\%)) / 360$ , где 360 г/моль – средняя молярная масса смеси ЧАС (бензалкония хлорида).

### Выводы

1. В результате измерения ряда физико-химических показателей водных растворов «Дезомикс-п» и «Фрисепт-Гамма» разной концентрации при постоянной температуре были определены значения ККМ растворов исследуемых дезинфицирующих средств. Показано, что значения ККМ, найденные разными методами, отличаются незначительно для каждого индивидуального средства; оба дезинфицирующих средства имеют близкие значения ККМ в интервале от 0,28% до 0,42% (объем.).

2. Полученные величины ККМ исследуемых средств могут быть учтены на практике для приготовления растворов, например, при разработке режима стерилизации изделий медицинского назначения, что не учитывалось ранее в инструкции применения средства «Дезомикс-П».

### Список литературы / References

1. Дезомикс-п: информация [Электронный ресурс]. URL: <http://dezi.ru/preparat/dezomiks-p> (дата обращения: 16.12.2018).
2. Фрисепт-гамма: информация [Электронный ресурс]. URL: <http://dezi.ru/preparat/frisept-gamma> (дата обращения: 16.12.2018).
3. Edited by Fraise Adam, Maillard Jean-Yves, Sattar Syed. Russel, Hugo & Ayliffe's Principles and Practice of Disinfection, Preservation and Sterilization. Wiley-Blackwell. 5<sup>th</sup> edition. 2013. 618 p.
4. McDonnell Gerald E. Antisepsis, Disinfection, and Sterilization: Types, Action, and Resistance. ASM Press. 2<sup>nd</sup> edition. 2017. 432 p.
5. Ляпунов Н.А., Пуртов А.В. Исследование поверхностно-активных и коллоидно-мицеллярных свойств бензалкония хлорида // Фармаком. 2009. № 4. С. 54–58.
6. Волков В.А. Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы. СПб.: Лань, 2015. 672 с.
7. Vitkova Z., Oremusova J., Herdova P., Ivankova O., Vitko A. Association, Distribution, Liberation, and Rheological Balances of Alkyldimethylbenzylammonium Chlorides (C12-C16). *Molecules*. 2017. Vol. 22. № 10. P. 1802–1816. DOI: 10.3390/molecules22101802.
8. Охотникова А.А., Данилов Д.Ю., Катаева Н.Н. Определение критической концентрации мицеллообразования хлоргексидина // Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения: материалы II Международной (72 Всероссийской) научно-практической конференции молодых ученых и студентов (12–14 апреля 2017 г.). Екатеринбург, 2017. Т. 3. С. 608–611.
9. Охотникова А.А., Данилов Д.Ю., Катаева Н.Н. Determination of critical concentration of miscellaneous formation of chlorhexidine // Aktualnye voprosy' sovremennoy meditsinskoy nauki i zdavoohraneniya: materialy' II Mezhdunarodnoy (72 Vserossiiskoy) nauchno-prakticheskoy konferencii molodykh uchyonykh i studentov (12–14 aprelya 2017). Ekaterinburg, 2017. T. 3. P. 608–611 (in Russian).



УДК 630\*181.28(571.53)

## СЕЗОННЫЕ РИТМЫ РАЗВИТИЯ ДРЕВЕСНЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОЗЕЛЕНЕНИИ ГОРОДА БРАТСКА

Аношкина Л.В.

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», Братск, e-mail: anoshkina.br@mail.ru

В работе рассмотрены вопросы использования интродуцентов в озеленении северных городов на примере г. Братска. Дана природно-климатическая характеристика района исследования. Наблюдения за сезонными ритмами развития растений проводились в 2016–2018 гг. на территории дендрария университета, а также в городских посадках. В качестве объектов исследования рассмотрены древесные растения, распределенные на четыре флористические группы: европейскую, дальневосточную, североамериканскую и сибирскую. Всего обследовано 120 деревьев и кустарников 24 видов. У растений фиксировались сезонные ритмы развития: разverzание вегетативных почек, появление зеленого конуса листьев, начало и окончание цветения, начало осенней окраски листьев, массовый листопад. Определен период вегетации и период цветения растений. Прослежена зависимость прохождения различных фенологических фаз, а также периода вегетации от температурного фактора, года исследования. Рассчитан коэффициент корреляции между суммой эффективных температур и сроками наступления фенофаз. В зависимости от сроков начала и завершения периода вегетации виды древесных растений распределены на группы: I – виды рано начинающие и рано оканчивающие вегетацию; II – рано начинающие и поздно оканчивающие; III – поздно начинающие и рано оканчивающие; IV – поздно начинающие и поздно оканчивающие вегетацию. Растения, относящиеся к I и II группам, считаются зимостойкими. Большинство исследуемых растений – 62% от общего числа рассматриваемых видов относятся к первой и второй группам. В первую группу входят преимущественно дальневосточные виды. В заключении предложены рекомендации по использованию ассортимента интродуцентов для озеленения городских территорий.

**Ключевые слова:** интродуценты, флористические группы, фенология, период вегетации, зимостойкость

## SEASONAL RHYTHMS OF THE DEVELOPMENT OF WOOD INTRODUCED SPECIES USED IN THE GREENING OF THE CITY BRATSK

Anoshkina L.V.

Bratsk State University, Bratsk, e-mail: anoshkina.br@mail.ru

The paper discusses the use of introduced species in landscaping northern cities on the example of the city of Bratsk. The climatic characteristics of the study area are given. Observations of the seasonal rhythms of plant development were carried out in 2016–2018 at the territory of the university arboretum, as well as in urban plantings. As the objects of research, woody plants divided into four floristic groups are considered: European, Far Eastern, North American and Siberian. Total 120 trees and shrubs of 24 species were surveyed. The plants recorded seasonal rhythms of development were fixed: the opening of vegetative buds, the appearance of green leaf cone, the beginning and the end of flowering, the beginning of autumn leaf coloring, and mass leaf fall. The dependence of various phenological phases, as well as the vegetation period on the temperature factor, the year of study, is traced. The correlation coefficient between the sum of effective temperatures and the onset of phenophases is calculated. Depending on the dates of the beginning and the end of the growing season, the species of woody plants are divided into groups: I – species that early start and early end the growing season; II – species that early start and late end the growing season; III – species that late start and early end the growing season; IV – species that late start and late end the growing season. Plants belonging to groups I and II are considered winter-hardy. Most of the plants in study, 62% of the total number of species, belong to the first and second groups. The first group includes mainly Far Eastern species. In conclusion, recommendations on the use of a range of introduced plants for landscaping urban areas are proposed.

**Keywords:** introduced species, floristic groups, phenology, vegetation period, winter hardiness

При формировании комфортной среды современного города ведущая роль принадлежит средствам озеленения. Особенно актуальной эта проблема является для северных городов с суровыми климатическими условиями, где отрицательные температуры воздуха удерживаются на протяжении полугода и более. Кроме того, большинство городов Восточной Сибири представляют собой промышленные центры с неблагоприятной экологической обстановкой. Создание оптимального ландшафтного пространства северных городов

играет важную социальную и защитную роль. Для организации ландшафтного пространства, выполняющего средозащитные и эстетические функции, необходимо подобрать устойчивый ассортимент насаждений с использованием инорайонных видов, способных оздоровить среду обитания и длительно сохранять декоративность [1]. При выборе ассортимента древесных растений, адаптированных для конкретного района произрастания, необходимо учитывать особенности их сезонного развития [2–5].

Российскими исследователями накоплен большой опыт использования интродуцентов в озеленении городов с суровыми климатическими условиями. На Европейском Севере можно отметить работы ученых Северного (Арктического) федерального университета (Н.А. Бабич, Г.И. Травникова, О.С. Залывская, 2008) [1, 4], Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина (О.Б. Гонтарь, В.К. Жиров, Л.А. Казаков, Е.А. Святковская, Н.Н. Тростенюк, 2010) [6]. Большой вклад по введению в культуру интродуцентов для озеленения городов Сибири внесли ученые Центрального Сибирского ботанического сада РАН г. Новосибирск (И.Ю. Коропчинский, Т.Н. Встовская, Т.И. Киселева, А.Б. Горбунов, А.В. Караулов, Н.П. Лаптев, М.А. Томошевич, 2011, 2017) [2, 7]. Также представляют интерес исследования ученых Сибирского государственного университета им. ак. Решетнева, г. Красноярск (Р.Н. Матвеева, О.Ф. Буторова, 2009) [3].

Целью настоящих исследований является изучение сезонных ритмов развития дендроинтродуцентов, а также некоторых видов местных древесных растений, используемых в озеленении г. Братска.

#### Материалы и методы исследования

Город Братск является одним из крупнейших центров промышленности Восточной Сибири, он расположен на Средне-сибирском плоскогорье на широте 56°07' с.ш. Климат региона резко континентальный, характеризующийся большими колебаниями годовой и суточной температур. По многолетним наблюдениям среднегодовая температура воздуха составляет минус 1,6 °С. Сумма активных температур – 1500–1620 °С. Лето сравнительно короткое (98 дней). При этом наиболее благоприятный период с температурой воздуха выше 15 °С длится около двух месяцев (с третьей декады июня по середину августа). В конце сентября средняя суточная температура переходит через 5 °С в сторону понижения. В середине октября начинается устойчивое промерзание грунта. Продолжительность безморозного периода в среднем составляет 114 дней, средняя продолжительность вегетационного периода – 136 дней [8].

Видовой состав насаждений, расположенных в селитебной зоне города, довольно беден. Основу его составляют посадки тополя бальзамического (более 50% от всего количества насаждений), присутствуют аборигенные виды, а также в незначительном

количестве интродуценты, адаптированные к местным условиям (менее 5%). Основная масса дендроинтродуцентов произрастает на территории дендрария Братского государственного университета (БрГУ). В настоящее время насчитывается более 300 экземпляров 39 видов.

Исследования проводились в 2016–2018 гг. на территории дендрария БрГУ, а также в городских посадках. Исследуемые виды древесных растений были распределены на флористические группы по ареалам их естественного произрастания. Были выделены европейская, дальневосточная, североамериканская и сибирская группы. Всего обследовано 120 деревьев и кустарников 24 видов. Наблюдения проводились по методике, рекомендованной для ботанических садов [9]. В течение вегетационного периода (с апреля по октябрь) фиксировались основные фенологические фазы развития растений: разverzание вегетативных почек Пб2, появление зеленого конуса листьев Л1, начало цветения Ц4, окончание цветения Ц5, начало осенней окраски листьев Л3, осенний листопад Л4. Определялся период вегетации растений (Пб2–Л4), а также период цветения (Ц4–Ц5). Статистическая обработка материалов исследований проводилась с помощью табличного процессора Excel по методике Г.Н. Зайцева с помощью перевода календарных дат в непрерывный числовой ряд.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Для проведения фенологических наблюдений были выделены 4 флористические группы по ареалам естественного происхождения растений. Европейскую группу представляют: дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* L.), миндаль низкий (*Amygdalus nana* L.), миндаль трехлопастной (*Amygdalus triloba* Lindl.), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.), чубушник венечный (*Philadelphus coronarius* L.). Дальневосточная флора представлена следующими видами: барбарис Тунберга (*Berberis thunbergii* DC), бархат амурский (*Phellodendron amurense* Rupr), груша уссурийская (*Pyrus ussuriensis* L.), дуб монгольский (*Mongolica Fisch. Ex Ledeb*), клен Гиннала (*Acer ginnala* Maxim), орех манчжурский (*Juglans mandshurica* L.), черемуха Маака (*Padus maackii* Rupr.). Североамериканские виды: лох серебристый (*Elaeagnus commatata* Bernh), пузы-

реплодник калинолистный (*Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim), тополь белый *Populus alba* L., смородина золотистая (*Ribes aureum* Pursh), снежнаягодник белый (*Symphoricarpos albus* (L.) Blake). Сибирские виды: дерен белый (*Svida alba* L.), кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus* Schlecht), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia ssp. sibirica* Hedl), рябинник рябинолистный (*Sorbaria sorbifolia* L.), яблоня ягодная (*Malus baccata* (L.) Borkh). Результаты наблюдений представлены в табл. 1.

Продолжительность фенологических фаз зависит от метеорологических факторов и года исследования. Начало вегетации большинства видов деревьев и кустарников приходится на середину мая при достижении суммы эффективных температур выше  $+5^{\circ}\text{C}$  –  $224\text{--}359^{\circ}\text{C}$ . За период наблюдений самая высокая среднесуточная температура воздуха на начало вегетации отмечена в 2017 г.: в третьей декаде апреля она составила  $+6,0^{\circ}\text{C}$ , в середине мая –  $+8,8^{\circ}\text{C}$ . Холоднее других начало вегетационного периода было в 2016 г. –  $+4,2^{\circ}\text{C}$  и  $+6,5^{\circ}\text{C}$  соответственно. Самые ранние сроки распускания почек (Пб2) отмечены 26 апреля 2017 г. у черемухи Маака, самые поздние – 28 мая 2016 г. у дуба черешчатого. Для сравнения: начало вегетации черемухи Маака в 2016 г. отмечено 15 мая, дуба черешчатого в 2017 г. – 24 мая.

Немного раньше других разворачивание вегетативных почек наступает у сибирских видов, в среднем – 12 мая  $\pm 4,9$  дня, затем у представителей североамериканской флоры –  $13,05 \pm 5,0$ , у дальневосточных видов –  $14,05 \pm 4,7$ . Последними в вегетационный период вступают европейские виды древесных растений – 16 мая  $\pm 4$  дня. Наименьшей изменчивостью в данной фенофазе в пределах вида обладает миндаль низкий, наибольшей – дуб черешчатый и клен Гиннала. Минимальный промежуток времени между развертыванием почек (Пб2) и появлением зеленого конуса листьев (Л1) отмечен у североамериканского вида – пузыреплодника калинолистного – 2 дня, максимальный – также у представителя североамериканской флоры – смородины золотистой – 12 дней. Наибольшая изменчивость наблюдается у европейского вида – дуба черешчатого. Для установления связи между сезонными ритмами развития растений и температурным фактором был определен коэффициент корреляции. На начало каждой фенологической фазы вычислена сумма эффективных температур. Сильная связь прослеживается

между сроками развертывания вегетативных почек Пб2 и суммой эффективных температур (коэффициент корреляции  $R = 0,89\text{--}0,95$ ). В меньшей степени температурный фактор влияет на период наступления фенофазы Л1 –  $R$  варьирует от 0,62 до 0,79.

Сроки и продолжительность цветения в большей степени зависят от биологических особенностей вида. У раннецветущего, ветроопыляемого вида (тополь белый) прослеживается прямая статистическая зависимость между началом цветения и температурой воздуха  $R = 0,92$ . У видов, которые зацветают после распускания листьев (яблоня ягодная, груша уссурийская, черемуха Маака), статистическая зависимость средняя –  $R = 0,63\text{--}0,54$ . У растений, зацветающих после массового облиствения (миндаль низкий, миндаль трехлопастной, сирень обыкновенная, чубушник вечнозеленый, смородина золотистая, снежнаягодник, кизильник блестящий), коэффициент корреляции составляет  $0,50\text{--}0,36$ . Слабая зависимость отмечается у поздноцветущего вида (липы мелколистная),  $R = 0,12$ . Сроки цветения по годам различаются у растений, зацветающих до распускания почек и сразу после распускания листьев. Разница составляет 5–20 дней. У деревьев и кустарников, зацветающих в более поздние сроки, такие различия прослеживаются слабо.

Между осенними феноритмами растений (Л3, Л4) и температурным фактором отмечена слабая связь  $R = 0,12\text{--}0,35$ . На процесс осеннего окрашивания листьев в большей степени влияют интенсивность и продолжительность инсоляции и биологические особенности вида. Так, например, с третьей декады августа до середины сентября 2016 г. наблюдалось 16 солнечных дней, в 2017 г. за аналогичный период всего 5 дней, в 2018 – 8 дней. Самые ранние сроки окрашивания листьев отмечены у липы мелколистная – 2 сентября, а также у барбариса Тунберга и черемухи Маака – 5 сентября 2017 г. Осеннюю окраску листьев (Л3) раньше других приобретают дальневосточные виды – в среднем 13 сентября  $\pm 3,7$  дней, затем североамериканские –  $14,09 \pm 4,4$ , представители сибирской флоры –  $15,09 \pm 5,26$  и, наконец, европейские виды –  $16,09 \pm 3,7$ . Наибольшей вариабельностью отличаются аборигенные виды древесных растений. Раньше других заканчивают вегетацию североамериканские виды интродуцентов. Позже остальных – представители дендрофлоры Европы. Наступление массового листопада по годам различается незначительно.

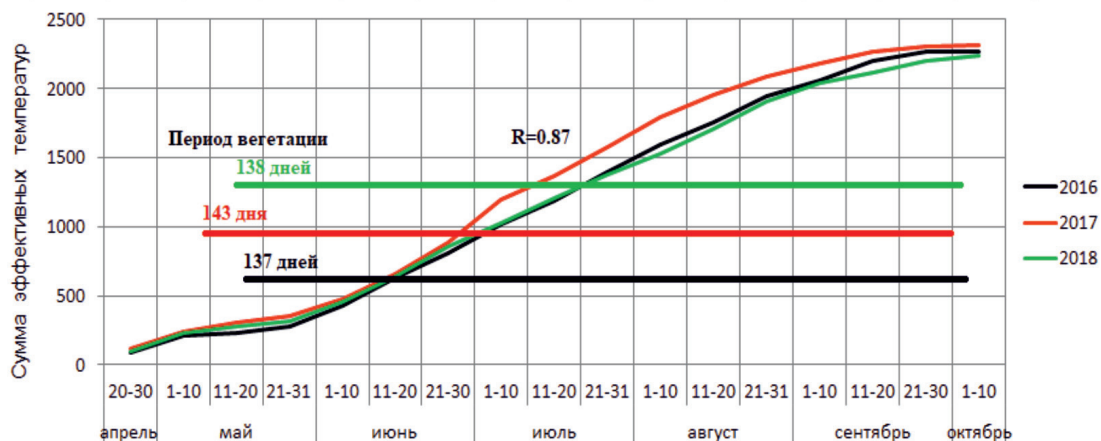
Таблица 1  
Результаты фенологических наблюдений

Название вида	П62		Даты наступления фенологических фаз (средние значения ±σ)		Ц4	Ц5	Л3	Ц4-Ц5		Л4	П62-Л4
	П62	Л1	Л1	Л4							
Европейские виды											
Дуб черешчатый	26,05 ± 7,5	30,05 ± 7,3	–	–	–	–	20,09 ± 5,6	04,10 ± 3,0	–	04,10 ± 3,0	132 ± 7,5
Клен остролистный	17,05 ± 3,1	20,05 ± 2,1	01,06 ± 1,2	5,06 ± 1,8	–	–	10,09 ± 2,5	28,09 ± 3,0	5 ± 1,5	28,09 ± 3,0	135 ± 1,6
Липа мелколиственная	15,05 ± 3,9	25,05 ± 4,1	12,07 ± 2,6	19,07 ± 3,8	–	–	09,09 ± 7,1	02,10 ± 4,5	8 ± 3,5	02,10 ± 4,5	139 ± 5,3
Миндаль низкий	17,05 ± 1,1	20,05 ± 1,2	14,06 ± 2,8	21,06 ± 1,9	–	–	25,09 ± 1,4	14,10 ± 1,5	8 ± 2,3	14,10 ± 1,5	151 ± 2,5
Миндаль трехлопастный	16,05 ± 2,4	20,05 ± 2,6	17,06 ± 3,2	25,06 ± 3,5	–	–	24,09 ± 2,2	10,10 ± 1,9	9 ± 3,3	10,10 ± 1,9	146 ± 2,8
Сирень обыкновенная	07,05 ± 3,5	16,05 ± 4,2	10,06 ± 6,4	28,06 ± 5,9	–	–	11,09 ± 4,3	28,09 ± 3,8	19 ± 6,1	28,09 ± 3,8	148 ± 3,7
Чубушник венечный	11,05 ± 6,5	20,05 ± 4,3	19,06 ± 2,6	03,07 ± 3,2	–	–	11,09 ± 3,1	16,09 ± 2,1	15 ± 2,9	16,09 ± 2,1	131 ± 3,6
Дальневосточные виды											
Барбарис Гунберга	10,05 ± 2,8	15,05 ± 1,9	24,06 ± 2,5	05,07 ± 2,8	–	–	08,09 ± 3,4	19,09 ± 2,3	12 ± 2,7	19,09 ± 2,3	132 ± 2,8
Бархат амурский	22,05 ± 2,2	30,05 ± 1,6	–	–	–	–	18,09 ± 2,8	25,09 ± 3,2	–	25,09 ± 3,2	129 ± 2,7
Груша усурьская	12,05 ± 6,3	20,05 ± 4,8	21,05 ± 5,4	27,05 ± 5,7	–	–	11,09 ± 4,3	24,09 ± 2,5	7 ± 5,5	24,09 ± 2,5	138 ± 4,5
Дуб монгольский	13,05 ± 5,2	21,05 ± 4,6	–	–	–	–	19,09 ± 5,5	03,10 ± 6,2	–	03,10 ± 6,2	144 ± 5,7
Клен Гиннала	14,05 ± 7,5	20,05 ± 5,3	–	–	–	–	13,09 ± 2,2	05,10 ± 2,9	–	05,10 ± 2,9	145 ± 5,0
Орех манчжурский	08,05 ± 3,2	17,05 ± 2,5	–	–	–	–	15,09 ± 2,6	24,09 ± 1,3	–	24,09 ± 1,3	139 ± 2,3
Черемуха Маака	09,05 ± 5,8	17,05 ± 2,2	24,05 ± 2,6	01,06 ± 3,5	–	–	06,09 ± 1,4	23,09 ± 2,6	8 ± 3,0	23,09 ± 2,6	137 ± 4,2
Североамериканские виды											
Лох серебристый	09,05 ± 4,9	18,05 ± 1,8	–	–	–	–	16,09 ± 3,2	24,09 ± 3,5	–	24,09 ± 3,5	138 ± 4,2
Пузыреплодный калинолистный	18,05 ± 4,4	20,05 ± 2,2	20,05 ± 3,5	27,05 ± 3,8	–	–	08,09 ± 2,2	23,09 ± 3,5	8 ± 3,7	23,09 ± 3,5	128 ± 4,0
Тополь белый	15,05 ± 4,6	21,05 ± 4,1	20,05 ± 5,2	25,05 ± 4,9	–	–	10,09 ± 3,8	21,09 ± 4,7	6 ± 5,0	21,09 ± 4,7	128 ± 4,7
Смородина золотистая	07,05 ± 5,7	19,05 ± 5,2	25,06 ± 6,5	11,07 ± 7,3	–	–	19,09 ± 5,4	01,10 ± 3,2	17 ± 6,8	01,10 ± 3,2	149 ± 4,4
Снежноягодник белый	14,05 ± 5,4	21,05 ± 3,8	14,06 ± 6,6	21,06 ± 5,7	–	–	17,09 ± 7,6	28,09 ± 5,5	8 ± 6,1	28,09 ± 5,5	138 ± 5,5
Сибирские виды											
Дерен белый	11,05 ± 4,8	17,05 ± 3,2	–	–	–	–	19,09 ± 4,4	28,09 ± 3,6	–	28,09 ± 3,6	141 ± 4,2
Кизильник блестящий	12,05 ± 4,5	15,05 ± 3,7	17,06 ± 5,6	03,07 ± 7,3	–	–	18,09 ± 5,6	30,09 ± 4,2	18 ± 6,5	30,09 ± 4,2	142 ± 4,4
Рябина обыкновенная	11,05 ± 5,3	19,05 ± 4,8	27,05 ± 4,6	02,06 ± 5,5	–	–	13,09 ± 5,3	25,09 ± 3,9	6 ± 5,1	25,09 ± 3,9	138 ± 5,1
Рябинник рябинолистный	10,05 ± 4,8	17,05 ± 4,5	12,06 ± 7,8	5,07 ± 8,2	–	–	18,09 ± 5,2	29,09 ± 5,6	24 ± 8,0	29,09 ± 5,6	143 ± 5,2
Яблоня ягодная	18,05 ± 5,4	25,05 ± 4,6	27,05 ± 5,5	05,06 ± 6,9	–	–	08,09 ± 5,8	27,09 ± 5,8	10 ± 6,2	27,09 ± 5,8	133 ± 5,8

Средний период вегетации древесных растений за наблюдаемый период составил 139 дней, что соответствует данным многолетних наблюдений – 136 дней [8]. Сроки вегетации деревьев и кустарников в пределах флористических групп по ареалам естественного произрастания различаются незначительно. Наиболее короткий период вегетации отмечен у североамериканских видов – 136 дней  $\pm$  4,6. У дальневосточных видов этот период составляет 138 дней  $\pm$  3,9, у представителей местной флоры – 140  $\pm$  4,9 и у европейских видов – 141  $\pm$  3,9. Прямая сильная статистическая зависимость выявлена между суммой эффективных температур и продолжительностью периода вегетации  $R = 0,87$  (рисунок).

В зависимости от сроков начала и завершения периода вегетации виды древесных

растений подразделяются на следующие группы: I – виды рано начинающие и рано оканчивающие вегетацию; II – рано начинающие и поздно оканчивающие; III – поздно начинающие и рано оканчивающие; IV – поздно начинающие и поздно оканчивающие вегетацию. Сезонные ритмы развития растений тесно связаны с их способностью выдерживать низкие отрицательные температуры воздуха зимой (зимостойкостью и морозоустойчивостью). Древесные растения, рано начинающие и рано завершающие ростовые процессы, считаются более морозоустойчивыми [10]. Исследуемые виды были разделены на группы (табл. 2). За ранний срок начала вегетации принята первая половина мая, за раннее окончание вегетации – наступление массового листопада до 28 сентября.



Зависимость периода вегетации от температурного фактора

Таблица 2  
Распределение видов растений на фенологические группы (по Лапину)

Группа	Европейские виды	Дальневосточные виды	Североамериканские виды	Сибирские виды
I	Чубушник венечный	Барбарис Тунберга, орех манчжурский, черемуха Маака, груша уссурийская	Лох серебристый	Рябина обыкновенная
II	Сирень обыкновенная, липа мелколистная	Дуб монгольский	Смородина золотистая, снежно-годовалник белый	Дерен белый, кизильник блестящий, Рябинник рябинолистный
III		Бархат амурский, клен Гиннала	Пузыреплодник калинолистный Тополь белый	Яблоня ягодная
IV	Дуб черешчатый, клен остролистный, миндаль низкий, миндаль трехлопастной			

Большинство исследуемых растений – 62% от общего числа рассматриваемых видов – относятся к первой и второй группам. Эти растения считаются зимостойкими. В первую группу входят преимущественно дальневосточные виды – 57%. Ранее нами проводились исследования, подтверждающие морозоустойчивость некоторых видов интродуцентов: груши уссурийской, черемухи Маака, липы мелколистной. По результатам исследований морозоустойчивости тополя белого было установлено, что у него происходит значительное обмерзание концов однолетних побегов [11]. К четвертой группе (растения поздно начинающие и поздно заканчивающие вегетацию) относятся только интродуценты европейского происхождения.

### Заклучение

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

– сроки вегетации интродуцентов значительно отличаются от сроков вегетации аборигенных видов (в среднем расхождение составляет 2 дня);

– от температурного фактора в большей степени зависят весенние фазы вегетации (Пб2, Л1), между продолжительностью периода вегетации и суммой эффективных температур прослеживается сильная корреляционная связь;

– большинство исследуемых древесных растений (62%) относятся к I и II фенологическим группам, рано начинающим вегетацию, соответственно, более подготовленным к суровым сибирским морозам;

– наиболее зимостойкими являются интродуценты дальневосточного происхождения (72% из них входят в I и II группы).

Таким образом, наиболее перспективными для озеленения г. Братска можно считать следующие виды древесных инорайонных растений: чубушник вечнозеленый, барбарис Тунберга, орех манчжурский, черемуху Маака, грушу уссурийскую, лох серебристый, сирень обыкновенную, липу мелколистную, дуб монгольский, смородину золотистую, снежноягодник белый, а также местные виды: рябину обыкновенную, дерен белый, кизильник блестящий, рябинник рябинолистный. Все они являются зимостойкими, кроме того, обладают декоративными качествами, что немаловажно при ограниченном ассортименте используемых в городском озеленении древесных растений. Древесные растения, относящиеся к III группе, также могут использоваться в озеленении городских территорий, так как данный опыт уже

имеется. Менее морозоустойчивые растения, составляющие IV группу, произрастающие только на территории дендрария, рекомендуется укрывать в зимнее время.

### Список литературы / References

1. Бабич Н.А., Карбасникова Е.Б., Долинская И.С. Интродуценты и экстразональные виды в антропогенной среде: монография. Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. Архангельск: ИПЦ САФУ, 2012. 184 с.

Babich N.A., Karbasnikova E.B., Dolinskaya I.S. Introduced species and extrazonal to a look in the anthropogenic environment: monograph. Sev. (Arktich.) feder. un-t im. M.V. Lomonosova. Arkhangelsk: IPCz SAFU, 2012. 184 p. (in Russian).

2. Коропочинский И.Ю., Встовская Т.Н., Томошевич М.А. Очередные задачи интродукции древесных растений в Азиатской России // Сибирский экологический журнал. 2011. № 2. С. 147–170.

Koropochinsky I.Yu., Vstovskaya T.N., Tomoshevich M.A. Immediate tasks of introduction of woody plants in Asian Russia // Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal. 2011. № 2. P. 147–170 (in Russian).

3. Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф. Интродукция деревьев и кустарников в условиях юга Средней Сибири. Красноярск: СибГТУ, 2010. 128 с.

Matveyeva R.N., Butorova O.F. Introduction of trees and bushes in the conditions of the South of Middle Siberia. Krasnoyarsk: SibGTU, 2010. 128 p. (in Russian).

4. Залывская О.С. Сезонное развитие дендофлоры в северных урбаносистемах // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. 2011. № 4. С. 60–65.

Zalyvskaya O.S. Phenology of Dendroflora in the Northern Urban Systems // Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Estestvennyye nauki. 2011. № 4. P. 60–65 (in Russian).

5. Strimbeck G.R., Schaberg P.G., Fosdall G., Wolfgang P., Schröde T., Kjellsen D. Extreme low temperature tolerance in woody plants // Frontiers in Plant Science. 2015. V. 6. article 884. P. 1–15. DOI: 10.3389/fpls.2015.00884.

6. Гонтарь О.Б., Жиров В.К., Казаков Л.А., Святковская Е.А., Тростенюк Н.Н. Зеленое строительство в городах Мурманской области. Апатиты: КНЦ РАН, 2010. 224 с.

Gontar O.B., Zhiron V.K., Kazakov L.A., Svyatkovskaya E.A., Trostenyuk N.N. Green construction in the cities of the Murmansk region. Apatity: KNCz RAN, 2010. 244 p. (in Russian).

7. Встовская Т.Н., Коропачинский И.Ю., Киселева Т.И., Горбунов А.Б., Каракулов А.В., Лаптева Н.П. Интродукция древесных растений в Сибири. РАН, Сибирское отд. ЦСБС. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2017. 716 с.

Vstovskaya T.N., Koropachinsky I.Yu., Kiseleva T.I., Gorbunov A.B., Karakulov A.V., Lapteva N.P. The introduction of woody plants in Siberia. RAN, Sibirskoe otd. CzSBS. Novosibirsk: Akademicheskoe izd-vo «Geo», 2017. 716 p. (in Russian).

8. Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99\*. М., 2012.

9. Александрова М.С., Бульгин Н.Е. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР // Бюллетень ГБС АН СССР. 1979. № 13. С. 3–8.

Alexandrova M.S., Bulygin N.E. Metodika of phenological observations in botanical gardens of the USSR // Byulleten' GBS AN SSR. 1979. № 13. P. 3–8 (in Russian).

10. Лапин П.И., Калущий К.К., Калущая О.Н. Интродукция лесных пород. М.: Лесная промышленность, 1979. 224 с.

Lapin P.I., Kalutsky K.K., Kalutsky O.N. Introdoktion of forest breeds. M.: Lesnaya promy'shennost', 1979. 224 p. (in Russian).

11. Рунова Е.М., Аношкина Л.В., Золотухина Г.И. Зимостойкость груши уссурийской в условиях резко континентального климата Восточной Сибири // Успехи современного естествознания. 2016. № 11. С. 60–64.

Runova E.M., Anoshkina L.V., Zolotukhina G.I. In Winter-Hardy Pear Ussuriisk Harsh Continental Climate of Eastern Siberia // Advances in current natural sciences. 2016. № 11. P. 60–64 (in Russian).

УДК 633/635:57.081:004.94

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОБОБЩЕННОЙ ЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Мельник А.Ф., Шуметов В.Г., Кондрашин Б.С.

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парухина», Орел,  
e-mail: melnik.anat202@yandex.ru, shumetov@list.ru

Рассмотрены основные этапы моделирования результатов сельскохозяйственных исследований с использованием процедуры обобщенной линейной модели, показаны ее преимущества и возможности при анализе данных полевых опытов. Приведены примеры использования процедуры для оценки статистической значимости влияния факторов агротехнических опытов, построения доверительных областей выборочных параметров и проверки гипотез. Показано, что моделью, адекватно отражающей влияние предшественников (кукурузы на зеленую массу, гороха на зерно и ячменя) и нормы удобрений (2 и 4 ц/га азофоски) на урожайность озимой пшеницы сорта Московская 39, является двухфакторная линейная модель дисперсионного анализа, причем влияние предшественника больше влияния нормы минеральных удобрений. Получены мнк-оценки параметров модели, доверительные интервалы эффектов предшественников и норм удобрений. Доказано, что оптимальными для повышения урожайности озимой пшеницы являются предшественник горох и норма азофоски 4 ц/га. Сформированы однородные группы предшественников по критерию множественного сравнения Тьюки, при этом предшественник горох образует самостоятельную подгруппу, обеспечивающую большую урожайность озимой пшеницы, а ячмень и кукуруза входят в общую подгруппу предшественников, обеспечивающих меньшую урожайность. Получены двухфакторные линейные модели дисперсионного анализа, которые также адекватно отражают влияние предшественников и нормы удобрений на показатели качества зерна озимой пшеницы сорта Московская 39 – содержание сырого белка и клейковины. Доказано, что, как и для урожайности, оптимальными являются предшественник горох и норма азофоски 4 ц/га. Предложено визуально оценивать качество моделирования путем сравнения диаграмм зависимости показателей продуктивности от уровней факторов, построенных по фактическим и расчетным данным. Существенным преимуществом использования процедуры обобщенной линейной модели для анализа результатов полевых опытов является возможность моделирования по средним данным, при отсутствии информации по повторностям, что позволяет строить модели по данным публикаций.

**Ключевые слова:** озимая пшеница, предшественники, норма удобрений, обобщенная линейная модель, дисперсионный анализ, статистическая значимость, критерий Тьюки, различия средних

## PROCEDURE OF THE GENERALIZED LINEAR MODEL FOR THE ANALYSIS OF AGRICULTURAL RESEARCH RESULTS

Melnik A.F., Shumetov V.G., Kondrashin B.S.

Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, e-mail: melnik.anat202@yandex.ru,  
shumetov@list.ru

The main stages of agricultural research results' modeling using the procedure of generalized linear model are considered; its advantages in the analysis of field experiments are shown. Concrete examples of using the procedure for assessing the statistical significance of the factors' influence of agrotechnical experiments, building confidence areas of sample parameters and testing hypotheses are given. It is shown that the model adequately reflecting the effect of precursors (corn for green mass, peas for grain and barley) and fertilizer rates (2 and 4 centners / ha of nitrogen-phosphorus-potassium fertilizer) on the yield of winter wheat of variety Moscovskaya 39 is a two-factor linear model of analysis of variance, and predecessor is more powerful than the norm of mineral fertilizers. LS method of the model parameters, the confidence intervals of the effects of the precursors and fertilizer rates were obtained. It has been proven that the precursor peas and a nitrogen concentration of 4 centners / ha are optimal for increasing the yield of winter wheat. Homogeneous groups of predecessors were formed according to Tukey's multiple comparison criterion, with the predecessor «peas» forming an independent subgroup providing greater yields of winter wheat, while barley and corn are included in the common subgroup of predecessors providing lower yields. Two-factor linear models of analysis of variance were obtained, which also adequately reflect the influence of the precursors and fertilizer norms on the grain quality indicators of winter wheat variety Moscovskaya 39 – the content of crude protein and gluten. It is proved that, as well as for yields, the predecessor peas and the norm of nitrogen-phosphorus-potassium fertilizer are 4 t / ha. It is proposed to visually assess the quality of modeling by comparing the diagrams of dependence of productivity indicators on the factors' levels, built on the basis of actual and calculated data. A significant advantage of using the procedure of generalized linear model for analyzing the results of field experiments is the possibility of modeling according to average data, in the absence of information on replications, which makes it possible to build models according to publications.

**Keywords:** winter wheat, predecessors, rate of fertilizers, generalized linear model, analysis of variance, statistical significance, Tukey criterion, differences in averages

Важным инструментом при внедрении современных наукоемких технологий в практику растениеводства являются динамические модели продукционного процесса

сельскохозяйственных растений, роль которых возрастает в свете нового перспективного тренда развития сельскохозяйственной отрасли – устойчивого и точного земледелия

лия [1]. Необходимым условием возможности создания таких моделей является наличие полного набора данных как о внешних факторах (погода, агротехника), так и об индикаторах роста и развития растений, при этом отправной точкой является информация о прошлых данных полевых опытов [2]. Научный полевой опыт позволяет изучать вклад факторов в формирование урожая (севооборот, обработка почвы, удобрения и др.), обобщать полученные результаты, создавая модели [3, 4].

Вплоть до настоящего времени исследователи в области агрономии при разработке моделей ориентируются на классические методы однофакторного, и лишь в отдельных случаях многофакторного, дисперсионного анализа, используя рекомендации, изложенные еще в «докомпьютерную» эру в учебнике Б.А. Доспехова [5]. Но в связи с распространением компьютерной техники появились новые возможности. В вышедшем в 2013 г. учебнике для агрономических специальностей [6] отмечается необходимость компьютерной оценки данных научного полевого исследования. При этом, помимо широко распространенного табличного процессора *MS-EXCEL*, рекомендуются к использованию такие пакеты программ анализа данных, как *SPSS*, *STATGRAPHICS Plus for Windows*, *STATISTICA*, предлагающие исследователям широкий спектр многомерных методов моделирования, основанных на алгоритмах регрессионного, дискриминантного, факторного, кластерного анализа. Однако в широкую практику использование указанных пакетов программ для анализа данных пока не вошло, обучение студентов-аграриев в отечественных вузах искусству моделирования по-прежнему ведется по методикам дисперсионного анализа или, в лучшем случае, универсального пакета *MS-EXCEL*. На актуальность «внедрения» новых технологий анализа данных в практику сельскохозяйственных исследований указывали различные авторы, в частности, В.М. Кузнецов [7]. Он отмечал, что «в большинстве работ российских исследователей-животноводов анализ экспериментальных и «полевых» данных... ограничивается расчетом средних значений и, в лучшем случае, их стандартных ошибок. Лишь в небольшом числе работ используется однофакторный дисперсионный анализ и очень редко – *многофакторные обобщенные линейные модели*» [7, с. 27].

В растениеводстве ситуация аналогичная. Лишь в немногих работах использо-

ваны компьютерные методики многофакторного многомерного дисперсионного анализа. Так, в работе [8] многофакторный многомерный дисперсионный анализ реализован с помощью процедуры обобщенной линейной модели пакета *STATISTICA*, что позволило авторам данной работы получить ряд новых выводов по засоренности зерновых агроценозов, при этом, как правило, по всем выделяемым эффектам нулевые гипотезы отвергались с высокой вероятностью [8, с. 5].

Вышесказанное актуализирует наши исследования, направленные на адаптацию новых процедур получения моделей по результатам сельскохозяйственных экспериментов к специфике отрасли.

Цель исследования: исследование возможностей и эффективности применения одной из перспективных процедур дисперсионного анализа – обобщенной линейной модели – для разработки моделей полевых опытов. Особенность этой модели дисперсионного анализа заключается в том, что она ставит в соответствие результирующий показатель значениям воздействующих факторов, которые могут быть как количественными, так и качественными. В этом ее преимущество против регрессионных, в которых все предикторы, как правило, количественные. Еще одним преимуществом процедуры обобщенной линейной модели является возможность оценки статистической значимости эффектов и их доверительных границ, что обеспечивает надежность обоснования достоверности и значимости результатов полевых опытов.

#### Материалы и методы исследования

В исследовании нами использовалась одна из версий пакета статистических программ анализа данных общественных наук *SPSS* – версия 8.0 [9], а конкретнее, процедура «Обобщенная линейная модель» данного пакета. Прямое назначение данной процедуры – нахождение параметров модели, связывающей результирующую количественную переменную с двумя и более качественными (номинальными) переменными, однако команды процедуры «Общая линейная модель» позволяют выполнять и однофакторный дисперсионный анализ [10, 11]. В качестве примера использовали эмпирические данные полевых исследований по изучению влияния предшественников на продуктивность озимой пшеницы с применением различных норм минеральных удобрений, полученные



в производственных условиях СПК «Русь» Знаменского района Орловской области [12]. Исследования проведены в 2006–2007 гг. по плану полного двухфакторного эксперимента ПФЭ 3×2: фактор А – предшественники: 1) кукуруза на зеленую массу, 2) горох на зерно, 3) ячмень; фактор В – нормы внесения удобрений: 1) 2 ц/га азофоски, 2) 4 ц/га азофоски. Объектом исследования являлся районированный в Орловской области сорт озимой пшеницы Московская 39, способный формировать зерно с высокими технологическими качествами. Опыты проводились в трехкратной повторности, однако обработке подвергали лишь средние данные по повторностям,

тем самым воспроизводя ситуацию отсутствия первичных (сырых) данных полевых опытов.

**Результаты исследования и их обсуждение**

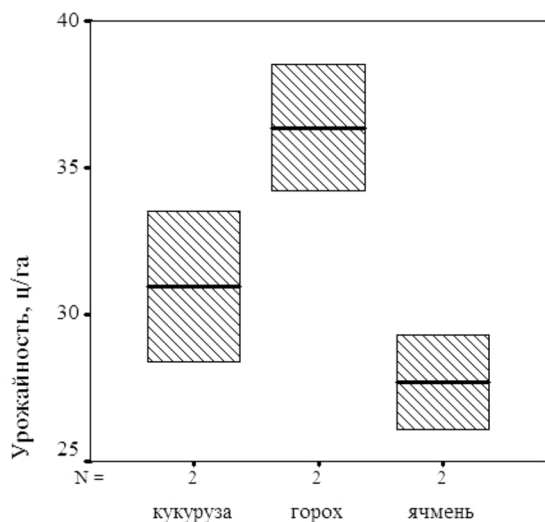
Методику двухфакторного дисперсионного анализа, реализуемую с помощью процедуры обобщенной линейной модели, рассмотрим на основе исходных данных по урожайности и качеству зерна озимой пшеницы сорта Московская 39, приведенных в табл. 1.

На первом этапе методики проводим визуальный анализ диаграмм Тьюки по предшественникам и норме удобрений (рис. 1).

**Таблица 1**

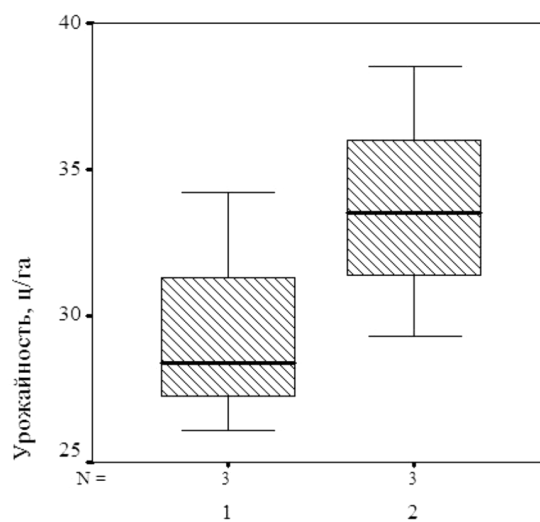
Урожайность и качество зерна озимой пшеницы Московская 39 (в среднем за два года).  
Источник: [12, с. 30]

Предшественники	Норма удобрений	Урожайность, ц/га	Содержание, %	
			клейковины	белка
1. Кукуруза	1. 2 ц/га азофоски	28,4	24,7	11,8
	2. 4 ц/га азофоски	33,5	26,1	12,5
2. Горох	1. 2 ц/га азофоски	34,2	26,8	13,2
	2. 4 ц/га азофоски	38,5	27,5	14,7
3. Ячмень	1. 2 ц/га азофоски	26,1	22,0	11,3
	2. 4 ц/га азофоски	29,3	23,6	12,7



Предшественники

а)



Норма удобрения

б)

Рис. 1. Урожайность озимой пшеницы: а) в зависимости от предшественников; б) в зависимости от нормы азофоски (1 – 2 ц/га; 2 – 4 ц/га)

Из рис. 1, а, видно, что урожайность озимой пшеницы по гороху превосходит урожайность по ячменю и кукурузе, однако по кукурузе и ячменю наблюдается перекрытие диапазонов изменения показателя. По норме удобрений также наблюдается перекрытие значений показателя, хотя медианы при этом различаются – рис. 1, б.

На следующем этапе проводим оценку статистической значимости различия урожайности по предшественникам и норме удобрений «в целом» в процедуре «Обобщенная линейная модель», используя модель двухфакторного дисперсионного анализа (табл. 2).

Из табл. 2 следует, что оба фактора – предшественники и норма удобрений – статистически значимы на уровне не хуже 0,05. Это позволяет признать адекватной модель

$$Y_{ij} = \mu_0 + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

и оценить ее параметры (табл. 3). В этой модели:  $Y_{ij}$  – наблюдаемое значение выходной переменной  $Y$  (урожайность) на  $i$ -м уровне фактора «предшественник» и  $j$ -м уровне фактора «норма удобрения»;  $\mu_0$  – оценка свободного коэффициента модели;  $\alpha_i$  и  $\beta_j$  – оценки главных эффектов;  $\varepsilon_{ij}$  – случайная ошибка.

Поясним табл. 3. В ней постоянная  $\mu_0 = 29,8$  ц/га, эффекты предшественника 3

(ячмень) и нормы удобрения 2 (4 ц/га азофоски) приняты за нулевые. Эффекты других предшественников и нормы удобрения отсчитываются уже от этого уровня; так, урожайность озимой пшеницы по предшественнику 2 (гороху) характеризуется добавкой  $\alpha_2 = 8,65$  ц/га. Значения 95%-ного доверительного интервала всех эффектов не включают в себя нуль, что свидетельствует о статистической значимости параметров модели.

Дополнительную информацию о значимости разности средних дают табл. 4 множественных сравнений и табл. 5 однородных подгрупп предшественников, полученные при использовании критерия Тьюки.

Согласно табл. 4, статистически значимыми на уровне надежности не хуже 95% могут быть приняты разности урожайности озимой пшеницы по предшественнику гороху с урожайностью по предшественникам ячменю и кукурузе, так как соответствующие значения 95%-ного доверительного интервала не включают в себя нуль. Напротив, разность урожайности озимой пшеницы по предшественникам ячменю и кукурузе статистически значима на уровне 0,073, превышающем нормативную величину 0,05; кроме того, доверительный интервал данной разности включает в себя нуль.

Таблица 2

## Тест межсубъектных эффектов

Источник изменчивости	Сумма квадратов	Ст. св.	Средний квадрат	F-критерий	Значимость
Исправленная модель	102,823	3	34,274	75,328	0,013
Постоянная	6016,667	1	6016,667	13223,443	0,000
Предшественник	76,363	2	38,182	83,916	0,012
Удобрение	26,460	1	26,460	58,154	0,017
Ошибка	0,910	2	0,455		
Сумма	6120,400	6			
Исправленная сумма	103,733	5			

Таблица 3

## МНК-оценки параметров двухфакторной модели влияния предшественника и нормы удобрения на урожайность озимой пшеницы

Параметр	В	Стд. ошибка	t	Значимость	95% доверительный интервал	
					нижняя граница	нижняя граница
Постоянная	29,800	0,551	54,107	0,000	27,430	32,170
[ПРЕДШЕСТ=1]	3,250	0,675	4,818	0,040	0,348	6,152
[ПРЕДШЕСТ=2]	8,650	0,675	12,824	0,006	5,748	11,552
[ПРЕДШЕСТ=3]	0	,	,	,	,	,
[УДОБРЕНИ=1]	-4,200	0,551	-7,626	0,017	-6,570	-1,830
[УДОБРЕНИ=2]	0	,	,	,	,	,

С этими результатами согласуются данные табл. 5: горох образует самостоятельную подгруппу, тогда как ячмень и кукуруза входят в общую подгруппу 1.

Наглядное представление о качестве прогноза урожайности по двухфакторной модели дает рис. 2: видно, что расчетные данные лишь немного отличаются от опытных.

**Таблица 4**

Апостериорные парные сравнения средних по критерию Тьюки

(I) Предшественники	(J) Предшественники	Средняя разность (I-J)	Стд. ошибка	Знач. (2-сторон)	95% доверительный интервал	
					нижняя граница	верхняя граница
Кукуруза	Горох	-5,400	0,6745	0,028	-9,374	-1,426
	Ячмень	3,250	0,6745	0,073	-0,724	7,224
Горох	Кукуруза	5,400	0,6745	0,028	1,426	9,374
	Ячмень	8,650	0,6745	0,011	4,676	12,624
Ячмень	Кукуруза	-3,250	0,6745	0,073	-7,224	0,724
	Горох	-8,650	0,6745	0,011	-12,624	-4,676

**Таблица 5**

Однородные подгруппы предшественников по критерию Тьюки (уровень значимости критерия различия между подгруппами  $p = 0,05$ )

Предшественники	N	Урожайность озимой пшеницы, ц/га	
		1	2
Ячмень	2	27,700	
Кукуруза	2	30,950	
Горох	2		36,350
Уровень значимости критерия различия в подгруппе		0,073	1,000

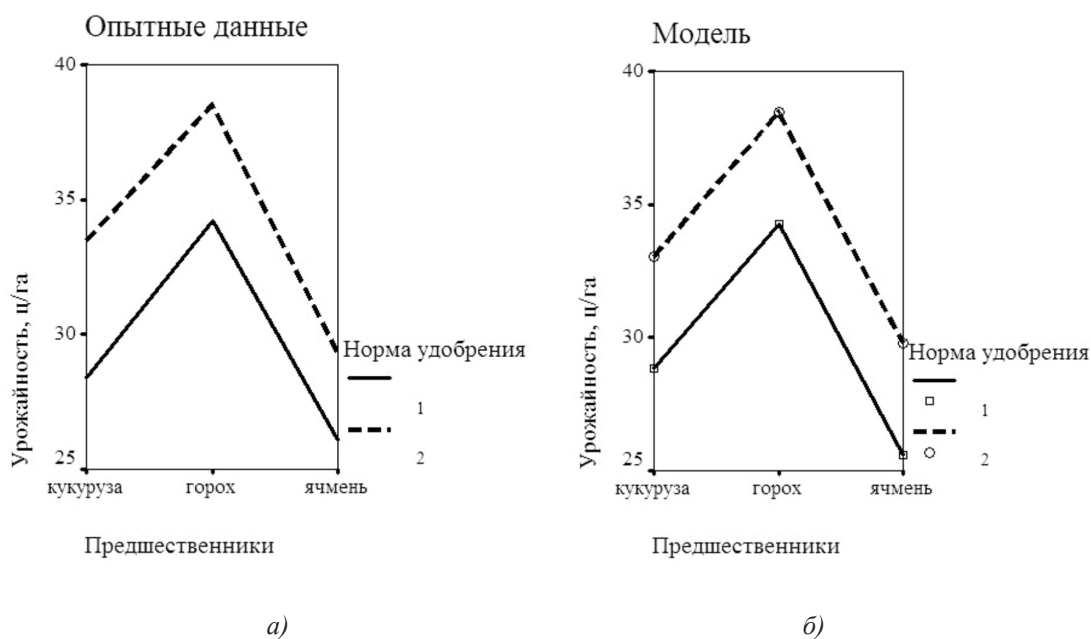


Рис. 2. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников и нормы азотоса: а) опытные данные; б) расчет по двухфакторной модели

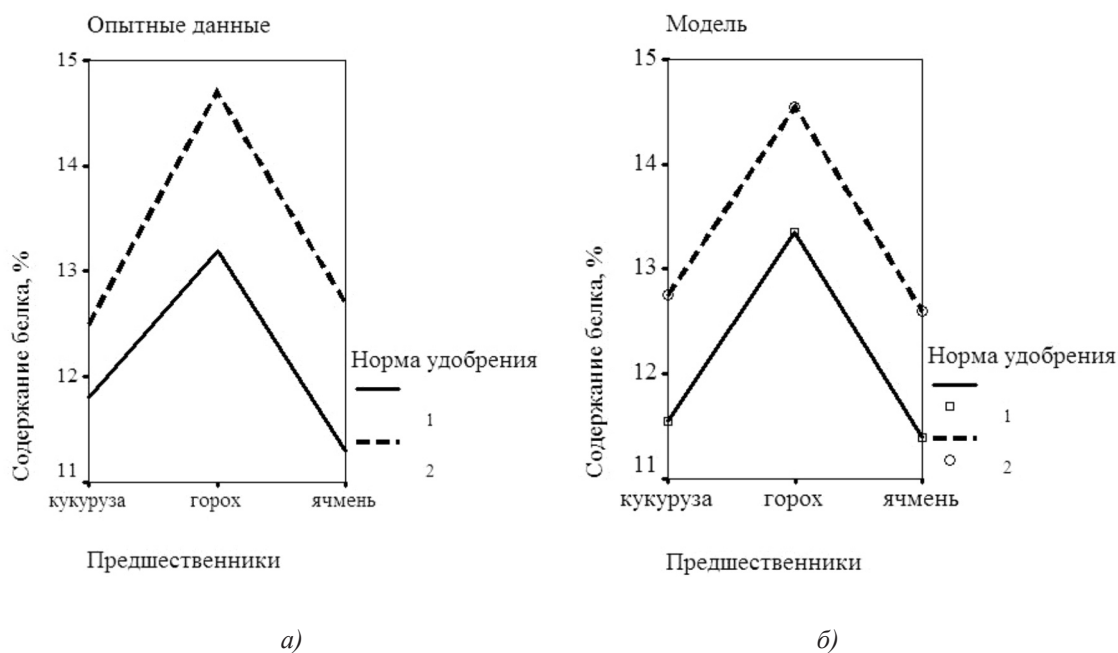


Рис. 3. Содержание в зерне озимой пшеницы сырого белка в зависимости от предшественников и нормы азотоски: а) опытные данные; б) расчет по двухфакторной модели

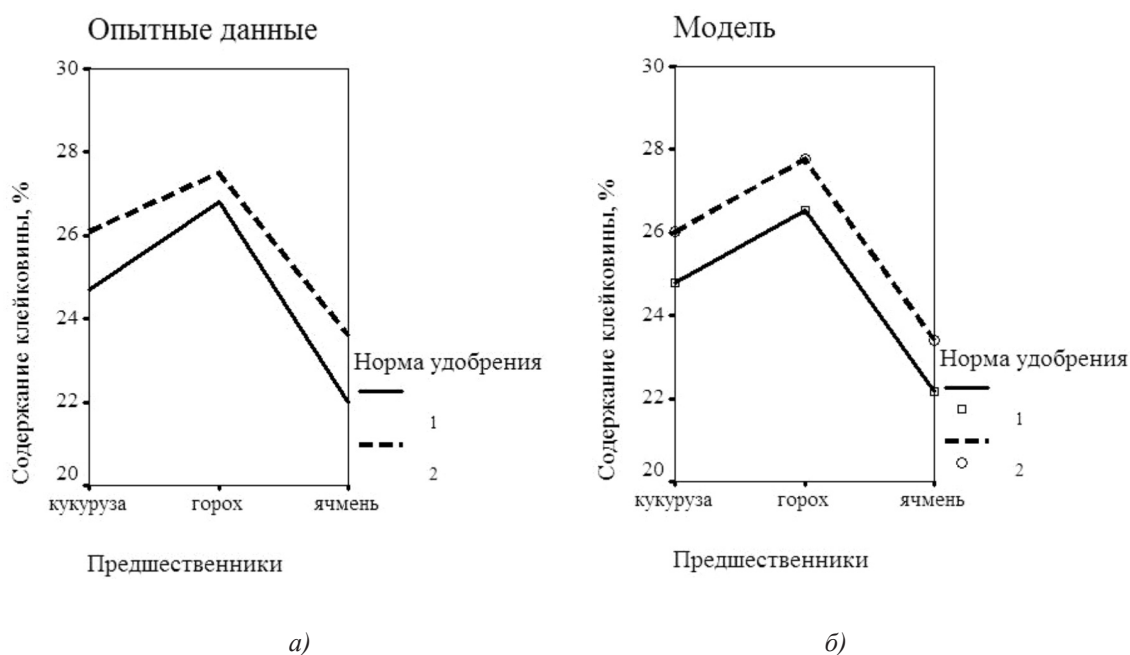


Рис. 4. Содержание в зерне озимой пшеницы клейковины в зависимости от предшественников и нормы азотоски: а) опытные данные; б) расчет по двухфакторной модели

Следует особо отметить, что проведенный выше анализ выполнен для средних, без учета данных по повторностям. Именно этим объясняется довольно высокое значение стандартной ошибки разностей урожайности – 0,67 ц/га. Соответственно этому наблюдается значительная ширина 95%-ных доверительных интервалов эффектов прибавки урожайности от агротехнических факторов. Так, при средней прибавке урожайности – 0,67 ц/га. Соответственно этому наблюдается значительная ширина 95%-ных доверительных интервалов эффектов прибавки урожайности от агротехнических факторов. Так, при средней прибавке урожайности

ности – 0,67 ц/га. Соответственно этому наблюдается значительная ширина 95%-ных доверительных интервалов эффектов прибавки урожайности от агротехнических факторов. Так, при средней прибавке урожайности

сти озимой пшеницы по предшественнику гороху относительно предшественника кукурузы 5,40 ц/га доверительный интервал составляет от 1,43 до 9,37 ц/га, а относительно предшественника ячменя – 8,65 ц/га с 95%-ным доверительным интервалом от 4,68 до 12,62 ц/га. Впрочем, эта ситуация вполне соответствует значительной изменчивости условий возделывания большинства сельскохозяйственных культур.

Аналогично нами были получены двухфакторные модели влияния предшественников и норм удобрений на содержание в зерне озимой пшеницы сорта Московская 39 сырого белка и клейковины, объясняющие соответственно 97,3% и 99,0% общей дисперсии.

Согласно приведенным графикам, отражающим качество двухфакторных моделей (рис. 3, 4), установлено, что, так же как и на урожайность, предшественники оказывают более сильное влияние на оба показателя качества зерна, чем нормы удобрений, причем лучшие результаты достигаются при посеве озимой пшеницы по гороху.

Высокое качество полученных моделей подтверждается также близкими к единице значениями коэффициента детерминации  $R^2$ : для модели урожайности  $R^2 = 0,991$ , для содержания белка и клейковины 0,973 и 0,990 соответственно.

### Заключение

Представленный пример показывает, что преимуществом использования процедуры обобщенной линейной модели для анализа результатов полевых опытов является возможность построения моделей по средним данным, в случае отсутствия информации по повторностям. Это позволяет строить модели также и по материалам публикаций, которые, как правило, содержат лишь средние данные, а результаты измерений по повторностям не приводятся.

### Список литературы / References

1. Якушев В.П., Якушев В.В. Информационное обеспечение точного земледелия. СПб.: Издательство ПИЯФ РАН, 2007. 384 с.  
 Yakushev V.P., Yakushev V.V. Information support for precision farming. SPb.: Izdatel'stvo PIYAF RAN, 2007. 384 p. (in Russian).  
 2. Медведев С.А., Топаж А.Г., Белов А.В., Глядченко-ва Н.А., Лекомцев П.В. Распределенный измерительно-моделирующий комплекс для оперативного сопровождения полевого опыта // *АгроЭкоИнфо*. Электронный научно-производственный журнал. 2015. № 2 [Электронный ресурс]. URL: [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/2/st\\_08.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/2/st_08.doc) (дата обращения: 18.02.2019).  
 Medvedev S.A., Topazh A.G., Belov A.V., Glyadchenkova N.A., Lekomtsev P.V. Distributed measuring and modeling

complex for operational support of field experience // *AgroEcoInfo*. Elektronnyy nauchno-proizvodstvennyy zhurnal. 2015. № 2 [Electronic resource]. URL: [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/2/st\\_08.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/2/st_08.doc) (date of access: 18.02.2019) (in Russian).

3. Морозов В.И., Тойгильдин А.Л. Полевой опыт как метод познания и практического освоения инновационных технологий // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2012. № 1. С. 40–44.

Morozov V.I., Toigildin A.L. Field experience as a method of knowledge and practical development of innovative technologies // *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2012. № 1. P. 40–44 (in Russian).

4. Соколов А.С., Байрамбеков Ш.Б., Соколова Г.Ф. Влияние обработки почвы, удобрений, гербицидов на засоренность и урожайность овощных культур в севообороте // *Успехи современного естествознания*. 2018. № 8. С. 78–84.

Sokolov A.S., Bayrambekov Sh.B., Sokolova G.F. Influence of Soil Dressing, Fertilizers, Herbicides Upon Pollution and Yields of Vegetable Cultures in Sawing Turnover // *Advances in current natural sciences*. 2018. № 8. P. 78–84 (in Russian).

5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2011. 352 с.

Dospikhov B.A. Methods of field experience. M.: Al'yans, 2011. 351 p. (in Russian).

6. Кирюшин Б.Д., Усманов Б.Д., Васильев И.П. Основы научных исследований в агрономии. М.: Колос, 2009. 398 с.

Kiryushin B.D., Usmanov B.D., Vasilyev I.P. Fundamentals of research in agronomy. M.: Kolos, 2009. 398 p. (in Russian).

7. Кузнецов В.М. Разведение по линиям и голштинизация: методы оценки, состояние и перспективы // *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2013. № 3. С. 25–79.

Kuznetsov V.M. Breeding lines and holsteinization: analytical methods, state of the art and prospects // *Problemy biologiy produktivnykh zhivotnykh*. 2013. № 3. P. 25–79 (in Russian).

8. Синещев В.Е., Южаков А.И., Красноперов А.Г. Методы регулирования сорных растений в зерновых агроценозах Западной Сибири // *АгроЭкоИнфо*. 2008. № 2 (3) [Электронный ресурс]. URL: [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2009/2/st\\_18.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2009/2/st_18.doc) (дата обращения: 18.02.2019).

Sineschekov V.E., Yuzhakov A.I., Krasnoperov A.G. Methods of weed control in grain agrocenoses of Western Siberia // *AgroEcoInfo*. 2008. № 2 [Electronic resource]. URL: [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2009/2/st\\_18.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2009/2/st_18.doc) (date of access: 18.02.2019) (in Russian).

9. SPSS Base 8.0 для Windows. Руководство по применению. М.: СПСС Русь, 1998. 397 с.

SPSS Base 8.0 for Windows. Application Guide. M.: SPSS Rus', 1998. 397 p. (in Russian).

10. Бююль А., Цёфель П. SPSS: Искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей. М.: «ДиаСофт», 2005. 608 с.

Buyuyul' A., Tsofel' P. SPSS: The Art of Information Processing. Analysis of statistical data and restoration of hidden patterns. M.: OOO «DiaSoft», 2005. 608 p. (in Russian).

11. Шуметов В.Г., Моисеенко А.М., Кондрашин Б.С. Применение процедуры общей линейной модели для статистической обработки результатов сортоиспытаний // *Успехи современной науки*. 2016. № 11. Т. 10. С. 97–101.

Shumetov V.G., Moiseenko A.M., Kondrashin B.S. Application Procedure General Linear Model for the Statistical Processing of the Results Variety Testing // *Advances in modern science*. 2016. № 11. T. 10. P. 97–101 (in Russian).

12. Мельник А.Ф., Кондрашин Б.С., Митюшкин Н.В. Влияние предшественников на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // *Вестник Орел ГАУ*. 2009. № 4. С. 27–30.

Melnik A.F., Kondrashin B.S., Mityushkin N.V. The influence of predecessors on the yield and grain quality of winter wheat // *Vestnik Orel GAU*. 2009. № 4. P. 27–30 (in Russian).

УДК 633.71:632.9:632.754.1

## РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ КЛОПОВ-ПЕНТАТОМИД (НЕТЕРОПТЕРА, PENTATOMIDAE) НА ТАБАКЕ И РАЗРАБОТКА ПРИЕМОМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ БОРЬБЫ С НИМИ

<sup>1</sup>Плотникова Т.В., <sup>1</sup>Саломатин В.А., <sup>2</sup>Пушня М.В., <sup>2</sup>Исмаилов В.Я.,  
<sup>2</sup>Снесарева Е.Г., <sup>2</sup>Родионова Е.Ю.

<sup>1</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака,  
махорки и табачных изделий», Краснодар, e-mail: vniitti1@mail.kuban.ru;

<sup>2</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»,  
Краснодар, e-mail: vniibzr@mail.kuban.ru

Целью исследований являлось изучение распространения, биологических особенностей и характера вредоносности клопов-щитников (*Heteroptera*, *Pentatomidae*) на посадках табака и скрининг эффективных средств биологической защиты для борьбы с ними. Исследования проводили в центральной зоне Краснодарского края на базе ФГБНУ ВНИИТТИ, на общей площади 2 га. Скрининг биосредств на основе различных микроорганизмов – *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana* и биологически активных веществ изучали в лабораторных и полевых условиях. Согласно результатам проведенного мониторинга установлено, что на растениях табака встречается около 10 видов клопов-щитников, причем наиболее многочисленными представителями этой группы являются зеленый овощной клоп – незара зелёная *Nezara viridula* L. и щитник красноногий *Pentatoma rufipes* L., однако существенный вред посадкам табака причинял именно *N. viridula* L. Широкому распространению вида в Краснодарском крае на многих пасленовых культурах способствовала его высокая плодовитость и практически полное отсутствие аборигенных энтомофагов, способных эффективно ограничивать его численность. В ходе лабораторных испытаний установлено, что лучшую биологическую эффективность из изучаемых биосредств против личинок зеленого овощного клопа (91%) показал биопрепарат Фитоверм М, КЭ, что позволило в дальнейшем применить его в условиях полевого опыта. Полевые испытания выявили достаточно высокую активность Фитоверма М – 89% против личинок и 77% против имаго фитофага, что достоверно не отличалось от аналогичных показателей для эталонного химического препарата Би-58 Новый КЭ, причем при использовании биопрепарата не наблюдалось угнетения роста растений, что дает основание рекомендовать Фитоверм М для защиты табака от актуального вредителя *N. viridula* L.

**Ключевые слова:** табак, фитофаги, энтомофаги, клопы-пентатомиды, зеленый овощной клоп *Nezara viridula* L., биологическая защита, биопрепараты

## PREVALENCE OF BEDBUGS-PENTATOMIDAE (HETEROPTERA, PENTATOMIDAE) ON TOBACCO AND DEVELOPMENT OF BIOLOGICAL FIGHTING METHODS

<sup>1</sup>Plotnikova T.V., <sup>1</sup>Salomatina V.A., <sup>2</sup>Pushnya M.V., <sup>2</sup>Ismailov V.Ya.,  
<sup>2</sup>Snesareva E.G., <sup>2</sup>Rodionova E.Yu.

<sup>1</sup>All-Russian research institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Krasnodar,  
e-mail: vniitti.nir@mail.ru;

<sup>2</sup>All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection, Krasnodar; e-mail: vniibzr@mail.kuban.ru

The key issue of our research was study the distribution, biological features and nature of the harmfulness of the bedbugs (*Heteroptera*, *Pentatomidae*), on tobacco plantings and screening of effective biological defense measures to combat them. The study was carried out in the Central zone of Krasnodar territory on the basis of FSBIS on a total area of more than 2 ha. Screening of biological agents based on various microorganisms – *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, and biologically active substances was carried out in laboratory and field conditions. According to the results of the conducted monitoring, it has been established that there are about 10 species of bedbug on the plants, the most numerous representatives of this group are the green vegetable bug *Nezara viridula* L., and the red-footed guard *Pentatoma rufipes* L., however *N. viridula* L. cause significant damage to tobacco planting. The wide distribution of the species in the Krasnodar territory in many of solanaceous crops was due to its high fecundity and the almost complete absence of aboriginal entomophages capable of effectively limiting its abundance. During laboratory tests, it was established that the best biological efficacy of the studied biological agents against the green vegetable bug larvae (91%) was shown by the biological product Fytoverm M, EC, which allowed to be further applied under field conditions. Field tests revealed a rather high activity of Fytoverm M – 89% against larvae and 77% against imago, which was not significantly different from the similar indicators for the reference chemical preparation Bi-58 New EC, and no growth inhibition was observed when using a biological product. plants, which gives grounds to recommend Fytoverm M to protect tobacco from *N. viridula* L.

**Keywords:** tobacco, phytophages, entomophages, bedbugs-pentatomidae, green vegetable bug *Nezara viridula* L., biological protection, biological products

Основное предназначение табака – производство курительных и некурительных табачных изделий. Также в современном мире это растение применяют в различных обла-

стях, например кулинарии, косметической промышленности, цветоводстве как декоративное растение, как сырье для бумажного производства, сельском хозяйстве – как сред-

ство защиты растений, и, наконец, одно из самых перспективных путей использования табака – это в медицине для производства витамина РР, приготовления вакцин, синтеза коллагена и т.д. [1, 2, с. 117–136]. Для использования культуры в данных направлениях необходимо экологически чистое табачное сырьё. И основным препятствием в достижении поставленной цели является безопасность средств защиты растений для управления численностью популяций актуальных фитофагов, от которых напрямую зависит качество сырья.

Стоит отметить, что многие фитофаги предпочитают питаться табачными растениями, в том числе и многоядные. Более 100 видов насекомых выявлено на табаке в Краснодарском крае, из которых около 50 видов относятся к вредителям этой культуры, остальные насекомые в той или иной степени полезны [3, с. 33]. Одним из серьезных вредителей культуры являются личинки жуков щелкунов – проволочники (сем. Elateridae, в основном щелкун крымский *Agriotes tauricus* Heyd.), хлопковая совка *Helicoverpa armigera* Hbn. Среди вредной энтомофауны табака выделяется группа насекомых с колюще-сосущим ротовым аппаратом, которые не только механически повреждают табак, но и являются переносчиками вирусных заболеваний. Наиболее распространенными являются: персиковая (табачная) тля *Myzodes persicae* Sulz., табачный трипс *Thrips tabaci* Lind. и клопы-пентатомиды (Heteroptera, Pentatomidae) [3, с. 33–39, 4, с. 543–545]. Для защиты табака от данных вредителей Государственным каталогом разрешены в основном инсектициды химической природы, либо таковые вовсе отсутствуют.

Совершенно ясно, что актуальной задачей из сказанного выше является разработка и внедрение в практику биологизированной технологии возделывания и защиты табака, важными элементами которой являются высокопродуктивные и устойчивые сорта, органические удобрения, регуляторы роста природного происхождения, а также эффективные биологические средства и методы контроля за численностью актуальных вредных организмов.

Цель исследования: изучение видовой разнообразия клопов-щитников на растениях табака, а также проведение скрининга биопрепаратов для борьбы с ними.

#### Материалы и методы исследования

Исследования проводили в условиях полевого участка ФГБНУ ВНИИГТИ, распо-

ложенного в центральной части Краснодарского края, площадью 2 га в 2011–2018 гг. на различных сортах табака. Для этой части края характерны слабо выщелоченные (типичные), с небольшим содержанием гумуса сверхмощные черноземы. Метеоусловия проведения научно-исследовательской работы были в целом типичные для региона. Предшественником в 2011–2015 гг. служил озимый рапс, в последующие годы – черный пар. Учет насекомых осуществляли согласно имеющимся методикам [5]. Для предварительного скрининга использовали следующие биосредства: Боверин СК, титр не менее 1 млрд спор/мл (ООО «Биобауэр»), Битоксибациллин СП, БА-1500 ЕА/мл, титр не менее 20 млрд спор/г (ООО ПО «Сиббиофарм»), Фитоверм-М КЭ, 2 г/л (ООО НБЦ «Фармбиомед»), а также малотоксичный препарат Димилин СП, 250 г/кг (Кромптон Регистрейшен Лимитед), в качестве эталона использовали химический препарат БИ-58 Новый КЭ, 400 г/л (БАСФ-СЕ). Лабораторный и полевой скрининг биосредств осуществляли по стандартным методикам испытания препаратов в лабораторных и полевых условиях: в лаборатории – в чашках Петри по 10 личинок в каждой, путем обработки семян маша, являющихся кормом для *Nezara viridula* L. [6]. Опыты проводили в трехкратной повторности. В контроле корм смачивали водой. В условиях полевого стационара исследования осуществляли на участках площадью 0,01 га, расположенных рандомизировано в четырехкратной повторности. Препараты использовали исходя из рекомендуемых норм расхода для родственных видов. Статистическую обработку данных проводили по методике Доспехова [7].

#### Результаты исследования и их обсуждение

На растениях табака на протяжении всего периода наблюдений встречались следующие представители сем. Pentatomadae: клопы – доликорис *Dolycoris baccarum* L., карпокорис *Carpocoris fuscispinus* Boh., пизодорус *Piezodorus lituratus* F., паломена *Palomena prasina* L., незара *Nezara viridula* L. и щитник красноногий *Pentatoma rufipes* L. Фитофаги начинали повреждать растения в поле практически сразу после их укоренения, и все стадии вредителя отмечались в посадках табака до конца вегетации. Обнаруживались клопы на растении очень легко – по повреждению. В местах питания листья теряли тургор, отмечалось их увядание. Повреждённый лист обычно

слабее развивается, а в засушливых условиях и вовсе засыхает (рисунок). Ранее (2011–2015 гг.) наиболее многочисленным являлся вид *Dolycoris baccarum* L., однако в настоящее время среди клопов-щитников численность незары *Nezara viridula* L. и щитника красноногого *Pentatoma rufipes* L., в особенности на участках, прилегающих к лесополосам, является наибольшей, причем самый существенный вред причиняет именно незара зеленая (табл. 1).

Если ягодный клоп и щитник красноногой являются широко распространенными в Краснодарском крае, то *N. viridula* L. регистрируется с начала 2000 гг. Сведения о вредности клопа-незары на разнообразных сельскохозяйственных культурах достаточно многочисленны [8, с. 3–35, 9, с. 162–167], однако красноногой щитник описывается как индифферентный вид, обитающий преимущественно на дубах и других лиственных древесных растениях, и даже характеризуется как хищник по отношению к ряду видов насекомых [10, с. 241–252].



Особенности повреждения табачного растения клопами сем. Pentatomidae

Для этих видов отмечена высокая плодовитость: количество яиц *N. viridula* L. в одной яйцекладке составляет от 75 до 120 штук, причем яйцекладка имеет характерную шестиугольную форму; самка *P. rufipes* L. также может отложить до 100 яиц. Личинки обоих видов развиваются в течение 24–30 суток, имеют пять возрастов, причем для первых двух возрастов у этих щитников проявляется тенденция к коллективной агрегации, что благоприятно для проведения на этом этапе защитных мероприятий. Вредоносными являются как личинки, так и имаго клопов.

Развивается зеленый овощной клоп в трех генерациях за вегетационный сезон,

а щитник красноногой – в двух генерациях, причем из мест зимовки оба вида выходят в условиях центральной зоны Краснодарского края в начале апреля, перезимовавшие генерации начинают питаться на рано зацветающей древесно-кустарниковой растительности. Интересным является факт, что *P. rufipes* L. зимует на стадии личинки или под корой деревьев, или в лесной подстилке под укрытиями, а *N. viridula* L. переживает неблагоприятный период на стадии имаго в жилых зданиях и заброшенных строениях, причем зимующая стадия отличается от свободно питающейся даже по фенотипу – по ярко-коричневой окраске [11, с. 273–277]. Половой индекс (соотношение самцов и самок) примерно одинаков у обоих видов: 1:1,5.

Росту численности отдельных видов клопов-щитников во многом способствует отсутствие аборигенных видов энтомофагов. Например, если яйцекладки таких видов, как *D. baccarum* L. и *D. fuscispinu* Boh., заражены яйцедами теленоминами *Telenomus chloropus* Thoms. и *Trissolcus grandis* Thoms. на 50–80% (которые являются основными яйцепаразитами клопа вредная черепашка *Eurygaster integriceps* Put.), то количество паразитированных яйцекладок *N. viridula* L. энтомофагом *Trissolcus* sp. не превышало 1%, а у *P. rufipes* L. зараженных теленомусами яйцекладок нами не обнаружено.

Современный подход к борьбе с клопами-щитниками должен базироваться на экологических принципах и подходах, позволяющих на начальных этапах максимально снизить численность вредителя и уменьшить пестицидную нагрузку на ценоз, чтобы затем постепенно перейти к системам интегрированной защиты и далее – к органическому земледелию.

Значительную роль в системах экологического земледелия играет агротехнический метод. Среди агротехнических приемов, позволяющих снизить вредоносность клопов, рассматривалось использование приманочных посевов рапса, горчицы и других представителей семейства крестоцветных, которые заселяются клопом раньше основной культуры и на которых могут применяться пестициды [12, с. 205–215, 13, с. 350–355]. Не рекомендуется высаживать растения табака рядом с пасленовыми культурами, такими как томаты или баклажаны, а также использовать их в качестве предшественников, поскольку и *N. viridula* L., и *Pentatoma rufipes* L. в большинстве случаев предпочитают в качестве кормовых растений именно пасленовые растения.



**Таблица 1**

Численность клопов сем. *Pentatomidae* на растениях табака (ВНИИТТИ, 2011–2018 гг.)

Вид клопа	Численность, экз/м <sup>2</sup>			
	2011–2015 гг.		2016–2018 гг.	
	имаго	личинки	имаго	личинки
<i>Carpocoris fuscispinu</i> Boh.	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Dolycoris baccarum</i> L.	0,5	0,8	0,1	0,1
<i>Nezara viridula</i> L.	0,1	0,4	0,8	1,2
<i>Palomena prasina</i> L.	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Pentatoma rufipes</i> L.	0,1	0,1	0,5	0,8
<i>Piezodorus lituratus</i> F.	0,1	0,1	0,1	0,1
НСР <sub>0,95</sub>	0,08	0,09	0,1	0,1

**Таблица 2**

Лабораторная эффективность препаратов против зеленого овощного клопа *N. viridula* L. (ВНИИТТИ, ВНИИБЗР, 2015–2016 гг.)

Препарат	Гибель насекомых по дням учета, %			Биологическая эффективность, %
	через 3 сут.	через 7 сут.	через 10 сут.	
Боверин – 1,7%	32,0	39,0	64,1	63,1
Битоксибациллин – 1,7%	39,0	64,0	80,0	79,0
Фитоверм-М – 0,3%	75,0	85,0	92,1	91,1
Димилин – 0,1%	44,0	80,0	86,0	85,0
Би-58 Новый – 0,1%	90,0	95,0	95,0	94,0
Контроль (без обработки)	–	1,0	5,0	–
НСР <sub>0,95</sub>	5,4	6,2	6,6	5,8

Однако агротехнические приемы, согласно нашим данным и результатам зарубежных источников, не обеспечивают полной защиты табака от щитников [13, с. 350–355]. Исходя из этого, были испытаны биопрепараты различной природы – Боверин СК на основе гриба *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vull., битоксибациллин СП на основе бактерии *Bacillus thuringiensis* Berliner и Фитоверм-М, созданный на основе аверсектина С, являющегося метаболитом почвенных грибов рода *Streptomyces*, а также малотоксичный химический препарат Димилин (по характеру своего действия являющийся ингибитором синтеза хитина). Эти препараты зарегистрированы против широкого круга вредителей, но не зарегистрированы на табаке против *N. viridula* L. Зеленый овощной клоп был выбран нами в качестве основного объекта для скрининга биосредств как наиболее многочисленный и вредоносный. Первоначально препараты были испытаны в лабораторных условиях против его личинок III–IV возрастов, где из биосредств в лучшей степени рекомендовал себя Фитоверм-М (2 г/л) КЭ в концентрации 0,3%, что достоверно не отличалось от эталонного препарата Би-58 Новый (табл. 2). Характер его действия проявился уже на третьей сутки, и препарат обеспечил гибель 91,1% личинок незары.

Полученные данные позволили использовать биоинсектицид Фитоверм-М в условиях полевого мелкоделяночного опыта против только что отродившихся личинок незары зеленой I возраста и, частично, против имаго (поскольку отрождение личинок у щитника в условиях полевого стационара происходит неравномерно, обработку проводили при 80% отродившихся яйцекладок) первой генерации на растениях табака, при численности выше экономического порога вредоносности (ЭПВ), который для данного вида щитников на сегодняшний день четко не установлен, однако для близких видов на овощных пасленовых культурах составляет 3–5 экз/м<sup>2</sup>. Обработку проводили однократно, в вечернее (после 19 часов) время, в качестве эталона использовали препарат Би-58 Новый, в контроле растения обрабатывали водой. Как показали результаты полевого скрининга, применение инсектицида Фитоверм-М, КЭ привело к снижению численности личинок клопа на 88,5%, что достоверно не отличалось от эффективности в эталонном варианте с обработкой препаратом Би-58 Новый – 90,0% (табл. 3). Причем необходимо отметить, что последствие Фитоверма выражалось в том, что у выживших самок *N. viridula* L. отсутствовала яйцекладка.

Таблица 3

Биологическая эффективность инсектицида Фитоверма-М, КЭ (0,2 г/л) ООО НБЦ «Фармбиомед» против клопа *Nezara viridula* L. на табаке (ВНИИТТИ, 2017–2018 гг.)

Препарат	Гибель личинок по дням учета, %			Биологическая эффективность, %	Гибель имаго по дням учета, %		Биологическая эффективность, %
	7 сут	14 сут	21 сут		7 сут	14 сут	
Фитоверм М, 0,5 кг/га	92,2	1,1	2,2	88,5	80,4	3,0	77,4
Би-58 Новый, 1,2 л/га (эталон)	97,0	1,0	0	90,0	85,0	3,0	81,0
Контроль (без обработки)	1,0	5,0	1,0	–	4,0	3,0	–
НСР <sub>0,95</sub>	6,4	0,8	0,7	4,4	4,5	1,5	3,7

Использование препарата Фитоверм-М на молодых растениях способствовало снижению поврежденности листовой поверхности табака и препятствовало дальнейшему распространению вредителя, и численность последующих поколений *N. viridula* L. была на протяжении всего вегетационного сезона ниже ЭПВ.

### Заключение

Представители семейства пентатомиды (Pentatomidae) широко распространены на растениях табака, причем наибольшую угрозу представляет зеленый овощной клоп *N. viridula* L. Остальные виды, такие как *P. rufipes* L. и *D. baccarum* L., встречаются спорадически и особой угрозы для растений не представляют. Широкая экспансия вида *N. viridula* L. стала возможной благодаря практически полному отсутствию аборигенных энтомофагов, которые регулируют численность остальных щитников.

Для борьбы с зеленым овощным клопом возможно использование биопрепарата Фитоверм М. Эффективность его применения достоверно не отличалась от эффективности химического средства Би-58 Новый и составляла 89% против личинок, 77% против имаго.

Исследования ФГБУ ВНИИБЗР выполнены согласно заданию № 075-00376-19-00 Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № 0686-2019-0010, исследования ФГБНУ ВНИИТТИ выполнены согласно заданию № 075-00379-19-00 Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № 0687-2019-0008.

### Список литературы / References

1. Бучинский А.Ф., Володарский Н.И., Асмаев П.Г. и др. Табаководство. М.: Колос, 1979. 320 с.
2. Plotnikova T.V. Alternative methods of using tobacco and tobacco production waste // Questions, hypotheses, answers: science of the XXI century. Krasnodar, 2017. P. 117–136.
3. Plotnikova T.V., Soboleva L.M., Rozincev K.E. Specification of biological objects harmful to tobacco // European Science and Technology: mater. of the VIII international research and practice conference (с. Munich, 16-17 oktober, 2014 у.). Munich, Germany, 2014. P. 33–39.

ence and Technology: mater. of the VIII international research and practice conference (с. Munich, 16-17 oktober, 2014 у.). Munich, Germany, 2014. P. 33–39.

4. Филипчук О.Д., Клейменова А.А., Шураева Г.П. Экологические приемы защиты табака и табачного сырья от возбудителей заболеваний // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: матер. науч.-практ. конф. (г. Краснодар, 23–25 сентября, 2008 г.). Краснодар, 2008. Вып. 5. С. 543–545.

Filipchuk O.D., Kleimenova A.A., Shuraeva G.P. Eco-friendly methods of protecting tobacco and tobacco raw materials from pathogens // Biological plant protection as a basis for stabilizing agroecosystems: proceedings of the international conference (Krasnodar, 23–25 September, 2008). Krasnodar, 2008. P. 543–545 (in Russian).

5. Филипчук О.Д. Методика проведения полевых опытов по защите табака от вредных организмов / ВНИИТТИ НПО «Табак». Краснодар, 1994. 77 с. Деп. в ВНИИТТИагропром РАСХН, №122 ВС-2000 (in Russian).

Filipchuk O.D. Methods of conducting field experiments on the protection of tobacco from harmful organisms / VNIITTI NPO Tabak. Krasnodar, 1994. 77 p. Dep. in VNIITTIaгропром RAAS, №122 ВС-2000 (in Russian).

6. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве / Под ред. В.И. Долженко и др. СПб., 2010. 363 с.

Guidelines for registration testing of insecticides, acaricides, molluscicides and rodenticides in agriculture / under ed. V.I. Dolzhenko and others. SPb., 2010. 363 p. (in Russian).

7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 2012. 352 с.

Dospikhov B.A. Technique of field experiment (with bases of statistical processing of results of researches). M., 2012. 352 p. (in Russian).

8. Мусолин Д.Л., Саулич А.Х. Реакции насекомых на современное изменение климата: от физиологии и поведения до смещения ареалов // Энтомологическое обозрение. 2012. Т. 91 (1). С. 3–35.

Musolin D.L., Saulich A.Kh. Insect reactions to current climate change: from physiology and behavior to the displacement of areas // Entomological Review. 2012. V. 91 (1). P. 3–35 (in Russian).

9. Пушня М.В., Исмаилов В.Я., Снесарева Е.Г. Влияние изменения климата на распространение адвентивных видов клопов-пентатомид (*Heteroptera, Pentatomidae*) в Краснодарском крае // Успехи современной науки. 2017. № 10 (1). С. 162–167.

Pushnya V.V., Ismailov V.Ya., Snesareva E.G. The Impact of Climate Change on the Distribution of adventives Bedbugs (*Heteroptera, Pentatomidae*) in the Krasnodar Territory // Advances in Modern Science. 2017. № 10 (1). P. 162–167. (in Russian).

10. Gossner M. Light intensity affects spatial distribution of Heteroptera in deciduous forests. Eur. J. Entomol. 2009. V. 106. P. 241–252. DOI: 10.14411/eje.2009.032.

11. Кухарук Е.В. Фауна клопов-щитников (*Heteroptera: Pentatomidae*) Центрального Предкавказья // Кавказский энтомологический бюллетень. 2008. № 4 (3). С. 273–277.

Kukharuk E.V. The fauna of the bedbugs (*Heteroptera: Pentatomidae*) of the Central Ciscaucasia // Caucasian Entomological Bulletin. 2008. № 4 (3). P. 273–277 (in Russian).

12. Squitier J.M. Southern green bugs. Applied Entomology and Zoology. 2007. V. 42. № 2. P. 205–215.

13. Tood J.W. Ecology and behavior of *Nezara viridula* L. Applied Entomology and Zoology. 2008. V. 43. № 2. P. 350–355. DOI: 10.1146/annurev.en.34.010189.001421.

УДК 630\*182.21(571.53)

## ДИНАМИКА РОСТА СМЕШАННЫХ СОСНОВО-ЛИСТВЕННИЧНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПРИАНГАРЬЯ

Рунова Е.М., Серков Д.В., Гарус И.А.

ФБГОУ ВО «Братский государственный университет», Братск, e-mail: runova0710@mail.ru

В статье изложены результаты исследований состояния смешанных сосново-лиственничных древостоев на примере лесов Иркутской области. В основном леса Иркутской области имеют пирогенное происхождение и сформированы из светолюбивых хвойных пород сосны обыкновенной и лиственницы сибирской. Наиболее часто эти древесные породы произрастают в одних насаждениях, дополняя насаждения своими биологическими и экологическими особенностями. Основной задачей исследования являлось изучение основных таксационных показателей сосново-лиственничных насаждений в условиях Приангарья по возрастным группам с примесью лиственницы от 1 до 10% по запасу. Пробные площади были заложены в Братском и Нижнеилимском районах Иркутской области в наиболее распространенных типах леса: бруснично-разнотравном, бруснично-разнотравном, зеленомошном и ольховниковом. Исследования проводились на постоянных и временных пробных площадях по общепринятым в лесоводстве и лесной таксации методикам. По итогам исследования представлены таксационные характеристики сосново-лиственничных насаждений. Как выяснилось, наиболее производительные условия для сосны и лиственницы выявлены для бруснично-разнотравного типа леса. В результате исследования выявлены основные закономерности изменения таксационных показателей древостоев в данных типах лесов. Установлено, что динамика изменения таксационных показателей, таких как средний диаметр, средняя высота, запас, класс бонитета, по возрастным показателям изменяются довольно синхронно. Даже с небольшим процентом участия лиственницы древостои формируются более продуктивные, чем чистые сосновые насаждения. Поэтому желательно сохранение смешанных сосново-лиственничных насаждений с целью повышения биологического разнообразия, улучшения таксационных показателей. Для увеличения продуктивности сосново-лиственничных насаждений разработаны рекомендации по созданию искусственных насаждений в условиях Иркутской области Приангарья.

**Ключевые слова:** смешанные сосново-лиственничные насаждения, таксационные показатели, тип леса, динамика по возрастным группам и классам возраста

## DYNAMICS OF GROWTH OF MIXED PINE-LARCH PLANTS UNDER ANGARA REGION CONDITIONS

Runova E.M., Serkov D.V., Garus I.A.

Bratsk State University, Bratsk, e-mail: runova0710@mail.ru

The article presents the studies' results of the state of mixed pine-larch stands using as the example the forests of the Irkutsk region. In general, the forests of the Irkutsk region have pyrogenic origin and are formed from the light-loving coniferous species of Scots pine and Siberian larch. Most often, these trees grow in the same plantations, complementing the plantations with their biological and ecological features. The main objective of the study were the main taxation indicators of pine-larch stands under Angara region condition by age groups with larch impurity ranging from 1 to 10% of the reserve. Trial areas were laid in the Bratsk and Nizhneilimsky districts of the Irkutsk region in the most common types of forest: mixed grass, cowberry grass, green moss and alder. The studies were conducted on permanent and temporary test plots according to generally accepted methods in forestry and forest inventory. According to the results of the study, taxation characteristics of pine-larch stands are presented. As it turned out, the most productive conditions for pine and larch were found for a bar-forest grass type. As a result of the study, the main regularities of changes in the valuation indicators of forest stands in these types of forests were identified. It has been established that the dynamics of changes in taxation indicators, such as average diameter, average height, stock, class of bonitas by age indicators, change quite synchronously. Even with a small percentage of larch participation, tree stands are more productive than pure pine stands. Therefore, it is desirable to preserve mixed pine-larchwood plantations in order to increase biodiversity and improve taxation indicators. To increase the productivity of pine-leafy plantations, recommendations have been developed for the creation of artificial plantations under conditions of the Irkutsk region and Angara region.

**Keywords:** mixed pine-larch stands, taxation indicators, forest type, dynamics by age groups and age classes

Выращивание смешанных древостоев способствует повышению продуктивности лесных площадей, устойчивости лесопользования и лесовосстановления [1–3]. В Иркутской области большинство хвойных древостоев имеет пирогенное происхождение, преобладают светлохвойные насаждения с примесью березы и осины. Широко распространены смешанные сосново-лиственничные древостои с участием лиственницы до 4–6 единиц состава [3–5]. В последнее

время в связи с интенсивной заготовкой площади и запасы лиственницы сокращаются, процессы естественного возобновления лиственницы происходят неудовлетворительно [6, 7]. Задачей исследования являлось изучение основных таксационных показателей сосново-лиственничных насаждений в условиях Иркутской области по возрастным группам. Научная новизна состоит в исследовании роста и основных таксационных показателей смешанных со-

сново-лиственничных насаждений примесью от 1 до 10% лиственницы по запасу. Практическая значимость работы состоит в обосновании необходимости сохранения смешанных насаждений сосны и лиственницы в Иркутской области как основного типа лесных формаций в данном регионе.

#### Материалы и методы исследования

Для оценки насаждений по типологическим и таксационным характеристикам рассматривалась сопоставимость лесных сообществ по местоположению, живому напочвенному покрову, степени увлажнения почвы, возрастным группам.

Подбор и закладка объектов исследования выполнены по общепринятым и подробно описанным в литературе методикам [2]. При сборе полевого материала на постоянных и пробных временных площадях описание растительности на них производилось по элементам леса. Особое внимание уделялось древостою, как основному компоненту лесных экосистем. Программа исследований заключается в сравнительной оценке роста и развития различных возрастных групп смешанных насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ldb.) на примере насаждений Иркутской области.

Были подобраны постоянные и временные пробные площади, на которых находилось не менее 200–250 деревьев сосны и лиственницы, это обеспечило определение среднего диаметра и других таксационных показателей с точностью до  $\pm 2-3\%$ . Статистическая обработка таксационных показателей проводилась по общепринятым методикам с определением среднего квадратичного отклонения [8]. Кроме этого, обработаны таксационные описания Братского и Нижнеилимского лесничеств с целью сопоставления роста и развития сосново-лиственничных насаждений по классам возраста с составом в насаждении лиственницы две и более единицы. Состав насаждений на пробных площадях составлял 9С1Л, поэтому в таблицах приведены таксационные показатели сосны, обмеры которой статистически достоверны. Малое количество деревьев лиственницы не позволило получить достоверные статистические результаты при определении средних таксационных показателей. Временные пробные площади закладывали для однократного обмера, чтобы в данное время определить все таксационные показатели насаждения: состав, среднюю высоту, полноту, возраст, запас,

прирост и другие показатели по основным типам леса, преобладающим в Иркутской области. Полученные данные на временных пробных площадях были использованы для характеристики целого участка и служили образцами, с которыми сравнивали показатели других насаждений. Кроме этого, обработаны таксационные описания Братского и Нижнеилимского лесничеств с целью сопоставления роста и развития сосново-лиственничных насаждений по классам возраста с составом в насаждении лиственницы две и более единицы.

#### Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенных исследований и обработки материалов пробных площадей получены таксационные характеристики постоянных и временных пробных площадей. В каждом типе леса закладывалось по 5 пробных площадей в каждой возрастной группе. Обобщенные материалы пробных площадей по разнотравному типу леса представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, таксационные показатели сосны обыкновенной по возрастным группам существенно отличаются, что является вполне закономерным явлением и следствием прироста древостоев. Средняя высота по возрастным группам разнотравного типа леса увеличивается от 5,25 м в молодняках и достигает максимальной высоты до 23,62 м в перестойных насаждениях. Как видно из табл. 1, средний диаметр в перестойных насаждениях достигает от 6,20 в молодняках до 34,69 см, с возрастом происходит увеличение среднего запаса от 8,16 м<sup>3</sup> в молодняках до 192,96 м<sup>3</sup> на 1 га в разнотравных типах леса и до 221,34 м<sup>3</sup> в бруснично-разнотравных типах леса. Данный запас не отличается большими значениями и характерен для III–IV класса бонитета, хотя разнотравный тип леса отличается достаточно хорошим плодородием почв. Динамика средней высоты по возрастным группам бруснично-разнотравного типа леса, при увеличении возраста, увеличивается и достигает максимальной высоты до 23,34 м. Средний диаметр по возрастным группам бруснично-разнотравного типа леса достигает максимального диаметра 34,38 см. С возрастом увеличивается процентное содержание лиственницы в общем запасе.

В табл. 2 приведены обобщенные результаты таксационных показателей по группам возраста в зеленомошном типе леса.

**Таблица 1**

Средние таксационные показатели сосновых насаждений разнотравного и бруснично-разнотравного типов леса по группам возраста

Возрастные группы	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Средний запас, м <sup>3</sup>	Класс бонитета	% лиственницы в запасе
молодняки	$5,25 \pm 0,16^*$	$6,20 \pm 0,24$	$8,16 \pm 0,40$	III,1	$2,15 \pm 0,09$
	$5,10 \pm 0,15$	$6,25 \pm 0,18$	$18,22 \pm 0,86$	III,3	$4,75 \pm 0,37$
средневозрастные	$17,60 \pm 0,87$	$19,05 \pm 0,76$	$70,83 \pm 2,28$	II,3	$3,25 \pm 0,15$
	$16,91 \pm 0,51$	$19,86 \pm 0,57$	$116,03 \pm 2,28$	II,8	$5,45 \pm 0,24$
приспевающие	$21,42 \pm 1,20$	$25,22 \pm 1,53$	$132,7 \pm 6,61$	III,2	$4,64 \pm 0,31$
	$20,90 \pm 1,04$	$23,42 \pm 1,38$	$158,17 \pm 9,41$	III,0	$6,11 \pm 0,31$
спелые	$21,92 \pm 1,09$	$28,54 \pm 1,08$	$138,45 \pm 6,92$	III,5	$5,57 \pm 0,23$
	$21,96 \pm 0,78$	$25,04 \pm 1,39$	$159,85 \pm 7,94$	III,7	$6,35 \pm 0,31$
перестойные	$23,62 \pm 0,95$	$34,69 \pm 1,71$	$192,96 \pm 5,78$	III,0	$7,54 \pm 3,76$
	$23,34 \pm 0,94$	$34,38 \pm 1,05$	$221,34 \pm 4,42$	III,0	$7,89 \pm 0,39$

Примечание. \*В числителе – значения таксационных показателей разнотравного типа леса, в знаменателе – бруснично-разнотравного типа леса.

**Таблица 2**

Динамика таксационных показателей сосновых насаждений зеленомошного и ольховникового типов леса по группам возраста

Возрастные группы	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Средний запас, м <sup>3</sup>	Класс бонитета	% лиственницы в запасе
молодняки	$5,25 \pm 0,23$	$6,09 \pm 0,24$	$12,09 \pm 0,16$	III,1	$0,65 \pm 0,02$
	$5,35 \pm 0,17$	$6,31 \pm 0,32$	$4,62 \pm 0,42$	III,2	$3,05 \pm 0,15$
средневозрастные	$17,85 \pm 0,55$	$18,65 \pm 0,79$	$73,15 \pm 1,47$	II,3	$0,87 \pm 0,01$
	$17,95 \pm 0,71$	$19,34 \pm 0,38$	$68,45 \pm 3,42$	II,5	$3,97 \pm 0,13$
приспевающие	$21,51 \pm 1,44$	$21,20 \pm 1,27$	$145,41 \pm 10,41$	III,0	$0,94 \pm 0,01$
	$21,12 \pm 1,26$	$22,82 \pm 1,33$	$96,79 \pm 4,81$	III,0	$4,69 \pm 0,21$
спелые	$22,65 \pm 0,67$	$23,94 \pm 0,47$	$154,75 \pm 6,19$	III,0	$1,09 \pm 0,05$
	$22,30 \pm 0,66$	$25,48 \pm 0,81$	$138,85 \pm 5,93$	III,1	$6,79 \pm 0,31$
перестойные	$23,96 \pm 0,92$	$31,98 \pm 1,49$	$212,88 \pm 14,02$	III,0	$1,59 \pm 0,09$
	$23,57 \pm 0,71$	$33,05 \pm 1,65$	$199,63 \pm 5,99$	III,0	$7,84 \pm 0,46$

Примечание. \*В числителе – значения таксационных показателей зеленомошного типа леса, в знаменателе – ольховникового типа леса.

Как видно из табл. 2, динамика таксационных показателей зеленомошного типа леса схожа с динамикой показателей разнотравного типа леса. Динамика среднего диаметра по возрастным группам зеленомошного типа леса свидетельствует, что диаметр увеличивается от 6,09 см в молодняках и достигает максимального значения 33,05 см в перестойных насаждениях. Средняя высота по возрастным группам зеленомошного типа леса увеличивается с 5,25 м и достигает максимальной высоты 23,96 м. Как видно из табл. 2, средний запас увеличивается с 12,09 м<sup>3</sup> в молодняках до 212,88 м<sup>3</sup> на 1 га. Данная картина характерна для произрастания древостоев по III классу бонитета. Доля лиственницы в общем составе от молодняков до перестойных насаждений

несколько увеличивается, но не превышает 2%.

Средний диаметр по группам возраста ольховникового типа леса достигает максимального диаметра 33,05 см и более в перестойных насаждениях. Средняя высота по группам возраста ольховникового типа леса увеличивается с 5,35 м и достигает максимальной высоты до 23,96 м в перестойных насаждениях. Как видно из представленных материалов, таксационные показатели сосны по основным типам леса практически не отличаются по продуктивности.

На рис. 1–4 приведены графики, показывающие изменение среднего диаметра, средней высоты, среднего запаса сосны среднего запаса в кубических метрах на гектаре по возрастным группам, а также долю лиственницы в среднем запасе насаждений.

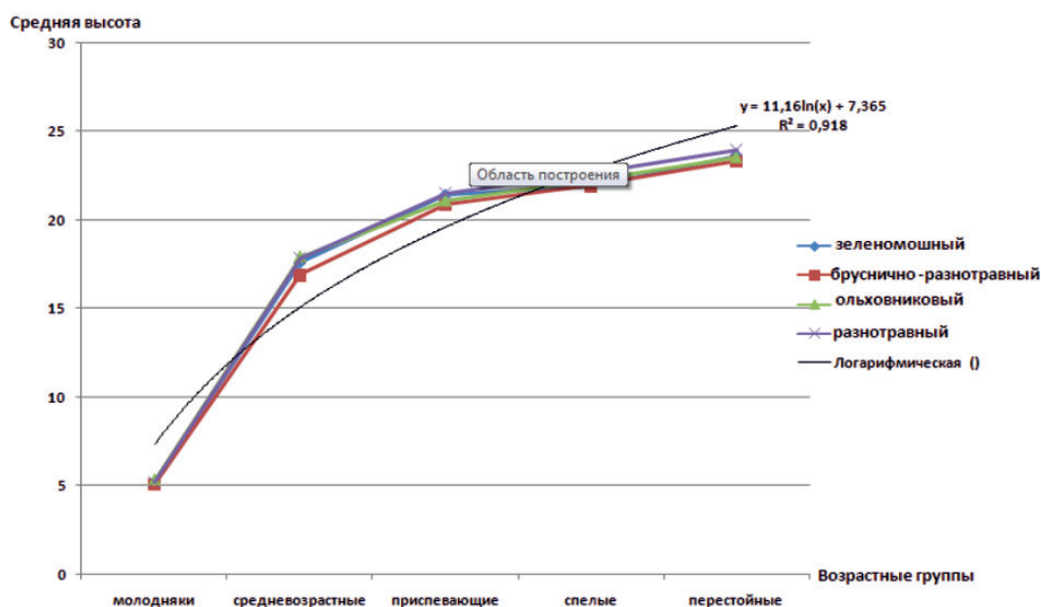


Рис. 1. Динамика изменения средней высоты сосны по группам возраста в исследуемых типах леса

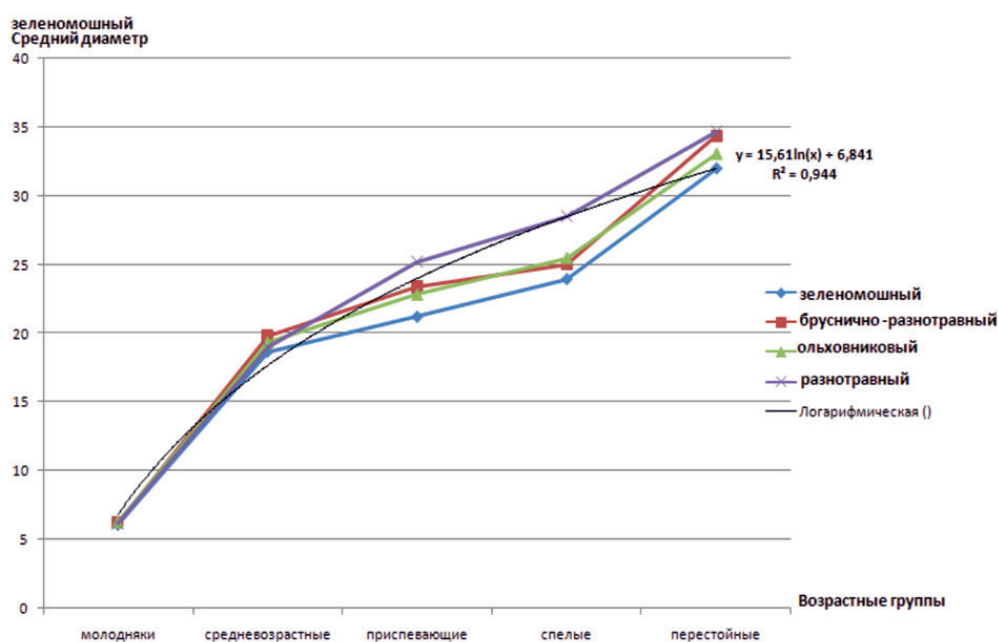


Рис. 2. Динамика изменения среднего диаметра сосны по группам возраста в исследуемых типах леса

Как видно из рис. 1–3, во всех типах леса динамика изменения средней высоты практически одинакова. Изменение среднего диаметра также сопоставимо для исследуемых типов леса.

На основании данных, приведенных в рис. 1–2, насаждения по высоте исчерпали ресурс роста, высота практически не по-

вышается, а по диаметру древостои продолжают произрастать и в перестойной группе возраста, что свидетельствует о начальной стадии распада древостоев сосны.

Изменение запаса происходит по возрастным группам различно. Общей закономерностью можно считать значительное увеличение запаса в группе средневозрастных

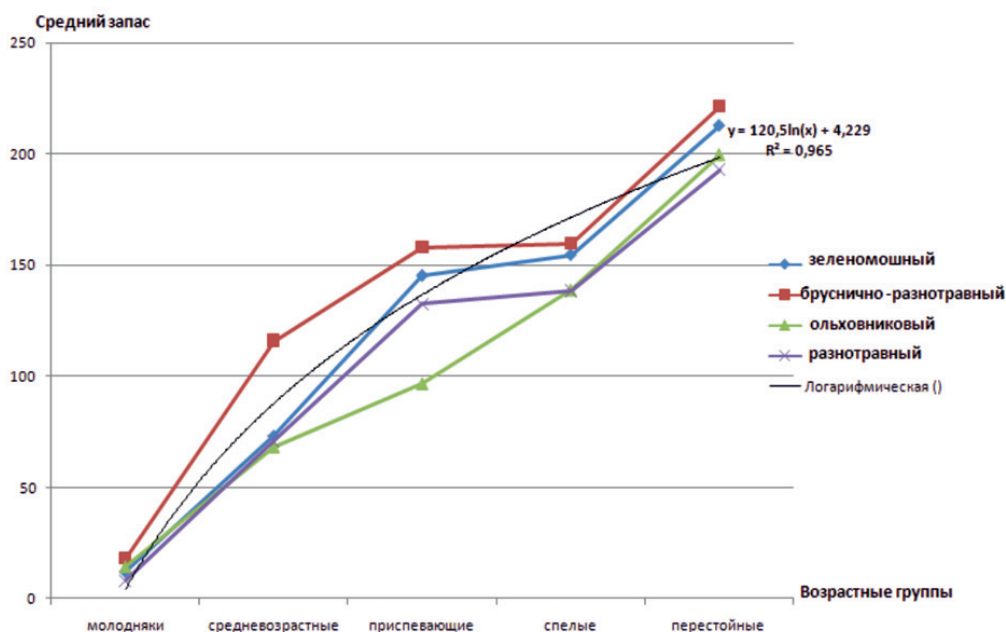


Рис. 3. Динамика изменения среднего запаса сосны по группам возраста в исследуемых типах леса

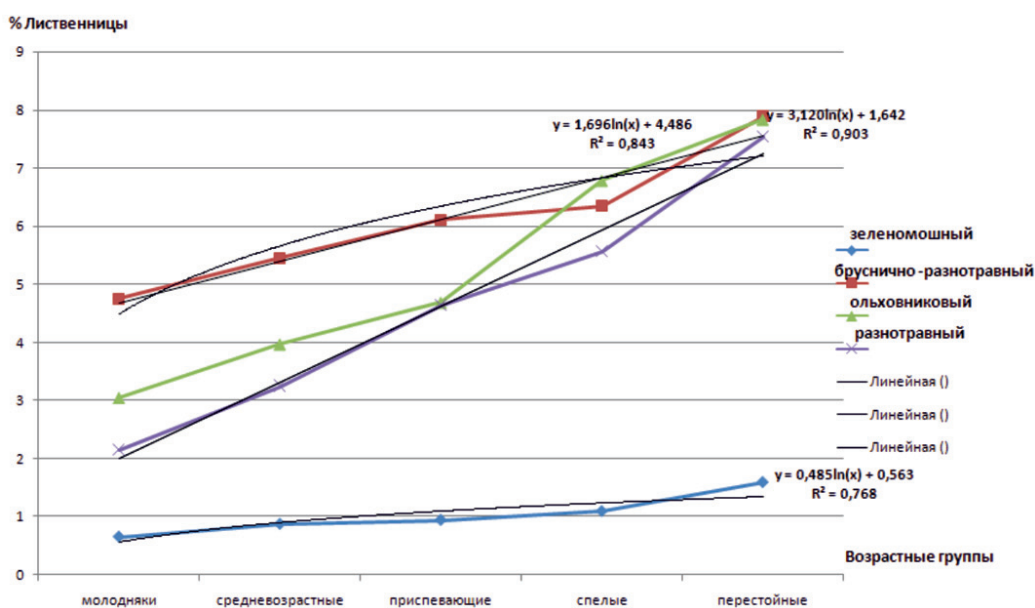


Рис. 4. Динамика изменения процента лиственницы по группам возраста в исследуемых типах леса

насаждений. Это вполне объяснимо, так как молодняки находятся в фазе активного роста по диаметру и высоте. Это в итоге приводит к увеличению запасов средневозрастных насаждений на запас на 1 га в несколько раз, что подтверждается данными справочных таблиц и таблиц хода роста достигает для средневозрастных насаждений 70,83–116,03 м³ на 1 га.

Интересна динамика процентного состава лиственницы в насаждениях. На пробных площадях процент лиственницы не превышает 8% в бруснично-разнотравном и ольховниковых типах леса. С возрастом процент лиственницы возрастает. Исключением является зеленомошный тип леса: в нем процент лиственницы не превышает 1,5%. Ре-

зультаты анализа таксационных описаний позволили обработать большое количество таксационных выделов и определить закономерности таксационных показателей сосны и лиственницы по классам возраста по тем же типам леса. Лиственница имеет достаточно близкие показатели среднего запаса по возрастным группам, но наибольший запас отмечен в зеленомошном типе леса.

### Заключение

По результатам исследования приводится динамика таксационных показателей сосны и лиственницы. Динамика таксационных показателей элементов леса описывает динамику сообществ. Существенное возрастание средней высоты сосны и лиственницы в смешанных светлохвойных насаждениях происходит после достижения 100–120-летнего возраста. Рост этих пород в толщину продолжается до глубокой старости, а в высоту – до 160–180 лет.

Экспериментальные данные свидетельствуют, что основные таксационные показатели смешанных сосново-лиственничных насаждений взаимосвязаны между собой.

1. Динамика роста сосновых насаждений с примесью лиственницы сибирской по разнотравному, бруснично-разнотравному, зеленомошному и ольховниковому типам леса сопоставима по основным таксационным показателям (средний диаметр, средняя высота, средний запас).

2. На пробных площадях процент лиственницы не превышает 8% в бруснично-разнотравном и ольховниковом типах леса. С возрастом процент лиственницы возрастает. Исключение составляет зеленомошный тип леса, где процент лиственницы не превышает 1,5%. В этом типе леса сосна является преобладающей породой.

3. Более производительные условия для сосны и лиственницы обеспечивает бруснично-разнотравный тип. При достижении перестойного возраста запас смешанных сосново-лиственничных насаждений в среднем составляет от 221,34 м<sup>3</sup>/га более.

4. Также можно сделать выводы о целесообразности сохранения естественных сосново-лиственничных древостоев и рекомендации создания сосново-лиственничных культур для увеличения продуктивности и устойчивости искусственных насаждений в условиях Приангарья.

### Список литературы / References

1. Ващук Л.Н., Швиденко А.З. Динамика лесных пространств Иркутской области. Иркутск, 2006. 392 с.

Vashchuk L.N., Shvidenko A.Z. Dynamics of forest spaces of the Irkutsk region. Irkutsk, 2006. 392 p. (in Russian)

2. ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесостроительные. Методы закладки. М.: Изд-во стандартов, 1984. 60 с.

3. Pretzsch H., Schütze G. Effect of Tree Species Mixing on the Size Structure, Density, and Yield of Forest Stands. *European Journal of Forest Research*. January 2016. Vol. 135, iss. 1. P. 1–22. DOI: 10.1007/s10342-015-0913-z.

4. Данилов Д.А., Беляева Н.В., Грязькин А.В. Особенности формирования запаса и товарной структуры модальных хвойных древостоев сосны и ели к возрасту спелого насаждения // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. 2018. № 2. С. 40–48. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.40.

Danilov D.A., Belyaeva N.V., Gryaz'kin A.V. Features of Yield and Commodity Composition of Pine and Spruce Modal Coniferous Stands for the Age of Mature Stands // *Forestry Journal*. 2018. № 2. P. 40–48 (in Russian).

5. Кутявин И.Н., Бобкова К.С. Биологическая продуктивность сосновых фитоценозов северного Приуралья (Республика Коми) // *Лесоведение*. 2017. № 1. С. 3–16.

Kutyavin I.N., Bobkova K.S. Bioproductivity of Pine Phytocenoses in the Northern Cisural Region (The Republic of Komi) // *Russian Journal of Forest Science*. 2017. № 1. P. 3–16 (in Russian).

6. Рунова Е.М., Серков Д.В. Лесоводственно-таксационная оценка сосново-лиственничных древостоев Иркутской области // *Актуальные проблемы лесного комплекса*. 2014. № 39. С. 33–35.

Runova E.M., Serkov D.V. Forestry and Taxation Assessment Pine-Larch Stands in Irkutsk Region // *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*. 2014. № 39. P. 33–35 (in Russian).

7. Ключников М.В., Парамонов Е.Г. Лесоводственная характеристика лиственничных лесов на юге Западной Сибири // *Хвойные бореальной зоны*. 2008. Т. XXV. № 1–2. С. 51–58.

Klyuchnikov M.V., Paramonov E.G. Lesovodstvenny characteristic the listvennichnykh of the woods in the south of Western Siberia // *Conifers of the boreal zone*. 2008. V. XXV. № 1–2. P. 51–58 (in Russian).

8. Багинский В.Ф., Лапичкая О.В. Биометрия в лесном хозяйстве: учебник. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2017. 276 с.

Baginskij V.F., Lapickaya O.V. Biometrics in forestry. Textbook. Gomel': GGU im. F. Skoriny, 2017. 276 p. (in Russian).



УДК 551.326.85

## КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ О ПРОСТРАНСТВЕННОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЛЬДА НА ОЗЕРАХ

**Баклагин В.Н.**

*Институт водных проблем Севера – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»,  
Петрозаводск, e-mail: slava.baklagin@mail.ru*

Процессы образования и разрушения льда на озерах – это неотъемлемая часть гидрологического цикла многих озер. Условия протекания ледового режима на озерах оказывают сильное влияние на экологическую систему озер и являются индикатором изменения климатических факторов. В работе выполнен расчет и анализ ошибок при определении пространственного распределения льда (пространственное разрешение 4–6 км) на Онежском озере, Ладожском озере, Сегозере и Выгозере за период 2006–2018 гг. по наборам спутниковых данных Национального центра данных по снегу и льду NSDIC, а также Центра спутниковых приложений и исследований NOAA NESDIS относительно достоверных данных Национальной воздухоплавательной и космической администрации США NASA, спектрорадиометр с умеренным разрешением – датчик MODIS (пространственное разрешение 500 м). Установлено, что меньшее среднее значение ошибок при определении пространственного распределения льда на озерах имеют данные NSDIC (3–10%) по сравнению с данными NOAA NESDIS (11–19%) и представляют больший практический интерес при оценке ледяного покрова озер. Выявлена зависимость среднего значения ошибок, возникающих при определении пространственного распределения льда (по данным NSDIC, NOAA NESDIS), от фактического значения ледовитости (по данным MODIS). Показано, что данные NSDIC позволяют адекватно оценивать сроки фаз ледового режима, однако формирование суточного ряда значений ледовитости во время периода формирования ледовых образований и разрушения ледяного покрова возможно только с большой ошибкой (среднее значение абсолютных отклонений по данным MODIS до 35%).

**Ключевые слова:** NSDIC, NOAA NESDIS, MODIS, пространственное распределение льда, ледовитость, озера

## CRITICAL ANALYSIS OF SATELLITE DATA ON THE SPATIAL DISTRIBUTION OF ICE ON LAKES

**Baklagin V.N.**

*Northern Water Problems Institute of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences,  
Petrozavodsk, e-mail: slava.baklagin@mail.ru*

The process of formation and rotting of ice on lakes is an integral part of the hydrological cycle of many lakes. The conditions of the ice regime significantly influence the ecological system of lakes. The paper includes calculation and analysis of errors in the determination of the spatial ice distribution (spatial resolution of 4-6 km) on Lake Onego, Lake Ladoga, Lake Segozero and Lake Vigozero within the period of 2006-2017 according to NSDIC, NOAA NESDIS data with regard to reliable MODIS data (spatial resolution of 500 m). It was established that within the monitoring period NSDIC data has the minimum mean values of errors in determining the spatial distribution of ice on lakes (3-10%) comparing to NOAA NESDIS data (11-19%) and it is also of more practical interest in estimating the ice coverage of lakes. The dependence of the mean value of errors that occur in determination of the spatial distribution of ice (according to NSDIC, NOAA and NESDIS data) on the actual value of ice coverage (according to MODIS) was revealed. The results shows that the NSDIC data allows estimating adequately the phases of the ice regime; however formation of a daily time series of ice coverage during Freeze-up and Break-up phases is possible only with a significant error (mean value of absolute deviations according to MODIS data is up to 35%).

**Keywords:** NSDIC, NOAA NESDIS, MODIS, spatial distribution of ice, ice coverage, lakes

Формирование ледяного покрова озер зависит от большого количества факторов, как за краткосрочный период (температура воды, температура воздуха, ветер и другие), так и задолго до наступления зимнего периода (тепловой запас озера). Поэтому лед является чувствительным индикатором изменения этих факторов [1, 2].

В связи с этим исследования ежегодно повторяющегося ледового режима озер необходимы для решения важной экологической задачи – установление тенденций глобальных и региональных изменений климата [3].

Помимо этого, формирование и разрушение льда на озерах напрямую оказывает влияние на водную экосистему озер. В частности, ледяной покров на озере уменьшает проникание солнечного света, снижает передачу тепла воды атмосфере, прекращает передачу кинетической энергии ветра воде. Эти факторы формируют экологическую систему озер в зимнее время [2].

Исследования характера протекания ледового режима озер сводится к оценке зависимости ледовитости озер (части акватории занятой льдом) от времени.

В настоящее время для получения сведений о состоянии земной поверхности, в том числе о ледяном покрове озер, широко используются спутниковые данные. Датчики спутников (MODIS, VIIRS, AIRS, MISR и многие другие) ежедневно выполняют многозональную съемку местности в различных диапазонах электромагнитной волны (видимом, инфракрасном, микроволновом) в течение нескольких последних лет (10–25 лет) [4–6].

С высокой точностью можно рассчитать ледовитость озер визуально-экспертной оценкой, исходя из спутниковых снимков датчика MODIS, выполненных в видимом диапазоне (синтезированные RGB-изображения), обладающих высоким пространственным разрешением (до 250 м в открытом доступе <https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data>).

Однако в большинстве случаев выполнить расчет ледовитости озер по спутниковым снимкам видимого диапазона невозможно из-за наличия облачности. Например, за период наблюдений 2006–2018 гг. для оценки состояния ледяного покрова Онежского озера доступно 636 снимков, Ладожского озера – 411 снимков из-за большей площади акватории (чем больше площадь акватории озера, тем меньше вероятность того, что акватория озера полностью свободна от облаков). Поэтому формировать непрерывный ряд значений

ледовитости озер, используя только эти снимки, невозможно.

Однако существуют многосенсорные СВЧ-радиометры, которые могут выполнять многозональную съемку в микроволновом диапазоне (ASMU-A, ATMS, AVHRR, MODIS, VIIRS и другие), что позволяет ежедневно фиксировать сцену вне зависимости от облачности. Результатом автоматического картирования многозональных снимков этих систем являются данные о снежном и ледяном покрове планеты. Эти данные представлены Национальным центром США по снегу и льду NSDIC, а также Центром спутниковых приложений и исследований NOAA NESDIS на ftp-серверах в открытом доступе (<ftp://sidacs.colorado.edu/DATASETS/NOAA/G02156/>, <ftp://ftp.star.nesdis.noaa.gov/pub/smcd/emb/snow/binary/multisensor/global/>). Несмотря на незначительное пространственное разрешение 4–6 км, эти данные пригодны для расчета ледовитости многих озер.

Однако установлено, что в некоторых случаях при автоматической интерпретации спутниковых данных возникают существенные различия при определении пространственного распределения льда на озерах. Все это приводит к ошибкам при расчете ледовитости озер. Например, по данным NSDIC и NOAA NESDIS некоторые участки акватории озер могут быть покрыты льдом (рис. 1, а, б), в то время как в действительности льда на этих участках нет (рис. 1, в).

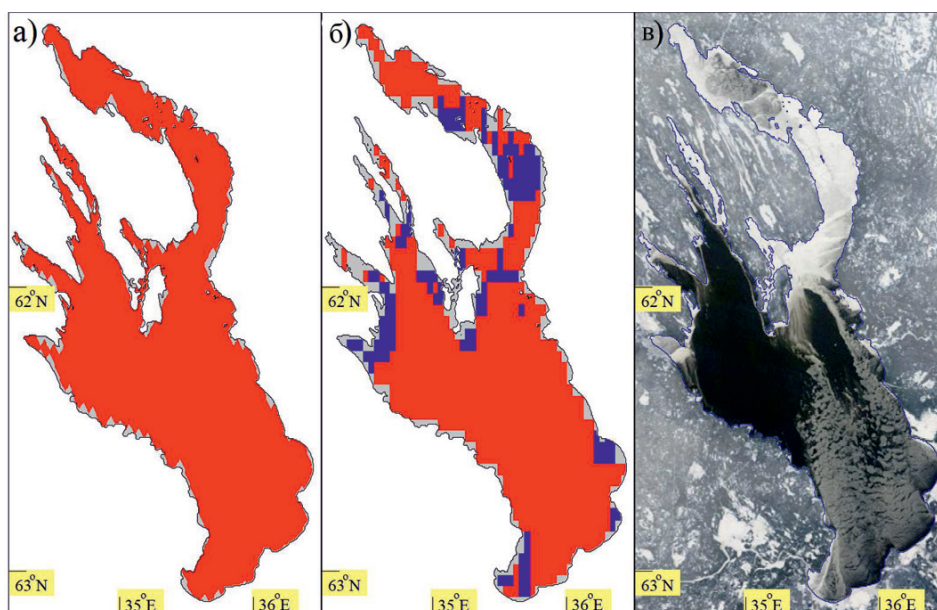


Рис. 1. Визуализация спутниковых данных о состоянии ледяного покрова Онежского озера 25.01.2012: а) по данным NSDIC; б) по данным NOAA NESDIS; в) по данным датчика MODIS. Красным цветом показан лед, синим – вода (а, б)

В связи с этим целью данной работы является проверка адекватности использования данных NSDIC и NOAA NESDIS для определения пространственного распределения льда на озерах, а также для расчета ледовитости озер. Исследование включает следующие этапы:

1. Сбор и анализ спутниковых данных NSDIC, NOAA NESDIS о состоянии ледяного покрова озер за период 2006–2018 гг.

2. Расчет и анализ ошибок спутниковых данных NSDIC, NOAA NESDIS, возникающих при определении пространственного распределения льда на озерах, а также при расчете значений ледовитости озер в моменты времени, на которые доступны достоверные данные.

#### Материалы и методы исследования

Для критического анализа спутниковых данных NSDIC, NOAA NESDIS при определении пространственного распределения льда выбраны озера, располо-

женные в республике Карелия РФ. Поскольку в этом географическом районе одновременно расположены крупнейшие европейские озера – Онежское и Ладожское, а также небольшие (но пригодные для анализа ледяного покрова при пространственном разрешении 4–6 км) – Сегозеро и Выгозеро (рис. 2). Выбранные озера ежегодно полностью или частично покрываются льдом, что является необходимым условием для проведения данного исследования.

Это позволило определить несоответствие спутниковых данных NSDIC, NOAA NESDIS при определении пространственного распределения льда и расчете ледовитости приблизительно равных и разных по площади акваторий озер в одинаковых климатических условиях.

Временной интервал применяемых в исследовании спутниковых данных соответствует 2006–2018 гг. В этот интервал времени доступны данные всех источников.

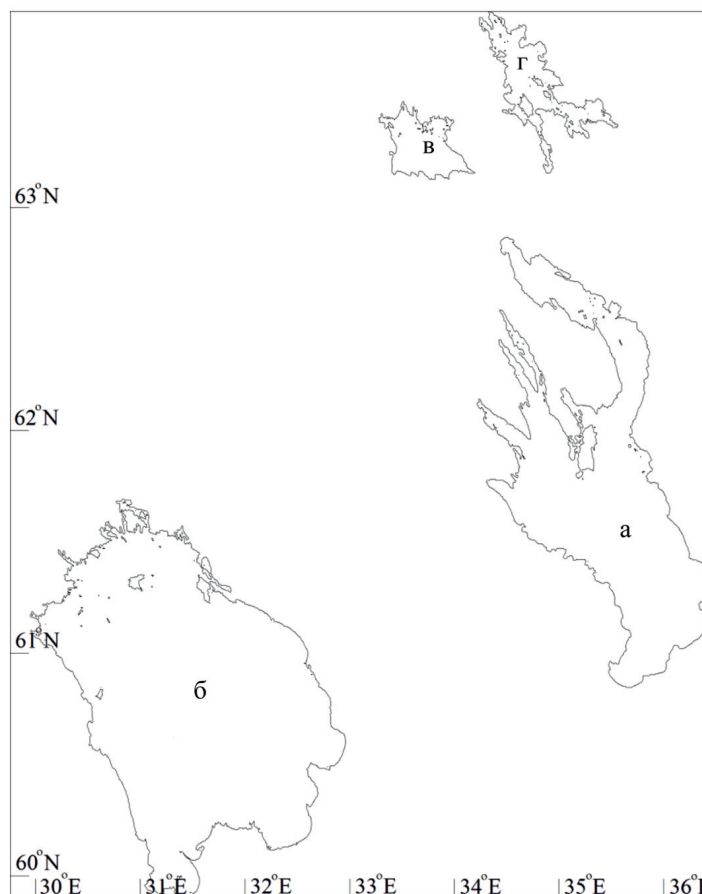


Рис. 2. Рассматриваемые озера в проекции Меркатора (площади акваторий):  
 а) Онежское озеро (9720 км<sup>2</sup>), б) Ладожское озеро (17700 км<sup>2</sup>), в) Сегозеро (815 км<sup>2</sup>),  
 г) Выгозеро (1250 км<sup>2</sup>)

В данном исследовании в качестве достоверных данных использовались данные MODIS, которые имеют пространственное разрешение 500 м, в то время как данные NSDIC, NOAA NESDIS имеют пространственное разрешение 4–6 км. Поэтому сравнительный анализ пространственного распределения льда на акватории озер имеет особенности, обусловленные сравнением данных разного пространственного разрешения.

Однородные участки акватории озера  $A_1^{small}, A_2^{small}, \dots, A_i^{small}, \dots, A_n^{small}$  по данным MODIS имеют соответственно площади  $S_1^{small}, S_2^{small}, \dots, S_i^{small}, \dots, S_n^{small}$ . Однородные участки акватории озера  $A_1^{large}, A_2^{large}, \dots, A_j^{large}, \dots, A_m^{large}$  по данным NSDIC, NOAA NESDIS имеют соответственно площади  $S_1^{large}, S_2^{large}, \dots, S_j^{large}, \dots, S_m^{large}$ . При этом  $A_j^{large} = \{ \text{water}_j A_j^{small}, \text{ice}_j A_j^{small}, \text{land}_j A_j^{small} \}$ .

$\text{water}_j A_j^{small} = \{ \text{water}_j A_{j1}^{small}, \text{water}_j A_{j2}^{small}, \dots, \text{water}_j A_{jw}^{small}, \dots, \text{water}_j A_{jw\_count}^{small} \}$  – множество однородных участков по данным MODIS, которые соответствуют участку  $A_j^{large}$  по географическим координатам, при этом являются акваторией озера, но не являются льдом.

$\text{ice}_j A_j^{small} = \{ \text{ice}_j A_{j1}^{small}, \text{ice}_j A_{j2}^{small}, \dots, \text{ice}_j A_{jic}^{small}, \dots, \text{ice}_j A_{jic\_count}^{small} \}$  – множество однородных участков по данным MODIS, которые соответствуют участку  $A_j^{large}$  по географическим координатам, при этом являются акваторией озера, а также являются льдом.

$\text{land}_j A_j^{small} = \{ \text{land}_j A_{j1}^{small}, \text{land}_j A_{j2}^{small}, \dots, \text{land}_j A_{jl}^{small}, \dots, \text{land}_j A_{jl\_count}^{small} \}$  – множество однородных участков по данным MODIS, которые соответствуют участку  $A_j^{large}$  по географическим координатам, при этом не являются акваторией озера.

Расчет ошибки спутниковых данных (NSDIC, NOAA NESDIS) при определении пространственного распределения льда на озерах для каждого момента времени осуществлялся по формуле

$$\delta = \frac{\sum_{e=1}^r \text{error}_e S_e^{large}}{S_{total}} \cdot 100\%,$$

где  $S_e^{large}$  – площадь однородного участка  $\text{error}_e A_e^{large}$  из множества  $\text{error}_e A_e^{large} = \{ \text{error}_e A_1^{large}, \text{error}_e A_2^{large}, \dots, \text{error}_e A_e^{large}, \dots, \text{error}_e A_r^{large} \}$ , которые имеют несоответствие с данными MODIS;  $r$  – количество однородных участков, которые имеют несоответствие с данными MODIS;  $S_{total}$  – общая площадь акватории озера, обусловленная пространственным разрешением проверяемых спутниковых данных  $S_{total} = \sum_{j=1}^m S_j^{large}$ .

Несоответствие каждого участка акватории озера проверяемых данных  $A_j^{large}$  с данными MODIS считалось, если выполняется условие

$$\left( A_j^{large} = \text{ice} \wedge \sum_{w=1}^{w\_count} \text{water}_j S_w^{small} > \sum_{ic=1}^{ic\_count} \text{ice}_j S_{ic}^{small} \right) \vee \left( A_j^{large} \neq \text{ice} \wedge \sum_{w=1}^{w\_count} \text{water}_j S_w^{small} \leq \sum_{ic=1}^{ic\_count} \text{ice}_j S_{ic}^{small} \right).$$

В случае удовлетворения условия участок акватории озера  $A_j^{large}$  включался во множество  $\text{error}_e A_e^{large}$ .

Расчеты  $\delta$  для озер выполнялись в моменты времени, когда хотя бы по одному из источников данных (NSDIC, NOAA NESDIS, MODIS) на озере имелись ледовые образования. Затем для каждого озера вычислялось среднее значение ошибок  $\bar{\delta}$  за все моменты времени.

### Результаты исследования и их обсуждение

За период 2006–2018 гг. количество снимков датчика MODIS без облачности в периоды ледовых явлений на озерах составило: 636 снимков Онежского озера, 411 снимков Ладожского озера, 629 снимков Сегозера,

571 снимок Выгозера. Эти снимки использовались при расчете ошибок данных NSDIC, NOAA NESDIS (для каждого момента времени, на который имеется снимок).

Средние значения ошибок при определении пространственного распределения льда на озерах  $\bar{\delta}$  и средние значения абсолютных отклонений ледовитости озер спутниковых данных NSDIC, NOAA NESDIS относительно фактических значений ледовитости (по данным MODIS)  $\overline{MAD}_{ice}$  представлены в таблице.

Результаты показывают, что данные NSDIC имеют меньшие значения  $\bar{\delta}$ , чем данные NOAA NESDIS ( $\bar{\delta}^{NSDIC} < \bar{\delta}^{NESDIS}$ ). При этом для всех озер, кроме Ладожского озера,  $\bar{\delta}^{NSDIC} < 6\%$ .

Средние значения ошибок при определении пространственного распределения льда на озерах  $\bar{\delta}$  и средние абсолютные отклонения ледовитости озер  $\overline{MAD}_{ice}$  спутниковых данных NSDIC, NOAA NESDIS

Озера	$\bar{\delta}, \%$		$\overline{MAD}_{ice}, \%$	
	NSDIC	NOAA NESDIS	NSDIC	NOAA NESDIS
Онежское озеро	5,9	18,5	4,7	16,3
Ладожское озеро	9,8	11,1	8,2	7,5
Сегозеро	3,3	12,9	3,2	12,6
Выгозеро	5,9	11,4	5,7	11,1

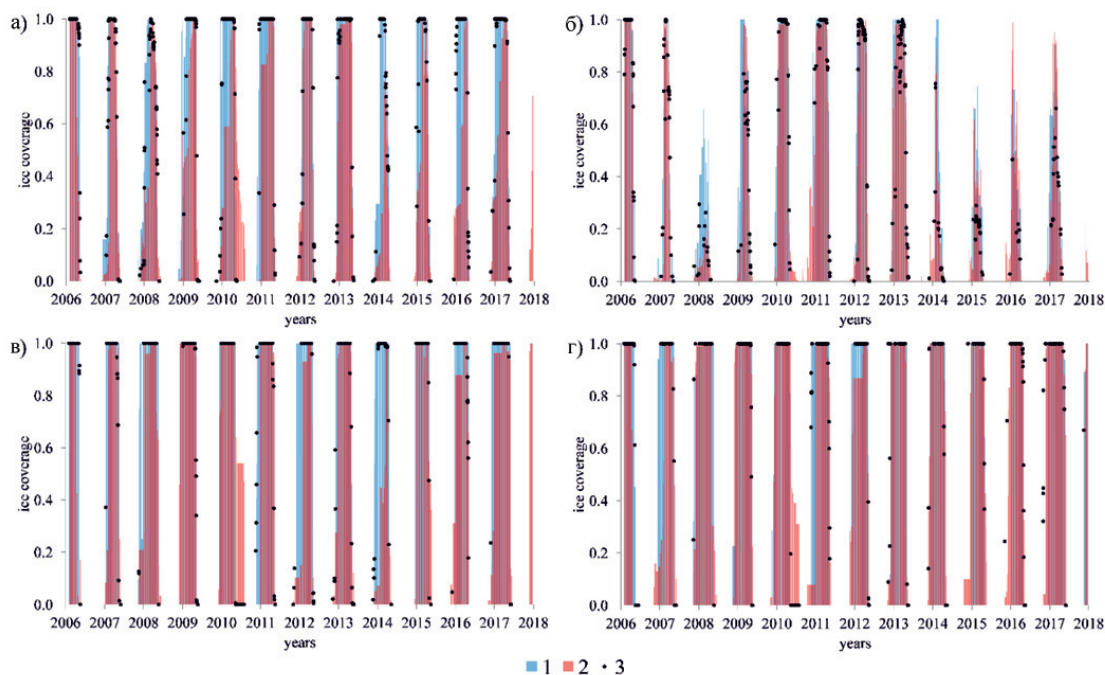


Рис. 3. Графики зависимости ледовитости от времени: а) Онежское озеро; б) Ладожское озеро; в) Сегозеро; г) Выгозеро. Обозначения: 1 – по данным NSDIC, 2 – по данным NOAA NESDIS, 3 – по данным MODIS

Ледовитость характеризует только площадь ледяных образований на озерах, но не характеризует их расположение, поэтому справедливо неравенство:  $\overline{MAD}_{ice} < \bar{\delta}$ . Ледовитость на озерах имеет большое практическое значение при определении сроков и длительностей фаз ледового режима. Расчет ледовитости озер с меньшим значением  $\overline{MAD}_{ice}$  позволяют выполнить лучше данные NSDIC, чем данные NOAA NESDIS, для всех озер, кроме Ладожского озера ( $\overline{MAD}_{ice}^{NSDIC} = 8,2\%$ ).

По спутниковым данным NSDIC, NOAA NESDIS сформированы суточные ряды значений ледовитости озер: Онежское озеро, Ладожское озеро, Сегозеро и Выгозеро за период 2006–2018 гг. Графики зависимо-

стей значений ледовитости озер от времени представлены на рис. 3.

Средние абсолютные отклонения значений ледовитости, полученных по данным NSDIC, от значений ледовитости, полученных по данным NOAA NESDIS, составляют: 18,9% – для Онежского озера, 11,7% – для Ладожского озера, 19,3% – для Сегозера, 12,9% – для Выгозера.

Даты начала и конца, а также длительности ледовых явлений на озерах согласно данным NSDIC иллюстрированы на рис. 4 в виде диаграмм.

Определение дат начала и конца ледовых явлений на рассматриваемых озерах по данным NOAA NESDIS затруднены тем, что в некоторые года ледовые явления наблюдаются и в летнее время. Например, по данным

NOAA NESDIS в 2013 г. в августе и сентябре зафиксировано наличие ледовых образований на Ладожском озере, в то время как в июле и октябре их не было. Это не соответствует действительности для данных озер, которые в летнее время всегда полностью свободны ото льда. При этом невозможно определить границы начала и конца двух смежных периодов ледовых явлений. Поэтому сравнение дат начал и конца ледовых явлений по данным NSDIC и NOAA NESDIS выполнить не удалось.

Количество дней, когда на озерах наблюдались ледовые явления, за период 2006–2018 гг. по данным NSDIC и NOAA NESDIS соответственно составляет: 1846 дней и 2263 дней для Онежского озера (относительное отклонение  $\varepsilon = 20,3\%$ ); 1540 дней и 2159 дней для Ладожского озера ( $\varepsilon = 33,5\%$ ); 1822 дня и 2140 дней для Сегозера ( $\varepsilon = 16,1\%$ ); 1941 день и 2378 дней для Выгозера ( $\varepsilon = 20,2\%$ ).

Значения  $\bar{\delta}^{NSDIC}$  являются удовлетворительными (менее 6%) при определении пространственного распределения льда всех озер, кроме Ладожского озера (9,8%). Поэтому данные NSDIC представляют больший интерес при определении пространственного распределения льда, а также при расчетах ледовитости, чем данные NOAA NESDIS. Однако значение  $\bar{\delta}^{NSDIC}$  при определении пространственного распределения льда Ладожского озера почти в 2 раза больше, чем других озер. В связи с этим проведен детальный анализ ошибок, которые возникают при определении пространственного распределения льда на озерах по данным NSDIC, NOAA NESDIS и получена зависимость среднего значения ошибки при определении пространственного распределения льда на озерах от фактического значения ледовитости озер  $\bar{\delta}(ice)$ .

Также установлена зависимость  $\overline{MAD}_{ice}(ice)$ , характеризующая распределение  $\overline{MAD}_{ice}$  от фактических значений ледовитости (по данным MODIS).

Установлено, что зависимость  $\bar{\delta}(ice)^{NSDIC}$  монотонно возрастает при увеличении фактических значений ледовитости (по данным MODIS), достигая пика  $\bar{\delta}(0,3-0,4)^{NSDIC} = 39,2\%$  при значении ледовитости 0,3–0,4, в дальнейшем происходит монотонное снижение ошибки до минимального значения ( $\bar{\delta}(1)^{NSDIC} = 0,7\%$  при полном ледоставе), график зависимости  $\bar{\delta}(ice)^{NSDIC}$  изображен на рис. 5.

При этом необходимо отметить, что на 70–80% отобранных для анализа снимков

MODIS озера на них полностью покрыты льдом, исключение составляет Ладожское озеро (лишь 30% всех снимков). Этот факт объясняется тем, что небольшие озера: Сегозеро и Выгозеро, – а также Онежское озеро ежегодно полностью покрывается льдом на значительный интервал времени 80–120 дней. Ладожское озеро не всегда полностью покрывается льдом (рис. 3, б). В 2008–2009 гг., 2014–2017 гг. не имеется снимков MODIS, свободных от облачности, на которых Ладожское озеро полностью покрыто льдом. Все это объясняет относительно большое значение  $\bar{\delta}^{NSDIC}$  (9,8%) при исследовании Ладожского озера в сравнении с другими озерами.

Также следует отметить, что данным NSDIC с небольшим средним значением  $\bar{\delta}(0)^{NSDIC}$  (5,0%) позволяют зафиксировать полное отсутствие льда на озере (рис. 5). Таким образом, с помощью данных NSDIC можно адекватно в целом определить даты начала и конца периодов, когда озеро покрыто полностью, частично и полностью не покрыто льдом, при этом большое значение  $\overline{MAD}_{ice}^{NSDIC}$  (0–1) (до 35%) в фазы замерзания и вскрытия не влияет на расчет этих дат. Это позволяет решить важную гидрологическую задачу – определение сроков и длительностей фаз ледового режима озер. Однако формирование суточного ряда значений ледовитости озер с помощью данных NSDIC во время замерзания и вскрытия является недопустимым. Для этого необходимо использовать дополнительные более точные данные.

Зависимость  $\bar{\delta}(ice)^{NESDIS}$  имеет схожий характер с зависимостью  $\bar{\delta}(ice)^{NSDIC}$ , максимальное значение  $\bar{\delta}(0,6-0,7)^{NESDIS} = 37,2\%$  достигается при значении ледовитости 0,6–0,7, а минимальное значение  $\bar{\delta}(1)^{NESDIS} = 9,3\%$  при полном ледоставе (рис. 5).

Отличием зависимости  $\bar{\delta}(ice)^{NESDIS}$  от зависимости  $\bar{\delta}(ice)^{NSDIC}$  является наличие большого значения  $\bar{\delta}(0)^{NESDIS} = 30,6\%$  в моменты, когда озеро полностью свободно ото льда. Такое значение  $\bar{\delta}(0)^{NESDIS}$  учитывает летние периоды, когда по данным NOAA NESDIS имеют место ледовые явления на озерах, в то время как в действительности рассматриваемые озера в летнее время всегда полностью свободны ото льда. По этой же причине за период 2006–2018 гг. количество дней, когда на озерах наблюдались ледовые явления по данным NOAA NESDIS для всех озер больше на 15–30%, чем по данным NSDIC.

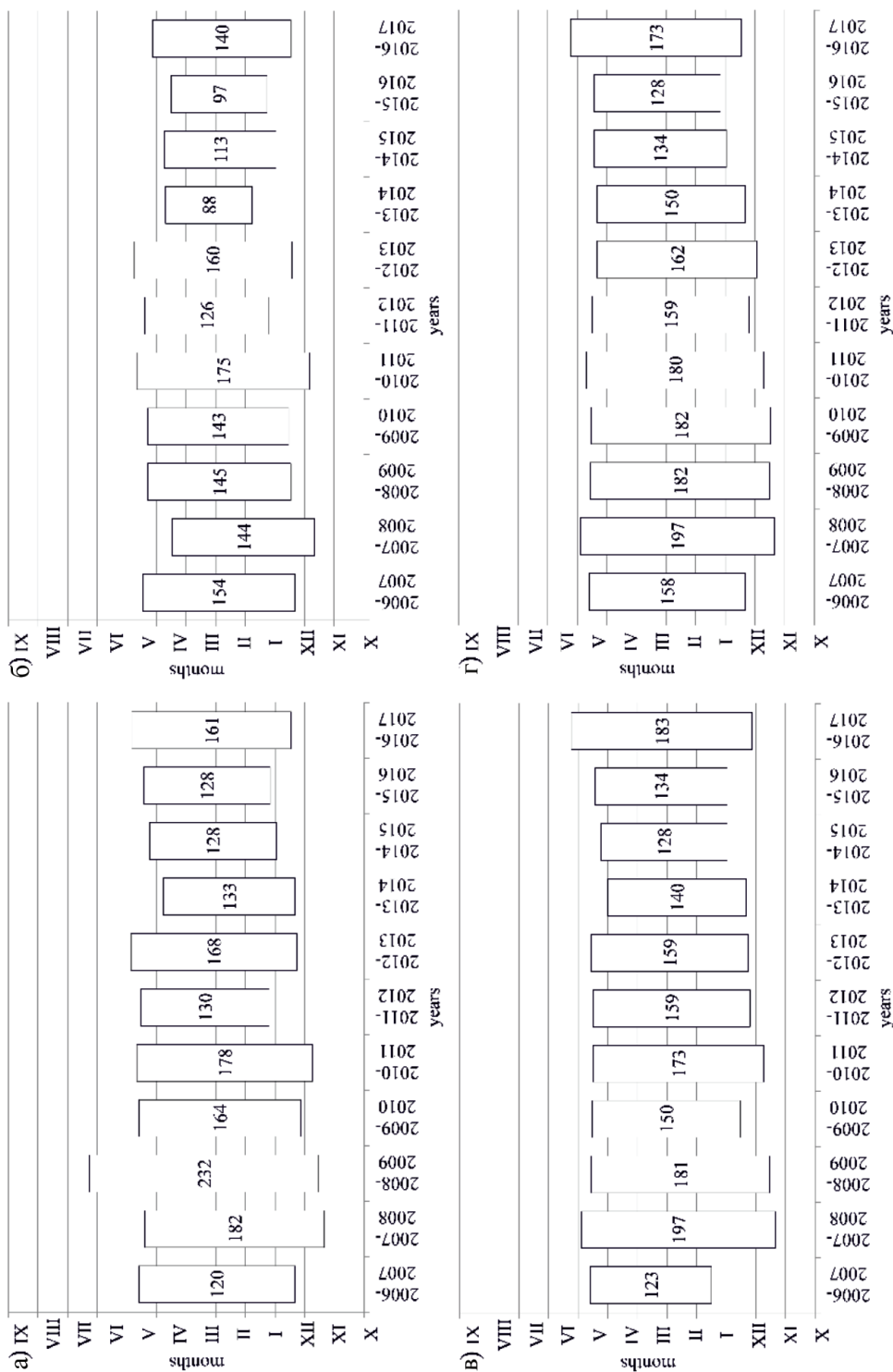


Рис. 4. Даты начала и конца ледовых явлений (с указанием длительности) по данным NSDIC для озер:  
 а) Онежское озеро; б) Ладожское озеро; в) Сегозеро; г) Выгозеро

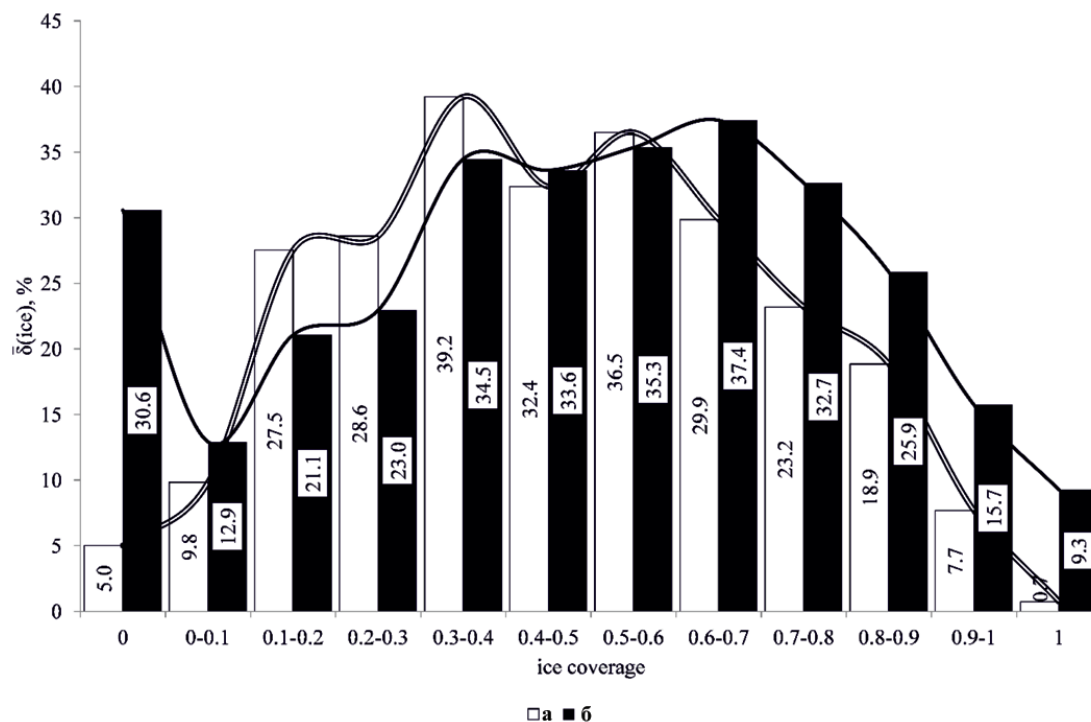


Рис. 5. Графики зависимости  $\bar{\delta}(ice)$ : а) данных NSDIC; б) данных NOAA NESDIS

### Выводы

Установлено, что данные NSDIC имеют меньшее значение  $\bar{\delta}$  (3–10%), чем данные NOAA NESDIS (11–19%) для озер (Онежского, Ладожского озер, Сегозера, Выгозера) в сравнении с данными MODIS. Поэтому при определении пространственного распределения льда на озерах целесообразно использовать данные NSDIC.

Во время замерзания и вскрытия по данным NSDIC (а также NOAA NESDIS)  $\bar{\delta}^{NSDIC}$  могут достигать неприемлемого значения 40% (значения  $\overline{MAD}_{ice}$  до 35%). В связи с этим формирование подробного временного ряда значений ледовитости во время замерзания и вскрытия с использованием спутниковых данных NSDIC, NOAA NESDIS возможно только при корректировке их другими более точными данными, например, данными MODIS.

Однако данные NSDIC позволяют рассчитать значение ледовитости озер во время полного ледостава и отсутствия ледовых явлений на озере с достаточной точностью ( $\overline{MAD}_{ice}^{NSDIC}(0) = 0,7\%$  и  $\overline{MAD}_{ice}^{NSDIC}(1) = 5,0\%$ ). Это позволяет сделать вывод о том, что применение данных NSDIC целесообразно для

определения сроков и длительностей фаз ледового режима.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для поддержки молодых российских ученых МК-3379.2018.5.

### Список литературы / References

- Adrian R., O'Reilly C.M., Zagarese H., Baines S.B., Hesse D.O., Keller W., Livingstone D.M., Sommaruga R., Striale D., Donk E.V., Weyhenmeyer G.A., Winder M. Lakes as sentinels of climate change. *Limnology and Oceanography*. 2009. Vol. 54. No. 6. P. 2283–2297. DOI: 10.4319/lo.2009.54.6\_part\_2.2283.
- Karetnikov S.G., Naumenko M.A. Recent trends in Lake Ladoga ice cover. *Hydrobiology*. 2008. Vol. 599. No. 1. P. 41–48. DOI: 10.1007/s10750-007-9211-1.
- Magnuson J.J., Robertson D.M., Benson B.J., Wynne R.H., Livingstone D.M., Arai T. Historical Trends in Lake and River Ice Cover in the Northern Hemisphere. *Science*. 2000. Vol. 289 No. 5485. P. 1743–1746. DOI: 10.1126/science.289.5485.1743.
- Abd Rahman M.A., Khiruddin A., Hwee S.L., Muhd F.E., Fadhli A., Rosnan Y. Development of Regional TSS Algorithm over Penang using Modis Terra (250 M) Surface Reflectance Product. *Ekológia (Bratislava)*. 2016. Vol. 35. No. 3. P. 289–294. DOI: 10.1515/eko-2016-0023.
- Baklagin V.N. Selection of Parameters and Architecture of Multilayer Perceptrons for Predicting Ice Coverage of Lakes. *Ekológia (Bratislava)*. 2017. Vol. 36. No. 3. P. 226–234. DOI: 10.1515/eko-2017-0019.
- Abd Rahman M.A., Fadhli A., Khiruddin A. Discriminating sediment and clear water over coastal water using GD technique. *Ekológia (Bratislava)*. 2017. Vol. 36 No. 1. P. 10–24. DOI: 10.1515/eko-2017-0002.



УДК 502(470.325)

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И СОЦИАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОЛГОПОЛЯНСКОЙ СЕЛЬСКОЙ ТЕРРИТОРИИ СТАРООСКОЛЬСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА

Киреева-Гененко И.А., Белоусова Л.И., Фурманова Т.Н.,  
Лопина Е.М., Гайворонская Н.И.

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,  
Белгород, e-mail: [genenko@bsu.edu.ru](mailto:genenko@bsu.edu.ru)

Решать по-новому актуальные вопросы регионального развития позволяют отличительные особенности сельских территорий, таких как пространственные отношения ландшафтов, населения, хозяйства. С этих позиций сельские территории являются одним из важнейших элементов территориального устройства. Изучение социальных и геоэкологических проблем как на региональном, так и на территориальном уровнях является актуальным. Геоэкологические аспекты оказываются в фокусе социальных и экономических интересов различных групп общества. Сельские территории сейчас можно определить как важный элемент развития любого региона, так как здесь сконцентрирован природный, демографический, экономический, культурный потенциал, что оказывает влияние на уровень жизни, определяет темпы развития. В работе представлена геоэкологическая и социальная характеристика Долгополянской сельской территории, в состав которой входят 8 населенных пунктов, 1130 домовладений и которая расположена на юго-западе Старооскольского городского округа Белгородской области, в 20 км от города Старый Оскол. В статье обобщены теоретические основы современного состояния геоэкологических и социальных условий; особенности функционально-территориальной структуры; динамика численности населения для каждого населенного пункта сельской территории. Представлены результаты исследования: структура землепользования, посещение функциональных зон жителями Долгополянской сельской территории. Выявлено своеобразие природных условий и геоэкологическое состояние исследуемой территории. Проведена апробация методик: комплексного исследования социально-экологических условий жизнедеятельности населения и изучения социально-географических аспектов общественного природопользования. Изложены основные проблемы развития Долгополянской сельской территории. Дана оценка общей геоэкологической обстановки на исследуемой территории и разработаны пути улучшения геоэкологических условий Долгополянской сельской территории Старооскольского городского округа.

**Ключевые слова:** геоэкологическая характеристика, социальные аспекты, сельская территория, природные условия, экологическая обстановка

## GEOENVIRONMENTAL AND SOCIAL CHARACTERISTICS OF DOLGOPOLYANSKAYA RURAL TERRITORY OF THE STARY OSKOL URBAN DISTRICT

Kireeva-Genenko I.A., Belousova L.I., Furmanova T.N., Lopina E.M., Gayvoronskaya N.I.

*Belgorod State National Research University, Belgorod, e-mail: [genenko@bsu.edu.ru](mailto:genenko@bsu.edu.ru)*

The distinctive features of rural areas, such as spatial relations of landscapes, population, economy, allow to solve in a new way topical issues of regional development. From this point of view, rural areas are one of the most important elements of the territorial structure. The study of social and geoeological problems both at the regional and territorial levels are relevant. Geoeological aspects are in the focus of social and economic interests of different groups of society. Rural areas can now be defined as an important element of the development of any region, as there is concentrated natural, demographic, economic, cultural potential that affects the standard of living, determines the pace of development. The paper presents the geoeological and social characteristics of the Dolgopolyanskaya rural area, which includes 8 settlements, 1130 households and which is located in the South-West of the Starooskolsky urban district of the Belgorod region, 20 km from the city of Stary Oskol. The article summarizes the theoretical foundations of the current state of geoeological and social conditions; features of the functional-territorial structure; population dynamics for each village of rural territory. The results of the study are presented: the structure of land use, visiting functional areas by residents of the Dolgopoly rural territory. The peculiarity of natural conditions and geoeological state of the study area. Approbation of methods: complex research of social and ecological conditions of life activity of the population and studying of social and geographical aspects of public nature management is carried out. Set out the basic problems of development Dolgopoly rural areas. Evaluation of General geoeological conditions in the study area and developed ways to improve geoeologicheskikh conditions Dolgopoly rural territory of the Stary Oskol urban district.

**Keywords:** geoeological characteristics, social aspects, rural area, natural conditions, environmental conditions

Каждый регион в своем роде уникален. Глобальные же изменения складываются из региональных особенностей, поэтому изучение геоэкологического, эколого-географического, социально-экологического, социально-экономического состояния лю-

бого региона представляет собой научный и практический интерес.

При изучении данного вопроса необходимо понимать территориальную сбалансированность сельских территорий в пределах исследуемого региона, опреде-

лить поиск закономерностей ландшафтной и хозяйственной дифференциации территории, а также рассмотреть социальные, экономические и экологические аспекты территорий [1].

Решать актуальные вопросы регионального развития позволяет позиционирование сельских территорий как формы пространственной организации хозяйства, ландшафтов и населения. С этих позиций сельские территории являются одним из важнейших элементов территориального устройства, где наиболее актуальны геоэкологические проблемы, которые оказываются в фокусе социальных и экономических интересов различных групп социально-дифференцированного общества [2, 3].

Сельские территории в настоящее время можно назвать важным элементом жизни любого региона, где сконцентрирован природный, демографический, экономический и культурный потенциал, что во многом оказывает влияние на уровень жизни населения и определяет темпы развития региона.

Цель исследования: выявление условий формирования геоэкологической и социальной обстановки на территории Долгополянкой сельской территории Старооскольского городского округа Белгородской области.

#### Материалы и методы исследования

Теоретической и методологической базой явились научные работы отечественных ученых в области геоэкологических исследований. Для решения поставленной цели использовались следующие методы: сравнительно-географический; картографический; районирования; статистико-математический; социологический – массовые опросы были организованы в форме анкетирования и послужили основой работы.

Исходными материалами послужили результаты полевых исследований (2016–2018 гг.), научная литература, ряд природных и народнохозяйственных объектов исследуемой территории. Информационной базой исследования послужили материалы администрации Долгополянкой сельской территории Старооскольского городского округа.

#### Результаты исследования и их обсуждение

В качестве особенностей сельской территории можно назвать, то, что она является местом проживания, с наличием рекреационных мест, а также источником природных ресурсов, продовольствия, сель-

скохозяйственного сырья. Типология сельских территорий сложна из-за большого их разнообразия, существуют различные подходы к типологии и районированию сельских территорий (поселений). Сельские территории принято группировать по ряду отличительных признаков, основными являются: группировка по количеству населения (людности) и по производственному и функциональному назначению [2].

На юго-западе Старооскольского городского округа, куда входит город Старый Оскол и 19 сельских территорий, в 20 км от города Старый Оскол расположена изучаемая нами Долгополянкой сельская территория. Старооскольский городской округ сегодня – это высокоразвитый индустриально-аграрный центр Белгородской области и Центрального Черноземья. С созданием городского округа все сельские территории, вошедшие в его состав, получают новые возможности для своего развития. Старооскольский район относится к районам, где преобладает растущий тип сел [4–6].

В состав Долгополянкой сельской территории входят 8 населенных пунктов, 1130 домовладений (табл. 1).

**Таблица 1**  
Состав Долгополянкой сельской территории

№ п/п	Название населенного пункта	Количество домовладений
1	Село Долгая Поляна	226
2	Село Монаково	505
3	Село Прокудино	187
4	Село Верхне-Чуфичево	29
5	Село Котеневка	87
6	Село Окольное	67
7	Село Верхнее-Атаманское	0
8	Хутор Новая Деревня	29

Численность населения Долгополянкой сельской территории для каждого населенного пункта сельской территории (табл. 2).

Общая численность населения составляет 2 588 человек на 01.02.2018 г. Трудовоспособное население Долгополянкой сельской территории – 1292 человека. Работающее население – 996 человек (38,5%). Из них работают на Долгополянкой сельской территории – 167 человек (16,7%), в том числе – 95 человек в бюджетной сфере (56,8%), 32 человека в сфере обслуживания (19,1%), 40 человек заняты в сельском хозяйстве (23,9%). 796 жителей территории (79,9%) работают на промышленных пред-

приятнях, в учреждениях и организациях Старооскольского городского округа. За пределами Белгородской области работают 12 человек (1,2%).

**Таблица 2**  
Численность населения  
Долгополянкой сельской территории

№ п/п	Название населенного пункта	Количество населения, чел. на 01.02.2018
1	Село Долгая Поляна	↗ 470
2	Село Монаково	↗ 1098
3	Село Прокудино	↗ 458
4	Село Верхне-Чуфичево	↘ 183
5	Село Котеневка	↗ 200
6	Село Окольное	↗ 144
7	Село Верхнее-Атаманское	→ 0
8	Хутор Новая Деревня	↗ 35

Анализируя динамику численности населения сельской территории, мы видим, что в последние годы численность населения увеличивается. Так, за последние 5 лет наблюдается превышение рождаемости над смертностью, в то же время наблюдается и ежегодная убыль населения в связи с переездом жителей в другие населенные пункты.

Сельское хозяйство территории представлено одним крупным сельхозпроизводителем – ООО «Русагро-Инвест». Производство растениеводческой продукции осуществляют деятельность четыре фермерских хозяйства, которые занимаются растениеводством.

Сельская территория инженерно благоустроена, что играет большую роль в улучшении условий жизни населения. На территории представлены системы водопровода, канализации, теплоснабжения, газоснабжения, электроснабжения. Отопление частного сектора имеет индивидуальное газовое отопление. Все жилые домовладения Долгополянкой сельской территории имеют центральное газоснабжение. Производится один раз в неделю сбор и утилизация твердых бытовых отходов.

На Долгополянкой сельской территории достаточно развита инфраструктура, в том числе и социальная. На территории расположены следующие учреждения и организации: средняя общеобразовательная Монаковская школа», спортивный зал, дошкольные группы, центр культурного развития, два фельдшерско-акушерских пункта.

В пределах сельской территории осуществляют торговую деятельность 10 торговых точек (7 магазинов и 3 торговых павильона). Также на территории имеется отделение почтовой связи «Почта России», отделение Сбербанка России [4, 5].

В 1994 г. на Долгополянкой сельской территории построен храм святого великомученика и целителя Пантелеимона.

На Долгополянкой сельской территории расположено урочище «Долгое», которое относится к группе особо охраняемой природной территории и имеет статус регионального ботанического заказника.

Общая площадь Долгополянкой сельской территории составляет 17 366 га. В том числе общая площадь земель сельскохозяйственного назначения составляет 9890,2 га, из них наибольшая часть земель – 1967,4 га (19,9%) находится в государственной и муниципальной собственности, в собственности граждан 306,2 га (3,0%), в собственности юридических лиц 7616,6 га (77,1%) (табл. 3).

**Таблица 3**  
Структура площадей  
Долгополянкой сельской территории

Общая площадь Долгополянкой сельской территории составляет 17 366 га, из них:	
земли сельскохозяйственного назначения, в том числе:	9890,2 га
пашни	7748 га
сенокосы и пастбища	2142,2 га
леса и лесополосы	3968 га

Для оценки структуры землепользования Долгополянкой сельской территории разделена на функциональные зоны, где выделено 5 функциональных зон (табл. 4, рис. 1).

Анализ структуры землепользования Долгополянкой сельской территории производится на основе соотношения классификационных единиц земельного кадастра [4, 5]. Размещение и соотношение различных земельных угодий на исследуемой территории определяет структура землепользования (табл. 5).

В функциональной структуре сельской Долгополянкой сельской территории доля преобразованных и созданных человеком ландшафтов, то есть доля земель с высшей антропогенной нагрузкой, составляет 46,85%.

Жилая зона представлена домами с приусадебными участками. В селе Монаково жилой сектор представлен домами с приусадебными участками и малоэтажной застройкой.

Таблица 4

## Функциональные зоны Долгополянкой сельской территории

№ п/п	Назначение земель	Долгополянкой сельской территории	
		площадь, га	к общей земельной площади, %
1	Земли сельскохозяйственного назначения	9890,2	56,95
2	Земли лесного фонда	3968	22,84
3	Земли жилой зоны	365	2,11
4	Земли под дорогами	19,9	0,11
5	Прочие земли (в том числе водные объекты, социальные и спецзоны)	3122,9	17,99
Итого:		17 366	100

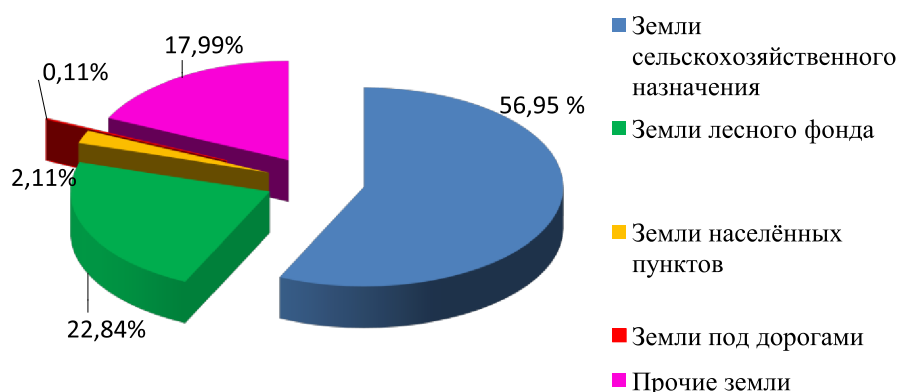


Рис. 1. Функциональные зоны Долгополянкой сельской территории

Таблица 5

## Структура землепользования Долгополянкой сельской территории

№ п/п	Виды и категории земель	Долгополянкой сельской территории	
		Площадь, га	к общей земельной площади, %
Высшая антропогенная нагрузка			
1	Жилая зона населенных пунктов	365	2,11
2	Земли под социальными объектами	20	0,115
3	Пашня	7748	44,63
Высокая антропогенная нагрузка			
4	Дороги	19,9	0,11
Умеренная антропогенная нагрузка			
5	Пастбища и сенокосы	2143,2	12,34
6	Лесной фонд	3968	22,84
Минимальная антропогенная нагрузка			
7	Спецзоны	0,5	0,0028
8	Водные объекты	0,4	0,0022
9	Прочие земли	3100	17,85

Автомобильные дороги, хотя и входят в зону высокой антропогенной нагрузки, но сильного влияния на экологическое состояние исследуемой территории не оказывают, так как их протяженность составляет 37

км (сравнительно мала), от общей площади территории этот показатель составляет 0,11 %. К умеренной антропогенной нагрузке относятся лесные массивы, пастбища и сенокосы (35,18% территории). Доля зе-

мель с минимальной антропогенной нагрузкой составляет 17,85%, куда относятся прочие земли (в том числе водные объекты и спецзоны) [7, 8].

Результаты, отражающие посещение функциональных зон жителями Долгополянкой сельской территории представлены на рис. 2.

Наиболее часто посещаемой зоной являются окрестности селитебной части сельской территории (41%). К часто посещаемым территориям относятся пастбища и сенокосы, которые охвачены общественным землепользованием на 18%.

К часто посещаемым природным объектам относятся земли с/х предприятий (12%), пашня (11%), лесные территории, где сохраняются виды природопользования, такие как сбор ягод, грибов (лесная зона – 8%).

Посещаемость социальных объектов составляет 9%. К редко посещаемым территориям относятся природные объекты других сельских территорий, например, водные объекты (1%).

К основным проблемам Долгополянкой сельской территории относятся: износ дорожного покрытия; ветхость многоквартирных жилых домов в с. Монаково; отсутствие благоустройства внутридворовых проездов многоквартирных домов; отсутствие уличного освещения по ул. Школьная в районе школы и детского сада; актуален вопрос о капитальном ремонте школы; требуется ремонт остановочного павильона в районе села Прокудино (остановка Весовая); требуется бурение скважины в селе Долгая Поляна; имеется проблема с качеством воды во всех населенных пунктах сельской территории. В селах Прокудино и Долгая Поляна вода имеет неприятный запах. На территории имеются аварийные деревья.

В настоящее время на изучаемой территории идет интенсивное развитие транспортной инфраструктуры, горнодобывающего, металлургического и агропромышленного комплексов, хозяйственное освоение территории округа, возрастание антропогенных и техногенных нагрузок на окружающую среду. Все это отражается на социальном и геоэкологическом состоянии Долгополянкой сельской территории.

### Заключение

Изучение геоэкологических аспектов предполагает комплексный анализ [8] основных составляющих (экономической, социальной и экологической) во взаимосвязи с функциональной структурой территории и характером землепользования.

Таким образом, возникающие геоэкологические проблемы являются следствием воздействия факторов антропогенного характера, связанных непосредственно с жизнеобеспечением людей. Современная геоэкологическая обстановка Долгополянкой сельской территории определяется высоким уровнем освоенности территории.

К основным мероприятиям по улучшению геоэкологической обстановки сельской территории можно отнести: комплексный подход к формированию жилой зоны; сохранение и развитие природного ландшафта; создание благоустроенных рекреационных зон; развитие и упорядочение транспортной системы; развитие систем обслуживания; разработка мероприятий по развитию и улучшению инженерной инфраструктуры; строительство новых, современных очистных сооружений и реконструкция уже имеющихся.

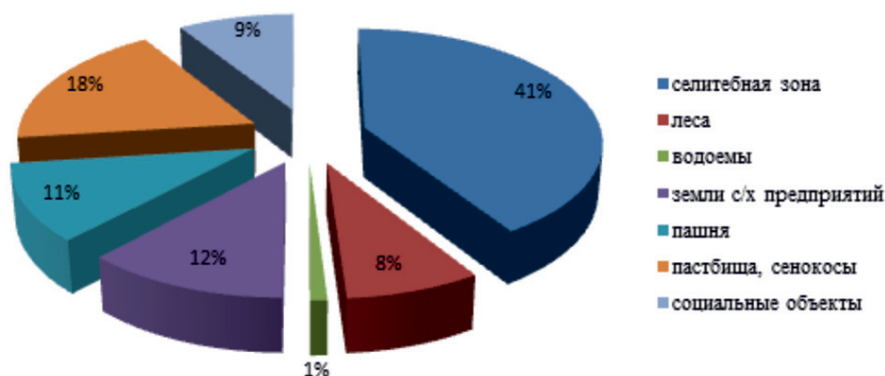


Рис. 2. Посещение функциональных зон жителями Долгополянкой сельской территории

Одним из приоритетных направлений развития Долгополянкой сельской территории является создание рекреационной (например, благоустройство территории вокруг родника в селе Прокудино). Родник расположен в центре села Прокудино, на западном склоне оврага, вытекает из глинистой стены через желобок, по которому вода стекает в глубокий овраг, что провоцирует эрозионные процессы, приводит к размыву и провалам грунтов. Родник находится в овраге на глубине 15 м. Рядом с родником находится бревенчатый мостик. Физические особенности воды источника: вода прозрачная, без запаха. Население использует воду родника для питья и приготовления пищи.

### Список литературы / References

1. Кузнецова Е.В. Устойчивое развитие сельских территорий: отечественный и зарубежный опыт разработки региональных программ // Региональная экономика: теория и практика. 2014. № 35. С. 32–38.
2. Kuznetsova E. Sustainable development of rural areas: domestic and foreign experience in the development of regional programs // Regional economy: theory and practice. 2014. № 35. P. 32–38 (in Russian).
3. Гененко И.А., Лопина Е.М., Корнилов А.Г. Методика изучения социально-географических аспектов общественного природопользования и оценки эстетико-потребительских параметров среды: Методическое пособие. Белгород: ИПЦ «ПОЛИТЕРРА», 2009. 45 с.
4. Genenko I.A., Lopina E.M., Kornilov A.G. Methods of studying the socio-geographical aspects of the social environment and the assessment of aesthetic and consumer parameters of the environment: Methodical manual. Belgorod: IPC «POLITERRA», 2009. 45 p. (in Russian).
5. Юлина Н.А. Геоэкологическая характеристика прилегающих районов к техногенным объектам в г. Старый Оскол (обзор) // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. 2015. № 9–3. С. 59–62.
6. Julina N.A. Geoecological characteristics of areas adjacent to man-made objects in Stary Oskol (review) // Fundamental and applied research in the modern world. 2015. № 9-3. P. 59–62 (in Russian).
7. Долгополянская сельская территория. Официальный сайт. 2018 [Электронный ресурс]. Дата обновления: 01.01.2018. URL: <https://howlingpixel.com/i-ru> (дата обращения: 03.10.2018).
8. Dolgopolsky rural area. Official site. 2018 [Electronic resource]. Updated: 01.01.2018. URL: <https://howlingpixel.com/i-ru> (date of access: 03.10.2018) (in Russian).
9. Старооскольский городской округ Белгородской области. Официальный сайт. 2016–2018 [Электронный ресурс]. Дата обновления: 01.01.2018. URL: <http://oskolregion.ru/o-poselenii/poseleniya/> (дата обращения: 21.12.2018).
10. Stary Oskol urban district, Belgorod region. Official site. 2016–2018 [Electronic resource]. Updated: 01.01.2018. URL: <http://oskolregion.ru/o-poselenii/poseleniya/> (date of access: 21.12.2018) (in Russian).
11. Белицкая Ю.С., Корнилов А.Г. Динамика плотности населения сельских населенных пунктов как фактор внепроизводственной антропогенной нагрузки в Белгородской области // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2013. № 10 (153). С. 166–170.
12. Belitskaya Y.S., Kornilov A.G. The dynamics of the population density of rural settlements as a factor of non-productive anthropogenic load in the Belgorod region // Scientific Bulletin of the Belgorod state University. Series: Natural Sciences. 2013. № 10 (153). P. 166–170 (in Russian).
13. Лисецкий Ф.Н., Панин А.Г. Бассейновая концепция природопользования на сельских территориях Белгородской области // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. № 1. С. 48–51.
14. Lisetsky F.N., Panin A.G. Basin conception of nature use in rural areas of Belgorod oblast // Vestnik of the Russian agricultural sciences. 2013. № 1. P. 48–51 (in Russian).
15. Жеребненко Ю.С., Корнилов А.Г., Черкашина К.Н. Социально-экологические проблемы управления территориальным развитием сельских поселений // Геология, география и глобальная энергия. 2012. № 2 (45). С. 248–253.
16. Zherebnenko Yu.S., Kornilov A.G., Cherkashina K.N. Social and ecological problems of management villages territory development // Geology, geography and global energy. 2012. № 2 (45). P. 248–253 (in Russian).

УДК 911.373:332(571.13)

**УСИЛЕНИЕ АСИММЕТРИИ В РАЗВИТИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
В ПРЕДЕЛАХ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗОН ОМСКОЙ ОБЛАСТИ****Лазарева Ж.В., Мезенцева О.В.***Омский государственный педагогический университет, Омск, e-mail: zhanna\_lazareva@inbox.ru, mezolga@yandex.ru*

В статье рассматривается место и роль сельского хозяйства Омской области в Сибирском федеральном округе и в формировании валового регионального продукта субъекта. Предметом исследования стали природно-хозяйственные зоны и современная специализация районов Омской области. В исследовании использованы материалы карт ландшафтного и природно-хозяйственного зонирования, а также специализированные статистические данные территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Омской области. В работе использованы математические модели расчётов, где совокупность различных показателей характеризует отраслевую структуру и тип сельского хозяйства районов. Это позволило определить долю производства основных видов продукции различными категориями хозяйств по муниципальным районам в природно-хозяйственных зонах Омской области. Выборка из полученных результатов обозначила товарную структуру и состав производственных типов хозяйств районов, эти данные позволили определить специализацию районов и уточнить состав четырех сельскохозяйственных зон Омской области, а в пределах одной животноводческо-зерновой III (третьей) зоны выделить 3 сектора, отличающихся товарной структурой и преобладанием типа хозяйств. По результатам расчетов была уточнена и составлена карта сельскохозяйственных районов Омской области. Результаты свидетельствуют, современное развитие районов ориентировано в основном на удовлетворение рыночного спроса, поэтому возникает объективная необходимость опираться на использование внутренних ресурсов. Это ставит районы Омской области в неравные условия, следовательно усиливает асимметрию и диспропорции в развитии не только северных и южных территорий, но и в пределах одной природно-хозяйственной зоны. Представленная карта позволяет четко обозначить специализацию сельскохозяйственных зон Омской области и необходима для понимания факторов, определяющих современные тенденции и перспективы развития районов области.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, специализация, животноводство, растениеводство, природно-хозяйственное зонирование, сельскохозяйственные зоны, категории хозяйств, товарная структура, территориальная асимметрия, крестьянские (фермерские) хозяйства, личные подсобные хозяйства населения

**INTENSIFICATION OF ASYMMETRY IN THE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE  
WITHIN NATURAL AND ECONOMIC ZONES OF THE OMSK REGION****Lazareva Zh.V., Mezentseva O.V.***Omsk State Pedagogical University, Omsk, e-mail: zhanna\_lazareva@inbox.ru, mezolga@yandex.ru*

The article discusses the place and role of agriculture in Omsk region in the Siberian Federal district in formation of the gross regional product of the subject. The study focused on natural-economic areas and the modern areas of specialization of the Omsk region. The study used the materials of maps of landscape and natural-economic zoning, as well as specialized statistical data of territorial body of Federal state statistics service of the Omsk region. The study used a mathematical model calculations, where a set of different indicators that characterize the industry structure and the type of agriculture areas. This allowed us to determine the share of production of main kinds of products of various categories of households in municipal areas in the climatic zones of the Omsk region. A sample of the obtained results outlined the products and production types of farms in the districts, these data allowed us to determine the areas of specialization and to specify the part of the 4 agricultural zones of the Omsk region, and in the same livestock and grain III (third) zone divided into 3 sectors, wherein the commodity structure and prevalence of the type of farms. The calculations have been clarified and a map of the agricultural districts of the Omsk region. The results show that the orientation of the modern development of areas to meet the market demand calls for an objective necessity of relying on domestic resources, which puts areas of the Omsk region at a disadvantage, enhancing the asymmetry in the development of not only the Northern and southern territories, but also within the same climatic zone. This map allows you to clearly identify the specialization of agricultural areas of the Omsk region and needed to understand the factors determining current trends and prospects of development of districts of the region.

**Keywords:** agriculture, specialization, livestock, crops, natural and economic zoning, agricultural zones, categories of farms, commodity structure, territorial asymmetry, the peasant (farmer) economy, personal such households

Важное место в структуре хозяйства Омской области занимает аграрно-промышленный комплекс. 19% сельскохозяйственных угодий Западной Сибири относятся к Омской области, это около 7 млн га. Оценка земельного фонда области равна 14114,0 тыс. га, где 6722,8 тыс. га или 47% земли имеет сельскохозяйственное назна-

чение, из них пашни – 30,1%. Сельское хозяйство Омской области имеет многоотраслевую структуру с ведущей ролью животноводства. В структуре сельскохозяйственного производства области валовая продукция животноводства не меняется в течение 20 лет и составляет 53% (2015 г.) [1–3].

Рассматривая основные особенности функционирования сельского хозяйства Омской области, необходимо отметить, что среди субъектов Сибирского федерального округа Омская область занимает одно из ведущих мест по производству сельскохозяйственной продукции. В 2015 г. Омская область от общего объема продукции Сибирского федерального округа собрала более 24% зерна и 11% картофеля, произвела 15% мяса всех видов, 13% молока, 13% яиц и 6% шерсти (табл. 1) [1, 4].

Важным показателем высокого уровня производства продукции сельского хозяйства и его специализации Омской области является коэффициент душевого производства, который превышает общероссийские в несколько раз [1, с. 40–45].

Цель исследования: рассмотреть современную отраслевую структуру и типы сельского хозяйства районов Омской области, проанализировать изменения специализации сельскохозяйственных зон, привлечь внимание региональных представителей органов государственной власти к вопросу о нарастании асимметрии внутри регионального развития.

#### Материалы и методы исследования

Исходными материалами для проведения сельскохозяйственного зонирования районов Омской области стали ландшафтное и природно-хозяйственное зонирования, на которые накладывалась специализация районов. Специализация районов определялась по показателям товарной структуры и состава производственных типов хозяйств. Для этого были использованы материалы специализированных изданий статистической информации [2, 3, 5] и широкая база данных в виде статистических

показателей на сайте Федеральной службы государственной статистики по Омской области [4]. Расчеты проводились с помощью определения интегральных и средних показателей товарной структуры сельского хозяйства по районам с 2000 по 2015 г.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Использование разнообразных сведений и показателей, математических методов определения интегральных показателей, а также материалы территориальных органов Федеральной службы государственной статистики по Омской области [1, 3] позволило нам:

1. Определить рейтинг хозяйств всех категорий в производстве валового сбора продукции растениеводства (зерна, семян масличных культур, картофеля, овощей) [3, с. 89, 98, 101, 104] и производства основных видов продукции животноводства (скота и птицы, молока, яиц, шерсти) [5 с. 71, 74, 76, 78] по районам области. Методом наложения картосхемы «Природные ландшафтные комплексы Омской области», природно-хозяйственного зонирования районов, картосхемы «Структура производства основных видов продукции растениеводства и животноводства» был уточнен состав природно-хозяйственных зон и составлена карта «Сельскохозяйственное районирование Омской области» (рис. 1).

2. Определить структуру производства основных видов продукции растениеводства [3, с. 90, 99, 102, 105] и животноводства [5, с. 70] по категориям хозяйств в районах Омской области и составить картосхему «Производство основных видов продукции животноводства по муниципальным районам Омской области» (рис. 2).

Таблица 1

Место Омской области по производству основных видов продуктов сельского хозяйства в 2015 г. (все категории хозяйств) [3, 5]

Вид продукции	Место	
	по РФ	по Сибирскому федеральному округу
Продукция растениеводства		
Зерно (в весе после доработки)	9	2
Картофель	11	3
Овощи	16	1
Продукция животноводства		
Мясо (скот и птица на убой в живой массе)	20	2
Молоко	12	3
Яйцо	22	5



3. Проведена выборка статистических показателей товарной структуры сельского хозяйства по районам за период с 2000 по 2015 г.; рассчитаны интегральный и средний показатели за указанный период; определена товарная структура продукции по сельскохозяйственным зонам (табл. 2, 3). На основании полученных результатов в пределах одной животноводческо-зерновой (III зоны) были выделены 3 сектора: а) Западный; б) Центральный; в) Восточный, в соответствии со специализацией районов на производстве продукции растениеводства и животноводства (рис. 1).

Территориальная и отраслевая структура сельскохозяйственного производства районов Омской области за последние годы существенно изменилась и представлена на рис. 1. 20 лет назад в сельское хозяйство области были активно включены все природно-хозяйственные зоны, где было развито

молочное и мясное направление. Отсутствие эффективного администрирования, динамики и целостности социально-экономической системы районов Омской области, на изменение которой существенно воздействовали внутренние и внешние факторы, привели к диспропорциям развития сельского хозяйства области как между югом и севером, так и к межрайонным различиям.

На рис. 1 представлено положение районов в рейтинге производства основных видов сельскохозяйственной продукции в 2015 г. В течение последних 10 лет 33,1% продукции сельского хозяйства Омской области обеспечивают 5 районов – Омский, Исилькульский, Калачинский, Полтавский, Таврический; 50% – 10 районов, к уже перечисленным присоединяются Москаленский, Кормиловский, Азово, Павлоградский районы. Все они расположены в III-й сельскохозяйственной зоне.

**Таблица 2**

Товарная структура продукции по сельскохозяйственным зонам Омской области (в %) [составлена по материалам 2, 3, 5]

Продукция	IV зона зерново-животноводческая	III а, III в зоны – животноводческо-зерновые	III б – зона пригородное хозяйство	II – зона животноводческая	I – зона льно-животноводческая
Зерно	31,0	29,0	25,0	13,0	2,0
Картофель	11,5	13,0	37,0	26,0	12,5
Овощи	11,0	12,0	53,5	17,0	6,5
Лён	–	–	–	7,0	93,0
Мясо	8,9	10,2	67,0	10,3	3,6
Молоко	20,0	27,0	25,0	22,0	6,0
Яйца	3,8	4,6	86,0	4,1	1,5

**Таблица 3**

Структура продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств и по сельскохозяйственным зонам Омской области за 2015 г. (в процентах от хозяйств всех категорий) [составлена по материалам 2, 3, 5]

Сельскохозяйственные зоны	Сельскохозяйственные организации		Хозяйства населения		Крестьянские (фермерские) хозяйства	
	растениеводство	животноводство	растениеводство	животноводство	растениеводство	животноводство
IV зона зерново-животноводческая (степная)	58,2	37,3	17,9	58,9	23,9	3,8
III-а, III-в – зоны животноводческо-зерновые (южная лесостепная)	42,4	47,6	37,6	54,2	20	3,2
III-б зона пригородного хозяйства	28,2	42	62,2	55,6	9,6	2,4
II зона животноводческая (северная лесостепная)	29,7	27,2	59,6	67,2	10,7	5,6
I зона льно-животноводческая (северная, зона подтайги)	16,4	18,1	81,4	77,1	2,2	4,8



Рис. 1. Сельскохозяйственное районирование Омской области

На основании данных о производственной специализации, выраженной в структуре товарной продукции районов (табл. 2, 3), природно-климатического районирования (рис. 1), производственных типов хозяйств (рис. 2) уточнена модель природно-хозяйственного зонирования территории Омской области, где выделено 4 сельскохозяйствен-

ных зоны и области (рис. 1). Под сельскохозяйственной зоной специализации в данном случае понимается часть территории, имеющая свою четко выраженную производственную специализацию, связанную с другими административными районами области, при определенной товарной структуре и составе производственных типов хо-

зяйств. Данные, представленные на рис. 1, 2, позволяют определить специфику хозяйственной деятельности районов: товарную структуру, рейтинг района в системе производства основных видов сельскохозяйственной продукции Омской области, а также лидеров производства по типу хозяйств.

Лидерами производства продукции сельского хозяйства являются районы пригородной зоны ШБ, животноводческо-зерновой Ша, Шв и зерновой IV (рис. 1), на базе которых развиваются перерабаты-

вающие предприятия (табл. 3). Южные районы этих зон используют крепкие связи с промышленными центрами переработки, сохранившиеся ещё с советского периода. Поэтому в условиях рыночной кооперации они оказались более устойчивыми к сложной экономической ситуации. Отраслевая структура районов соответствует сельскохозяйственной специализации. Наименее вовлечены в хозяйственную деятельность районы II животноводческой и I северной льно-животноводческой зоны.

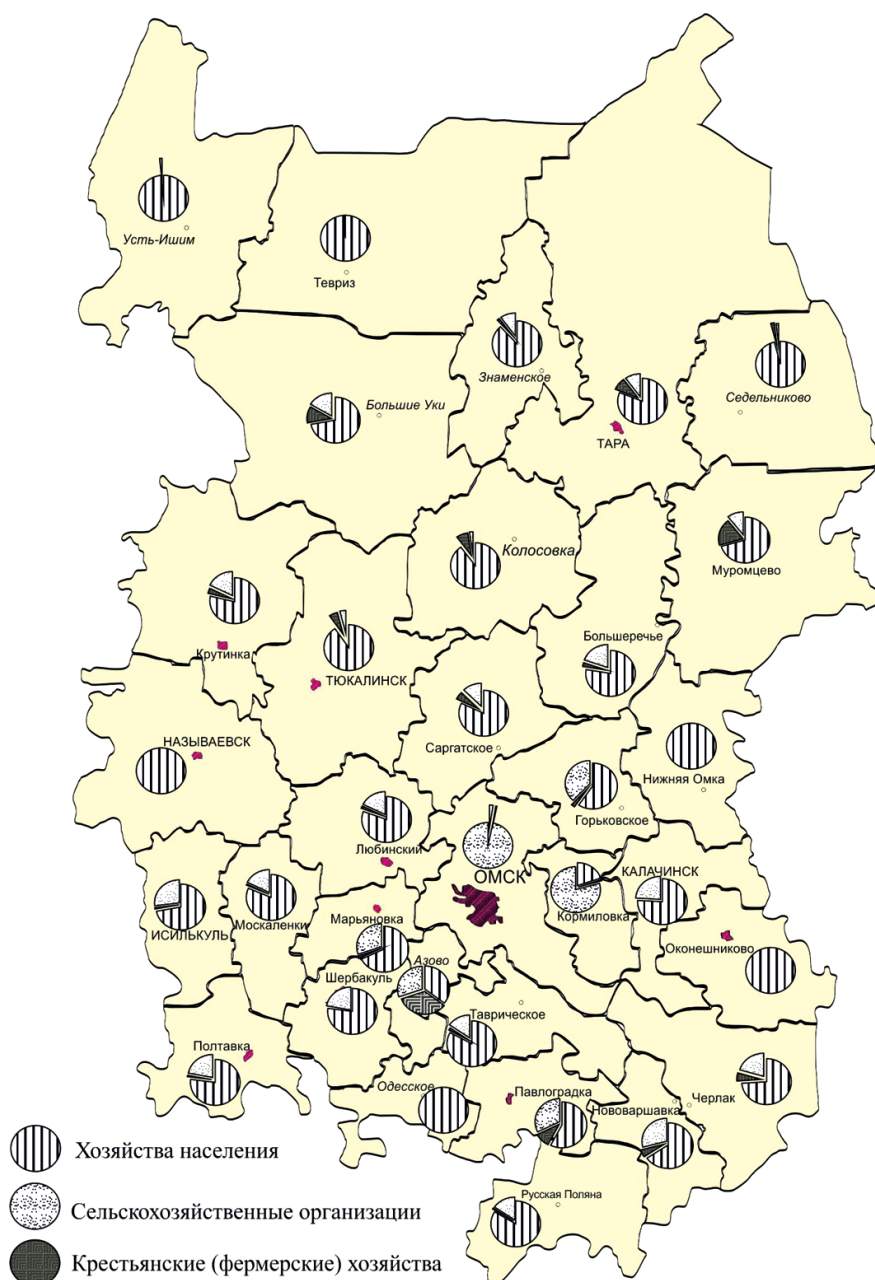


Рис. 2. Производство продукции животноводства по категориям хозяйств по районам Омской области (в фактических ценах; в процентах от хозяйств всех категорий) 2017 г.

Основная часть производства сельскохозяйственной продукции приходится на хозяйства населения пригородной и степной зон Омской области (табл. 3). На юге области эффективно работают сельскохозяйственные организации. Широкая отраслевая структура продукции растениеводства позволяет им выдержать конкуренцию. При этом в северной животноводческой лесостепной зоне основными производителями продукции являются хозяйства населения. На современном этапе активное участие в формировании валового регионального продукта Омской области принимают хозяйства населения, хотя по-прежнему наиболее рентабельными являются крупные сельскохозяйственные предприятия.

### Заключение

Современное развитие районов Омской области в условиях рынка определяет необходимость опоры на использование внутренних ресурсов. Разнообразие природных условий, отсутствие промышленных месторождений минеральных ресурсов ставит районы в неравные условия, усиливая асимметрию и диспропорции в развитии не только северных и южных территорий, но и в пределах одной природно-хозяйственной зоны. При однородной товарной структуре продукции в основных сельскохозяйственных зонах Омской области, более 80% сельскохозяйственной продукции производится в пригородной зоне специализации сельского хозяйства. Ключевыми факторами в развитии районов пригородной зоны являются благоприятные агроклиматические ресурсы, развитая транспортная инфраструктура (Транссибирская железная дорога), выгодное экономико-географическое положение (близость к административному центру г. Омску), наличие трудовых ресурсов. На фоне роста убыточных сельскохозяйственных предприятий, растущей безработицы, малой емкости рынка труда, низкого уровня заработной платы, постоянного спроса на продукцию сельского хозяйства закономерным является рост производства сельскохозяйственной продукции в подсобных хозяйствах населения (личных хозяйствах).

Для сельских жителей развитие подсобного хозяйства, содержание скота и выращивание сельскохозяйственных культур (картофеля, овощей), организация первичной переработки продукции стала основной частью дохода семейного бюджета.

### Список литературы / References

1. Агропромышленный комплекс Сибирского федерального округа. 2012–2016: Стат. сб. / Управление Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю и Республике Алтай (Алтайкрайстат). Барнаул, 2017. С. 38–56 [Электронный ресурс]. URL: [http://akstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/akstat/ru/services/catalog\\_publications/](http://akstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/akstat/ru/services/catalog_publications/) (дата обращения: 21.11.2018).

Agroindustrial complex of the Siberian federal district. 2012–2016: Statistical book/ Management of Federal service of state statistics on the Altaian edge and Republic of Altai (Altajkrajstat). Barnaul, 2017. P. 38–56 [Electronic resource]. URL: [http://akstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/akstat/ru/services/catalog\\_publications/](http://akstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/akstat/ru/services/catalog_publications/) (date of access: 21.11.2018) (in Russian).

2. Омский областной статистический ежегодник: Стат. сб. в 2 ч. Ч. II. Омскстат. Омск, 2017. 390 с. [Электронный ресурс]. URL: [http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/omsk/ru/publications/official\\_publications/electronic\\_versions/](http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/omsk/ru/publications/official_publications/electronic_versions/) (дата обращения: 21.11.2018).

Omsk regional annual statistical book: Vol. II / Omskstat. Omsk. 2017. 390 p. [Electronic resource]. URL: [http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/omsk/ru/publications/official\\_publications/electronic\\_versions/](http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/omsk/ru/publications/official_publications/electronic_versions/) (date of access: 21.11.2018) (in Russian).

3. Растениеводство Омской области: Стат. сб. / Омскстат. Омск, 2016. 137 с. [Электронный ресурс]. URL: [http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/omsk/ru/publications/official\\_publications/electronic\\_versions/archive/](http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/omsk/ru/publications/official_publications/electronic_versions/archive/) (дата обращения: 21.11.2018).

Plant-grower of the Omsk area: Statistical book / Omskstat. Omsk, 2016. 137 p. [Electronic resource]. URL: [http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/omsk/ru/publications/official\\_publications/electronic\\_versions/archive/](http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/omsk/ru/publications/official_publications/electronic_versions/archive/) (date of access: 21.11.2018) (in Russian).

4. Омский областной статистический ежегодник: Стат. сб. в 2 ч. Ч. II. Омскстат. Омск, 2005. 369 с. [Электронный ресурс]. URL: [http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/omsk/ru/publications/official\\_publications/electronic\\_versions/archive/](http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/omsk/ru/publications/official_publications/electronic_versions/archive/) (дата обращения: 21.11.2018).

Omsk regional annual statistical book: Vol. II. Omskstat. Omsk, 2005. 369 p. [Electronic resource]. URL: [http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/omsk/ru/publications/official\\_publications/electronic\\_versions/archive/](http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/omsk/ru/publications/official_publications/electronic_versions/archive/) (date of access: 21.11.2018) (in Russian).

5. Животноводство Омской области: Стат. сб. Омскстат. Омск, 2016. 94 с. [Электронный ресурс]. URL: [http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/omsk/ru/publications/official\\_publications/electronic\\_versions/archive/](http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/omsk/ru/publications/official_publications/electronic_versions/archive/) (дата обращения: 21.11.2018).

Stock-raising of the Omsk area: Statistical book. Omskstat. Omsk, 2016. 94 p. [Electronic resource]. URL: [http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/omsk/ru/publications/official\\_publications/electronic\\_versions/archive/](http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/omsk/ru/publications/official_publications/electronic_versions/archive/) (date of access: 21.11.2018) (in Russian).

УДК 622.276

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО РЕАГЕНТА «DESANDOL 711» ПО ОГРАНИЧЕНИЮ ВЫНОСА МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ ДЛЯ СЛАБОЦЕМЕНТИРОВАННЫХ ПЕСЧАНИКОВ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ

<sup>1</sup>Леонтьев С.А., <sup>1</sup>Кононенко А.А., <sup>2</sup>Дягилев В.Ф.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: general@tsogu.ru;

<sup>2</sup>Филиал Тюменского индустриального университета, Нижневартовск, e-mail: Tiu-nv@mail.ru

В статье рассматривается технология по применению комплексного химического реагента для крепления слабосцементированных песчаников, которая уменьшает пробкообразование на забое скважин. Эффективность химического метода оценивалась на анализе показателей проницаемости керна до и после прокачки реагента «Desandol 711». Для примера в лабораторных исследованиях использовались среднепроницаемые образцы пород-коллекторов, отобранных из продуктивных отложений пласта АВ1-1,2, АВ1-3 многопластового Самотлорского месторождения. Эксперименты по вытеснению нефти водой определили параметры открытой пористости, остаточной водонасыщенности (Кво), остаточной нефтенасыщенности (Кно) на образцах продуктивных пород до и после тестирования комплексного реагента «Desandol 711», в пластовых условиях. В ходе лабораторных исследований получили снижение проницаемости как естественного процесса образования цементирующего вещества в пласте со слабосцементированными песчаниками в результате обработки его реагентом «Desandol 711». Проницаемость по нефти уменьшилась в пределах 7–12%, а проницаемость по воде – 4,5–5,3%. Применение химического комплексного реагента привело к снижению выноса механических примесей на 83%. В ходе эксперимента выявлено, что химический реагент кроме уменьшения выноса механических примесей, обладая свойством задерживания водной фазы, позволит существенно ограничить водоприток из пласта. В процессе исследования керна рассматривались различные концентрации растворов «Desandol 711» в пределах от 4% до 10%. Выявлена оптимальная концентрация реагента «Desandol 711» для закрепления слабосцементированного песчаника средней проницаемости составляет в пределах 4–7%. Оптимальная концентрация комплексного реагента «Desandol 711» для конкретной скважины месторождения может быть установлена только в ходе опытно-промышленных испытаний.

**Ключевые слова:** песчаники, химический реагент, механические примеси, проницаемость, водонасыщенность, нефтенасыщенность

## RESEARCH OF APPLICATION OF COMPLEX REAGENT «DESANDOL 711» ON LIMITATION OF EMISSIONS OF MECHANICAL IMPURITIES FOR SLIGHTLY CEMENTED SANDBAND OF PRODUCTIVE LAYER

<sup>1</sup>Leontev S.A., <sup>1</sup>Kononenko A.A., <sup>2</sup>Dyagilev V.F.

<sup>1</sup>Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: general@tsogu.ru;

<sup>2</sup>The branch of the Tyumen Industrial University, Nizhnevartovsk, e-mail: Tiu-nv@mail.ru

The article deals with the technology for the use of a complex chemical reagent for fixing weakly cemented sandstones, which reduces plug-off at the bottom of wells. The efficiency of the chemical method was evaluated by analyzing the core permeability values before and after the «Desandol 711» reagent. For example, in laboratory studies, medium-permeable samples of reservoir rocks selected from the productive deposits of the АВ1-1.2, АВ1-3 layer of the multi-layer Samotlor field were used. Experiments to displace oil with water determined the parameters of open porosity, residual water saturation (Kwo), residual oil saturation on samples of productive rocks before and after testing the complex reagent «Desandol 711», in reservoir conditions. In the course of laboratory studies, a decrease in permeability was obtained, as a natural process of formation of a cementing substance in a reservoir with weakly cemented sandstones as a result of treatment with the «Desandol 711» reagent. Permeability for oil decreased within 7–12%, and water permeability – 4,5–5,3%. The use of a chemical complex reagent led to a decrease in the removal of mechanical impurities by 83%. In the course of the experiment, it was found that the chemical agent, in addition to reducing the removal of mechanical impurities, possessing the property of retention of the aqueous phase will significantly limit the water inflow from the formation. In the process of core analysis, various concentrations of «Desandol 711» solutions were considered in the range from 4% to 10%. The optimum concentration of the «Desandol 711» reagent was determined to fix the weakly-cemented sandstone of average permeability in the range of 4% to 7%. The optimal concentration of the Desandol 711 complex reagent for a specific well in the field can only be established during pilot trials.

**Keywords:** sandstones, chemical reagent, mechanical impurities, permeability, water saturation, oil saturation

Слабосцементированные песчаники составляют значительную долю пород по месторождениям Западной Сибири, в том числе на Самотлорском месторождении. На Самотлорском месторождении выявлены залежи нефти промышленного значения в пластах: АВ<sub>1</sub><sup>1-2</sup>, АВ<sub>1</sub><sup>3</sup>, АВ<sub>2-3</sub>, АВ<sub>4-5</sub>, АВ<sub>6</sub>,

АВ<sub>7</sub>, АВ<sub>8</sub>, БВ<sub>0</sub>, БВ<sub>1</sub>, БВ<sub>2</sub>, БВ<sub>7</sub>, БВ<sub>8</sub><sup>0</sup>, БВ<sub>8</sub><sup>1-3</sup>, БВ<sub>10</sub>, БВ<sub>19-22</sub>, ЮВ<sub>1-2</sub>. Основные запасы нефти, их большая часть, сосредоточены в продуктивных пластах АВ<sub>1</sub><sup>1-2</sup>, АВ<sub>1</sub><sup>3</sup>, АВ<sub>2-3</sub>, АВ<sub>4-5</sub>, БВ<sub>8</sub>, БВ<sub>10</sub>, ЮВ<sub>1</sub>.

Слабое цементирование песчаников приводит к выносу механических примесей

в скважины, и, как следствие, при эксплуатации скважин происходит образование песчаных пробок на забое и снижение нефтеизвлечения [1, 2]. Для уменьшения выноса механических примесей с флюидом применяют технологии для крепления слабосцементированных песчаников, в частности рассматривается возможность применения реагента «Desandol 711». Исследования проводились на керновом материале пластов АВ<sub>1</sub><sup>1-2</sup>, АВ<sub>1</sub><sup>3</sup> Самотлорского месторождения и определялась характеристика изменения градиента давления для граничных показателей высыпания механических примесей. Проведен сравнительный анализ показателей проницаемости до и после прокачки реагента «Desandol 711».

Определение остаточной нефтенасыщенности по пластам АВ<sub>1</sub><sup>1-2</sup>; АВ<sub>1</sub><sup>3</sup> Самотлорского месторождения (табл. 1), проводилось в два этапа, в соответствии со стандартными методиками [3–5].

Первый этап – определение коэффициентов вытеснения нефти пластовой водой и остаточной нефтенасыщенности на составной модели.

Второй этап – определение выноса механических примесей.

*Модель 1* – среднепроницаемые образцы пород-коллекторов, отобранные, из продуктивных отложений пласта АВ<sub>1</sub><sup>1-2</sup> АВ<sub>1</sub><sup>3</sup> представлены тремя образцами № 14.13; № 16.13; № 12.13, средние значения проницаемости которых составило:

Кпр. по газу изменяется от 298,30 до 357,15, среднее 321,36 мД.

Кпр. по воде изменяется от 170,72 до 146,17, среднее 155,12 мД.

Кпр. по нефти изменяется от 298,30 до 357,15, среднее 124,3 мД.

Проведённые эксперименты показали, что образцы пород коллекторов характеризуются сравнительно высокими величинами коэффициента остаточной нефтенасыщенности ( $K_{\text{он}}^{\text{сп}} = 38,5\%$ ), которые изменяется в пределах – от 37,7 до 39,4%, коэффициенты вытеснения нефти водой для этих отложений варьируют от 0,482 до 0,520, что в среднем составляет около 0,499.

При определении коэффициентов вытеснения нефти пластовой водой при стационарной фильтрации флюидов, величинам коэффициента пористости и остаточной нефтенасыщенности был произведен перерасчет отдельных параметров открытой пористости моделей с различным содержанием остаточной воды в порах. Выделено по три группы пор.

*Модель 1 нефтевытеснение пластовой водой:*

1) поры, заполненные остаточной водой – 22,9%,

2) поры, заполненные остаточной нефтью – 38,5%,

3) поры, освобожденные от нефти, путем вытеснения её водой – 38,6%.

Эти данные позволяют оценить эффективную и динамическую емкость различных классов пород-коллекторов и их способность к нефтеизвлечению. Определение выноса механических примесей составило не более 2% от всего объема пород составной модели.

Проведенный авторами анализ показал, что минералогический состав механических примесей представлен кварцем, полевыми шпатами, обломками пород и гидроокислами железа. Обломки в различной степени окатанные, с преобладанием не окатанных угловатых зерен, с неровными краями. Форма зерен чаще всего неправильная и изометричная, редко таблитчатая и близка к призматической. Размер преобладающей фракции 0,1–0,15 мм, максимальный диаметр единичных зерен достигает 0,15 мм. Гидроокислы железа аморфного состава, образуют бесформенные скопления.

*Модель 2* – высокопроницаемые образцы пород-коллекторов, отобранные из продуктивных отложений пласта АВ<sub>1</sub><sup>3</sup> представлены тремя образцами № 18.13; № 15.13; № 17.13, среднее значение проницаемости которых составило:

Кпр. по газу изменяется от 518,27 до 451,07, среднее 494,62 мД.

Кпр. по воде изменяется от 246,48 до 212,0, среднее 231,67 мД.

Кпр. по нефти изменяется от 199,59 до 179,98, среднее 191,98 мД.

Образцы характеризуются сравнительно невысокими величинами коэффициента остаточной нефтенасыщенности ( $K_{\text{он}}^{\text{сп}} = 33,7\%$ ), который изменяется в широких пределах – от 32,7 до 35,0% соответственно, коэффициенты вытеснения нефти пластовой водой, для этих отложений имеют средние значения и варьируют от 0,550 до 0,576, что в среднем составляет около 0,564 (табл. 2).

При определении коэффициентов вытеснения нефти пластовой водой при стационарной фильтрации флюидов, величинам коэффициента пористости и остаточной нефтенасыщенности был произведен перерасчет отдельных параметров открытой пористости моделей с различным содержанием остаточной воды в порах. Выделено по три группы пор.:

Модель 2 нефтевытеснение пластовой водой):

1) поры, заполненные остаточной водой – 22,6%;

2) поры, заполненные остаточной нефтью – 33,7%;

3) поры, освобожденные от нефти, путем вытеснения её водой – 43,7%.

Определение выноса механических примесей составило не более 3% от всего объема пород составной модели. Минералогический состав механических примесей представлен

кварцем, плагиоклазом и карбонатом. Обломки минералов хорошо и плохо окатанные, с неровными краями. Форма зерен изометричная, таблитчатая и в основном неправильная. Размеры обломков изменяются в пределах от 0,03 до 0,2 мм. Кварцевые обломки отмечены чаще других. Карбонат в процентном соотношении составляет не более 3% от всего состава механических примесей, образует гранобластовые зерна неправильной формы с неровными извилистыми и зазубренными краями размером до 0,05 мм.

**Таблица 1**

Результаты исследования фильтрационно-емкостных свойств, проведенных на моделях слабосцементированных песчаников продуктивных пластов

Лаб.номер образца	Место отбора, м Пласт	Параметры образцов керна					Начальная нефтенасыщенность $S_{и}^{нач.д. ед.}$	Остаточная нефтенасыщенность $S_{в}^{ост.д. ед.}$	Коэффициент вытеснения нефть/газ β, д. ед.	Линейная скорость. Улин, м/сут
		Пористость, %	Объем пор, см <sup>3</sup>	Проницаемость по газу мД.	Проницаемость по нефти мД. при Кво.	Проницаемость по воде мД. при Кно				
Модель 1										
14.13	1797,48 АВ1-3	20,22	4,480	357,15	138,93	170,72	0,786	0,377	0,520	2,95
16.13	1798,2 АВ1-3	19,70	3,944	303,65	115,05	148,48	0,767	0,386	0,497	2,95
12.13	1819,6 АВ1-3	19,81	3,966	298,30	118,93	146,17	0,760	0,394	0,482	2,95
среднее значения							0,771	0,385	0,499	
Модель 2										
18.13	1798,6 АВ1-2	23,53	4,774	518,27	196,37	236,53	0,773	0,334	0,568	2,36
15.13	1821,2 АВ1-3	21,91	4,386	514,54	199,59	246,48	0,771	0,327	0,576	2,36
17.13	1949,6 АВ1-3	23,30	4,665	451,07	179,98	212,0	0,778	0,350	0,550	2,36
среднее значения							0,774	0,337	0,564	

На основании эксперимента по вытеснению нефти водой определили не только параметры открытой пористости, остаточной водонасыщенности (Кво), остаточной нефтенасыщенности (Кно), были сформулированы требования к подготовке образцов продуктивных пород к тестированию реагента «Desandol 711» в пластовых условиях.

В создаваемой насыпной модели для получения пористости соотношения величин порового объема обломков к суммарному объему каждого образца, составляющих 3,944 и 4,386 см<sup>3</sup>. Заводнение с помощью прокачки не ухудшило эффективной проницаемости по воде при скорости потока в диапазоне от 10 мл/ч до 60 мл/ч при пластовой температуре.

Эффективная проницаемость по пластовой воде при пластовой температуре составляла 148 и 246 мД.

После подготовки образцов цементированного ядра путем замещения в пласте соленой пластовой воды нефтью, остаточная водонасыщенность (Кво) для составной модели 1 и 2 составила соответственно 23,32 и 22,91%. Градиент давления во время измерения эффективной проницаемости нефти при пластовой температуре в прямом и обратном направлениях при Кво был стабильным для цементированных образцов ядра. Градиент давления также был стабилен во время обработки порового пространства обоих образцов.

Результаты исследования представлены в табл. 2.

Во время прокачки после обработки 4%-ным раствором «Desandol 711» цементированных образцов модели 1, шести поровых объемов нефти при скорости прокачки 60 см<sup>3</sup>/ч и T = 76 °C, градиент давления резко увеличился с 30 до 180 атмосфер. Однако когда направление потока было повернуто в обратную сторону, градиент давления сразу же снизился до 40 атмосфер и оставался стабильным на протяжении последующих измерений проницаемости.

Причина этого – образование водонепроницаемой эмульсии, но факт того, что градиент давления так быстро восстановился после перенаправления потока, дает основание предполагать, что закупорка находилась очень близко к верхней части ядра, возможно в головной части кернодержателя. Если закупорка была фактически в образце ядра, то можно ожидать, что она устранится в течение не продолжительного периода времени. После обработки образцов модели 4%-ным раствором «Desandol 711», время

выдержки на реакцию реагента с песчаным коллектором – 72 ч.

После подготовки двух образцов цементированного ядра методом вытеснения нефти пластовой водой, определили остаточную нефтенасыщенность – Кно, с помощью реторты, результаты соответственно составили 38,6 и 33,7%.

Сравнивая результат до и после обработки реагентом «Desandol 711», с 4%-ной концентрацией 1 модели, проницаемость по нефти снизилась как в прямом (скважина – пласт), так и в обратном (пласт – скважина) направлениях. Проницаемость по нефти в прямом направлении снизилась с 115 до 104 мД, что ниже на 9,6%. Проницаемость по нефти в обратном направлении снизилась с 105 до 97 мД, что ниже на 7,6%. Проницаемость по воде в прямом направлении снизилась с 148 до 139 мД, что ниже на 6,1%. Проницаемость по воде в обратном направлении снизилась с 134 до 127 мД, что ниже на 5,3%.

Количество мех. примесей снизилось с 2% до 0,5%, что ниже на 75%.

Сравнительный результат до и после обработки реагентом «Desandol 711» с 7%-ной концентрацией 2 модели показал, что проницаемость по нефти также снизилась в прямом и обратном направлении. Проницаемость по нефти в прямом направлении снизилась с 199 до 178 мД, что ниже на 10,6%. Проницаемость по нефти в обратном направлении снизилась с 181 до 160 мД, что ниже на 11,7%. Проницаемость по воде в прямом направлении снизилась с 246 до 221 мД, что ниже на 10,2%. Проницаемость по воде в обратном направлении снизилась с 224 до 214 мД, что ниже на 4,5%.

Количество механических примесей снизилось с 3% до 0,5%, что ниже на 83%.

### Выводы

1. Снижение проницаемости – естественный процесс образования цементующего вещества в пласте со слабосцементированными песчаниками в результате обработки его реагентом «Desandol 711». При обработке слабосцементированного пласта высокой проницаемости (от 130 до 300 мД) 4%-ным и 7%-ным раствором реагента «Desandol 711» в безводной (товарной) нефти значения следующих параметров снизились соответственно: – проницаемость по нефти (пласт – скважина) – на 7,6% и 11,7%, – проницаемость по воде – на 5,3% и на 4,5%, – количество механических примесей – на 83,0%.



Таблица 2

Результаты исследования цементированности керна

Идентификационный номер	Ед. изм.	Цементированный песчаник модель 1	Цементированный песчаник модель 2
Глубина	(м)	1445	1467
Длина	(см)	29,9	29,9
Площадь	(см <sup>2</sup> )	7,018	7,018
Объем пор (длина*площадь)	(см <sup>3</sup> )	20,002	20,002
Свойства в свежем состоянии			
Эффективная проницаемость по воде	(мД)	148	246
Коэффициент пористости	(%)	19,7	21,9
Поровый объем	(см <sup>3</sup> )	3,944	4,386
Остаточная водонасыщенность	(см <sup>3</sup> )	0,919	1,004
Остаточная нефтенасыщенность	(см <sup>3</sup> )	1,522	1,434
Определение Кво			
Максимальное капиллярное давление	(бар)	2,0	2,0
Добытая жидкость	(см <sup>3</sup> )	1,503	1,948
Кво	(у.е.)	0,233	0,229
Проницаемость по воде до обработки			
Эффективная проницаемость по воде, прямое направление	(мД)	148	246
Эффективная проницаемость по воде, обратное направление	(мД)	134	224
Обработка			
Концентрация реагента	(%)	4,0	7,0
Проницаемость по воде после обработки			
Эффективная проницаемость по воде, прямое направление	(мД)	139	221
Эффективная проницаемость по воде, обратное направление	(мД)	127	214
Снижение проницаемости			
Прямое направление	(%)	-6,1	-10,2
Обратное направление	(%)	-5,3	-4,5
Средний показатель сокращения	(%)	-5,7	-7,3
Проницаемость по нефти до обработки			
Эффективная проницаемость по нефти, прямое направление	(мД)	115	199
Эффективная проницаемость по нефти, обратное направление	(мД)	105	181
Обработка			
Концентрация реагента	(%)	4,0	7,0
Проницаемость по нефти после обработки			
Эффективная проницаемость по воде, прямое направление	(мД)	104	178
Эффективная проницаемость по воде, обратное направление	(мД)	97	160
Снижение проницаемости			
Прямое направление	(%)	-9,6	-10,6
Обратное направление	(%)	-7,6	-11,7
Средний показатель сокращения	(%)	-8,6	-11,1

Обработка пласта реагентом «Desandol 711» с концентрацией от 10 % может привести к значительной потере проницаемости по воде – более 50 %.

2. Оптимальная концентрация реагента «Desandol 711» для закрепления слабосцементированного песчаника средней проницаемости составляет в пределах 4–7 %.

3. Обработка слабосцементированного пласта средней проницаемости реагентом «Desandol 711» концентрацией 10 % может привести к значительной потере проницаемости.

4. Необходимо отметить, что при обработке реагентом всех исследуемых концентраций реагента проницаемость по воде

снизилась для всех образцов. Выявление в ходе экспериментов этого аспекта дает основание считать, что помимо ограничения выноса механических примесей, обладая свойством задерживания водной фазы, применение данного реагента позволит существенно ограничить водоприток из пласта. Оптимальная концентрация для конкретной скважины месторождения может быть установлена только в ходе опытно-промышленных испытаний.

#### Список литературы / References

1. Апасов Т.К., Апасов Р.Т., Апасов Г.Т. Методы интенсификации добычи нефти и повышения нефтеотдачи для месторождений Западной Сибири: учеб. пособие. Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. 187 с.

Апасов Т.К., Апасов Р.Т., Апасов Г.Т. Methods of an intensification of oil production and increase in oil recovery for fields of Western Siberia: учебное пособие. Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. 187 p. (in Russian).

2. Коротенко В.А., Кряквин А.Б., Грачев С.И. Физические основы разработки нефтяных месторождений и методов повышения нефтеотдачи. Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. 104 с.

Korotenko V.A., Kryakvin A.B., Grachev S.I. Physical bases of development of oil fields and methods of increase in oil recovery. Tyumen: TyumGNGU, 2014. 104 p. (in Russian).

3. ГОСТ 26450.0-85. Породы горные. Общие требования к отбору и подготовке образцов/проб для определения коллекторских свойств. М.: Издательство стандартов, 1985. 6 с.

4. ГОСТ 26450.1-85. Породы горные. Метод определения коэффициента открытой пористости жидкостями насыщением. М.: Издательство стандартов, 1985. 6 с.

5. ГОСТ 26450.2-85. Породы горные. Метод определения коэффициента абсолютной газопроницаемости при стационарной и нестационарной фильтрации. М.: Издательство стандартов, 1985. 6 с.

УДК 549.283:553.07(571.52)

**ОЦЕНКА РЕСУРСОВ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ  
ОТРАБОТАННЫХ РОССЫПЕЙ ЗОЛОТА КАРА-ХЕМ, ПРОЕЗДНОЙ (ТУВА)****Прудников С.Г., Хертек Ч.М.***Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл,  
e-mail: prudnikov\_s@inbox.ru*

Выполнена оценка ресурсного потенциала техногенных отложений (отвалов перемытых песков), сформировавшихся в результате отработки россыпей золота Кара-Хем и Проездной Тапса-Каахемского золотоносного района (Тува). В долине р. Кара-Хем установлена промышленная техногенная россыпь золота на участке мускульной отработки и две непромышленные россыпи на участках дражной и гидравлической отработок. Прогнозные ресурсы золота в промышленной техногенной россыпи оцениваются в 140,8 кг при среднем содержании золота 376 мг/м<sup>3</sup>. Прогнозные ресурсы золота на участках дражной и гидравлической отработок оцениваются авторами в 65,9 кг при среднем содержании 59 и 139 мг/м<sup>3</sup>. В техногенной россыпи Кара-Хем преобладает крупное (78,4 вес%), слабоокатанное (94,5%) золото, комковатой (80,7%) и уплощенной (17,8%) формы, что гарантирует высокую извлекаемость при ее отработке. Пробность золота 860%. Оценка россыпей проводилась с помощью бульдозерных траншей, из которых отбирались валовые посекционные пробы, промываемые на промприборе. В долине р. Проездной установлена непромышленная техногенная россыпь золота на участках мускульной и гидравлической отработки. Прогнозные ресурсы золота техногенных отложений оцениваются авторами в 11,5 кг при среднем содержании 87 мг/м<sup>3</sup>. Главным видом опробования гале-эфельных отвалов россыпи Проездной являются среднеобъемные рядовые пробы объемом 0,2 м<sup>3</sup>. В техногенной россыпи Проездной преобладает крупное и среднее золото (55 вес% и 25,8 вес%), слабоокатанное, комковатой формы. Пробность золота 902%. Техногенные отложения отработанных россыпей Кара-Хем и Проездной обладают высоким потенциалом для их повторной отработки небольшими золотодобывающими предприятиями.

**Ключевые слова:** техногенные отложения, отвалы, техногенные россыпи, ресурсы золота, россыпи, пробность золота, Тува

**ESTIMATION OF RESOURCES OF TECHNOGENIC FORMATIONS  
OF PROCESSED GOLD PLACER KARA-HEM, THE PROEZNDOI (TUVA)****Prudnikov S.G., Khertek Ch.M.***Tuvian Institute for Exploration of Natural Resources of Siberian Branch of the RAS, Kyzyl,  
e-mail: prudnikov\_s@inbox.ru*

The paper considers the evaluation of resource potential for technogenic deposits (dump areas of washed sands) formed as a result of the Kara-Khem gold mining placer as well as the Proezdnoi Tapsa-Kaakhem gold-bearing area (Tuva). The industrial technogenic gold placer within muscular work area and two non-industrial placers within dredging and hydraulic work areas are discovered by us in the valley of the Kara-Khem river. Gold reserves in industrial technogenic placers are estimated at 140.8 kg with an average gold grade of 376 mg/m<sup>3</sup>. Undiscovered gold resources within dredging and hydraulic work areas are estimated by the authors at 65.9 kg. with an average gold grade of 59 and 139 mg/m<sup>3</sup>. The Kara-Khem technogenic placer is dominated by gold characterized as coarse (78.4 wt%), lightly rolled (94.5%), lumpy (80.7%) and flattened (17.8%) that guarantees high recoverability in mining. Gold fineness is 860%. Evaluation of the placers is carried out using bulldozer trenches from which wholesale sectional samples washed on the industrial instrument. The industrial technogenic gold placer within muscular and hydraulic work areas is discovered by us in the valley of the Proezdnoi river. Undiscovered gold resources of technogenic deposits are estimated by the authors at 11.5 kg with an average gold grade of 87 mg/m<sup>3</sup>. The main sampling survey of gale-lixiviation dumps of the Proezdnoi placer is medium-volume standard samples with 0.2 m<sup>3</sup>. The Proezdnoi placer is dominated by coarse and mid-size gold (55 wt% and 25.8 wt%), slightly rolled and lumpy. Gold fineness is 902%. The technogenic deposits of the Kara-Khem and the Proezdnoi mining placers have a high potential for their re-mining by small gold mining companies.

**Keywords:** technogenic deposits, dumps, technogenic placers, gold resources, placers, gold fineness, Tuva

Знаменитые тувинские россыпи золота длительное время определяли экономику Республики Тыва [1]. За период с 1848 по 2018 г. из этих россыпей было добыто около 50 т золота. В разные этапы освоения россыпей на местах добычи были складированы значительные по объему отвалы перемытых песков, которые можно подразделить на отвалы мускульной, дражной и гидравлической отработки. В связи с ис-

тощением запасов россыпных месторождений в регионе возникла необходимость изучения ресурсного потенциала этих техногенных образований для их повторной эксплуатации.

Цель исследования: изучение ресурсного потенциала техногенных образований отработанных россыпей золота Кара-Хем и Проездной Тапса-Каахемского золотоносного района.

### Материалы и методы исследования

В ходе полевых экспедиционных исследований 2017–2018 гг. были проведены работы по выявлению, систематизации, опытному опробованию и переоценке техногенных образований отработанных россыпей Проездной, Кара-Хем для оценки возможности повторной отработки гале-эфельного комплекса россыпных месторождений, обрабатываемых старателями в разные годы. Изучение гранулометрических и морфометрических особенностей золота и попутных компонентов техногенных россыпей, благоприятных для повторной их отработки с применением традиционных промывочных приборов, диагностика и анализ золота проводились в лаборатории геодинамики, магматизма и рудообразования ФГБУН ТуВИКОПР СО РАН.

### Результаты исследования и их обсуждение

Тапса-Каахемский золотоносный район выделяется в пределах Каахемской зоны смятия, являющейся важной золотоносной структурой Тувы [1, 2]. Он объединяет россыпные месторождения золота Иткин, Кара-Хем, Тапса, О-Хем, Проездной в бассейне р. Тапсы, россыпные месторождения р. Копто и ее притоков, а также месторождение рудного золота Проездной. В общем балансе россыпной золотоносности Тувы они включают 7,1% россыпного золота. Россыпные месторождения эксплуатировались в течение длительного периода с 1904 г. вплоть до настоящего времени (табл. 1).

существовало 3 прииска, на нижнем из них в 1912–1918 гг. работала драга, а на остальных отработка велась мускульным способом. Всего за период с 1905 по 1994 г. на месторождении добыто около 2100 кг золота. Применялся мускульный, гидравлический и отдельный гидромеханический способы отработки. Отрезок долины р. Кара-Хем протяженностью 6,5 км, на котором обрабатывалась россыпь, имеет в настоящее время ярко выраженный техногенный ландшафт. Особенности ландшафта и характер слагающих его техногенных образований позволили разделить отработанную россыпь на участки в зависимости от применявшихся способов отработки (дражной, мускульной и гидравлической отработки), а затем оценить каждый из них в отдельности (рис. 1). Оценка произведена по данным «Поисково-оценочных работ на россыпное золото в техногенных отложениях долины р. Кара-Хем» – отчет артели старателей «Тыва» по работам 1997–1999, Горшков В.С.

Участок дражной отработки протяженностью 1,3 км выделен вниз от впадения руч. Горелого (рис. 1). Техногенный рельеф дражных отвалов можно охарактеризовать как «холмисто-бугристый» беспорядочный, обусловленный непрерывным чередованием мелких неправильных форм с вертикальным размахом до 3 м, на фоне которых выделяются отдельные более крупные «холмы» высотой до 5–7 м. На буграх наблюдаются высыпки гравийно-галечного материала с мелкими валунами, в котором много плитчатого щебня пород коренного ложа (результат задиры плотика). Разрез участка дражной отработки был

Таблица 1

Параметры отработанных россыпей Тапса-Каахемского района

Россыпь	Длина, км	Ширина, м	Мощность, м		Сод. г/м <sup>3</sup> пласта	Добыто золота, кг
			торфов	пласта		
Кара-Хем (Тапса)	6,1	20–200	4–6	1–2	2,5–4	2100
Копто	3,5	95	5–6	1–1,6	2	338
М. Проездной	1,0	15–25	5,0	1,0	2,8	372

*Техногенная россыпь Кара-Хем.* Кара-Хемское месторождение россыпного золота известно с 1903 г. [3]. Преобладающее большинство россыпей относится к долинным пойменным, значительно меньше доля долинных россыпей погребенного вреза, террасовых, террасоувальных, ложковых и техногенных россыпей. Эксплуатация месторождения начата в 1905 г. До 1918 г.

изучен траншеей 130. Дражные отвалы на две трети состоят из гале-эфельных образований, представленных валунно-гравийно-галечным материалом желтовато-серого цвета с примесью плитчатого щебня и дресвы, состоящих из пород плотика. Обломочный материал составляет 80–90%, заполнитель – 10–20%, представлен песком, суглинком. Под гале-эфельными об-

разованиями лежат эфеля, представленные серым песчано-гравийным материалом с линзовидно-слоистой текстурой. Приплотиковый слой отвалов обогащен валунами (20–40%). Средняя мощность техногенных отложений – 4,0 м. Среднее содержание золота по траншее 130 в целом, включая приобортовые целики, составило 139 мг/м<sup>3</sup> на массу, при минимально промышленном содержании 210 мг/м<sup>3</sup> (на блок), таким образом, на дражном полигоне можно ожидать забалансовые запасы золота.

лены здесь гале-эфельными образованиями, перебуторенными в процессе добычных работ и явно перемытыми впоследствии рекой. Они представляют собой валунно-галечный материал с песчаным и супесным цементом. Обломочный материал составляет 60–70% объема породы, причем на долю валунов приходится 15–25%. Количество и размер валунов возрастает сверху вниз по разрезу, и наиболее крупные из них (до 1,5 м) лежат на плотике, что вызвано, видимо, перемывом отложений. Мощность слоя от 0,5 до 3 м.



Рис. 1. Техногенная россыпь Кара-Хем: Д – участок дражной отработки, М – участок мускульной отработки, Г – участок гидравлической отработки россыпи. Тр-130 – разведочные траншеи и их номера

Участок мускульной отработки примыкает к верхнему окончанию дражного полигона и прослеживается на 2,7 км вверх до устья руч. Кедрового. Техногенный рельеф участка можно назвать «холмисто-грядовым». Здесь на фоне мелкобугристой поверхности замкнутых старых отработок выделяются «холмы» размером до 250 м в плане и высотой до 5–7 м и узкие (5–15 м) вытянутые вдоль долины (30–220 м) «гряды» или валы высотой до 3 м. Эти положительные формы рельефа образованы отвалами мускульной бочковой отработки различными по составу. Отрицательные формы рельефа представлены замкнутыми карьерами, канавами, уступы и бровки которых частично сохранились. «Гряды» расположены, как правило, в отработанном пространстве и сложены крупными валунами – отвалами, складировавшимися, вероятно, рядом с бочкой по мере ее продвижения вдоль россыпи. «Холмы» представляют собой галевые и вскрышные отвалы. Основная часть отработанного пространства занята перебуторенным гале-эфельным материалом. Разрез участка мускульной отработки изучался траншеями 142 и 154. Собственно техногенные отложения представ-

Содержание золота в гале-эфельных образованиях возрастает сверху вниз от 13 до 448 мг/м<sup>3</sup>, т.е. достигает промышленных значений в приплотиковом слое мощностью до 1 м (данные валового опробования). Увеличение концентрации золота в приплотиковой части с одновременным увеличением количества и крупности обломочного материала позволяет предполагать, что в техногенных отложениях участка мускульной отработки продолжается формирование золотосодержащего пласта до настоящего времени за счет перемива их паводковыми водами и перемещения золота в низы разреза. Одновременно с техногенными образованиями промышленные содержания золота установлены в приобортовых целиках и породах плотика. Это позволило выделить и оконтурить на участке мускульной отработки промышленную техногенную россыпь.

Участок гидравлической отработки расположен выше мускульного полигона и протягивается на 1,5 км до устья руч. Теплового. Гидравлическая отработка по времени проведения является самой поздней, и поэтому ее площадь выделяется тем, что является «голой», лишенной леса и по-

членного слоя. Техногенный рельеф участка типичен для россыпей, обработанных с применением гидромониторов и бульдозеров – вытянутый вдоль долины карьер с буграми бульдозерных отвалов, остатками запруд-накопителей воды и с водозаводными канавами по бортам. Разрез техногенных отложений изучен траншеей 166. Траншея вскрыла перебуторенные гале-эфельные образования, представленные валунно-галечным материалом с плитчатым щебнем алевролитов (породы плотика) и небольшим количеством песчано-супесного заполнителя (20%). На гале-эфельные образования здесь наложены породы вскрыши и чисто эфельные отвалы. Усредненная общая мощность техногенных образований составила 2,3 м. Породы плотика, представленные рассланцованными алевролитами, вскрыты на глубину до 0,6 м. По данным валового опробования содержание золота в техногенных отложениях составляет 14–104 мг/м<sup>3</sup>. Наибольшие содержания отмечаются в приплотиковом слое, но и они не отвечают промышленным. Среднее содержание золота по траншее составило 59 мг/м<sup>3</sup> на массу, что ниже бортового (100 мг/м<sup>3</sup>).

*Техногенная россыпь Проездной.* Россыпь Проездной приурочена к ручьям Большой и Малый Проездной (рис. 2). Россыпь была открыта в 1932 г., в 1944 г. была произведена разведка россыпи, подсчитаны запасы россыпного золота. Поиски источников россыпей завершились открытием рудопроявления Проездное, в котором в трех кварцевых жилах с сульфидной минерализацией подсчитаны запасы до глубины 30 м в количестве 261,5 кг золота. Основная добыча велась в 1956–1968 гг. Кызылским разведочно-эксплуатационным предприятием (РЭП) [3]. Россыпь Мал. Проездной прослежена на 2,2 км при ширине от 10–15 до 60 м, мощность пласта 1 м, мощность торфов 3–4 м, содержание 300 мг/м<sup>3</sup> массы. В пойме ручья Бол. Проездной россыпь прослежена на 0,8 км при ширине до 80–100 м. Мощность золотоносного пласта террасы достигает 1–4,5 м при мощности торфов от 10 до 99,5 м и содержании золота от 100–300 до 1000 мг/м<sup>3</sup> массы. Золото месторождения крупное, слабоокатанное, с самородками. Нередки сростки с кварцем. За период эксплуатации добыто 372 кг золота. Обработанная россыпь Проездной разделяется в зависимости от применявшихся способов обработки на участки мускульной, гидравлической и гидромеханической обработки. Отвалы мускульной обработки открытым способом (15% площади) возрастом

40–60 лет выделяются как невысокие отвалы, частично заросшие растительностью. Отвалы гидравлической обработки открытым способом (60%) возрастом 25–30 лет выделяются в рельефе как отвалы высотой 3–5 м без следов растительности. Отвалы подземной обработки по руч. Мал. Проездной выделяются в виде невысоких отвалов высотой 1–2 м. Отвалы гидромеханической обработки открытым способом (современные) занимают небольшую площадь (15%), высота их 3–7 м, лишены растительности.

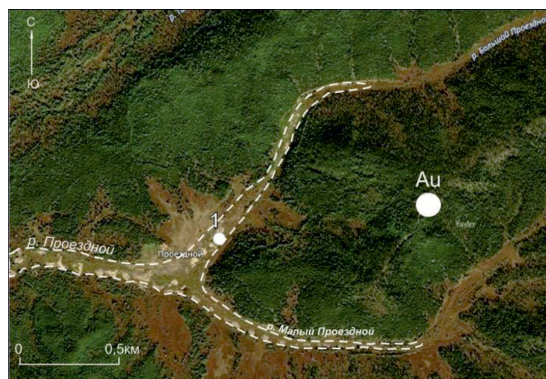


Рис. 2. Техногенный отвалный комплекс обработанной россыпи Проездной (1 – точка отбора среднеемъемной пробы, Au – рудное месторождение Проездное)

*Оценка ресурсов техногенного комплекса отложений обработанных россыпей Кара-Хем и Проездной.* Прогнозная оценка ресурсов техногенного комплекса отложений (гале-эфельных отвалов) обработанной россыпи Кара-Хем проводилась с помощью бульдозерных траншей, из которых отбирались валовые посекционные пробы, промываемые на промприборе. Такой метод оценки оказался результативным и достоверным. Достоверность метода подтверждена проходкой заверочного разведочного полигона. Прогнозные ресурсы техногенных отложений россыпи Кара-Хем представлены в табл. 2. Промышленная техногенная россыпь золота выявлена на участке мускульной обработки прошлых лет. Усредненные параметры россыпи следующие: длина – 2900 м, ширина – 95 м, мощность торфов – 1,1 м, мощность песков – 1,5 м, объем песков – 374,4 тыс. м<sup>3</sup>, содержание золота в песках – 376 мг/м<sup>3</sup>, прогнозные ресурсы золота – 140,8 кг. Россыпь является мелкой по запасам и относится к месторождениям 4-й группы сложности геологического строения по классификации ГКЗ. Среднее содержание золота по россыпям

на участках дражной и гидравлической отработок ниже минимально промышленного содержания, поэтому эти россыпи можно отнести к забалансовым.

Прогнозные ресурсы техногенной россыпи Проездной авторами подсчитаны путем опытного опробования гале-эфельных отвалов. Главным видом опробования техногенного отвального комплекса являются среднеобъемные рядовые пробы объемом 0,2 м<sup>3</sup> (методические рекомендации [4]). Опробование производилось на точке 1 в долине руч. Бол. Проездной в 0,5 км выше его слияния с руч. Мал. Проездной (рис. 2). Содержание золота составило 87 мг/м<sup>3</sup>. Прогнозные ресурсы техногенных отложенных россыпи Проездной составляют 11,5 кг и относятся к непромышленным (табл. 2).

*Характеристика золота техногенных отложений.* Золото из техногенных россыпей Кара-Хем и Проездной подвергалось ситовому анализу (табл. 3). В техногенной россыпи Кара-Хем преобладает крупное (78,4%), слабоокатанное (94,5%) золото комковатой (80,7%) и уплощенной (17,8%) формы. Пробность золота 860‰. В техногенной россыпи Проездной преобладает крупное и среднее золото (80,8%), слабоокатанное, комковатой формы. Пробность золота 902‰.

### Заключение

Техногенные отложения отработанных россыпей Кара-Хем и Проездной облада-

ют высоким потенциалом для их повторной отработки. В долине р. Кара-Хем установлена промышленная техногенная россыпь золота на участке мускульной отработки и две непромышленные россыпи на участках дражной и гидравлической отработок. Прогнозные ресурсы золота в промышленной техногенной россыпи оцениваются в 140,8 кг при среднем содержании золота 376 мг/м<sup>3</sup>. Прогнозные ресурсы золота на участках дражной и гидравлической отработок оцениваются авторами в 65,9 кг. Прогнозные ресурсы техногенных отложенных россыпи Проездной составляют 11,5 кг. В техногенных россыпях Кара-Хем и Проездной преобладает крупное золото, что гарантирует высокую извлекаемость при их отработке. Горно-геологические условия техногенных месторождений благоприятны для их отработки. Недопустимых экологических последствий освоение месторождений не вызовет, учитывая малую глинистость песков и многолетний опыт их эксплуатации предшественниками. Техногенные россыпи Кара-Хем и Проездной как с небольшими промышленными, так и с забалансовыми запасами могут обрабатываться малыми золотодобывающими предприятиями Тувы, непромышленные россыпи могут быть рекомендованы для рекреационной (туристической, любительской) россыпной золотодобычи в Туве по примеру Аляски [5].

Таблица 2

Выявленные опробованием прогнозные ресурсы техногенных отложений

Тип россыпи	Длина, м	Объем горной массы техног. комплекса, м <sup>3</sup>	Содержание золота, мг/м <sup>3</sup>	Ресурсы, кг
Кара-Хем, участок дражной отработки	1300	283735	139	39,4
Кара-Хем, участок мускульной отработки	2900	374468	376	140,8
Кара-Хем, участок гидравлической отработки	1500	450000	59	26,5
Всего, Кара-Хем, техногенная	5700			206,7
Проездной, техногенная	3000	132857	87	11,5

Таблица 3

Результаты ситового анализа

Класс крупности	Размер золотинок, мм	Содержание класса			
		россыпь Кара-Хем		россыпь Проездной	
		вес/%	знак/%	вес/%	знак/%
Крупное	+1	78,4	0,78	55	6,5
Среднее	-1 + 0,5	12,6	1,43	25,8	25,8
Мелкое	-0,5 + 0,25	8,5	6,69	19,2	67,7
Весьма мелкое	-0,25	0,5	91,1	-	-

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 17-45-170526.*

### Список литературы / References

1. Волков А.В. Золото Тывы от скифов до наших дней // Золото и технологии. 2011. № 1 (11) февраль [Электронный ресурс]. URL: <http://zolteh.ru/regions/zoloto-tyvy-ot-skifov-do-nashih-dnej/> (дата обращения: 25.01.2019).

Volkov A.V. Gold Tuva from the Scythians to the present day // Zoloto i tekhnologii. № 1 (11)/fevral. 2011 [Electronic resource]. URL: <http://zolteh.ru/regions/zoloto-tyvy-ot-skifov-do-nashih-dnej/> (date of access: 25.01.2019) (in Russian).

2. Прудников С.Г., Кононенко Н.Б., Петрова Л.И. Условия образования россыпей Тапса-Каахемской золотоносной зоны Тувы и их связь с коренными источниками // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 2. С. 243–260.

Prudnikov S.G., Petrova L.I., Kononenko N.B., Formation conditions of placers in the Tapsa–Kaakhem gold zone (Tuva) and their relation to primary sources // Russian geology and geophysics. 2011. V. 52. № 2. P. 193–207. DOI: 10.1016/j.rgg.2010.12.013.

3. Монгуш А.А. О добыче золота в Уранхайском крае // Новые исследования Тувы. 2014. № 3 [Электронный ресурс]. URL: [https://www.tuva.asia/journal/issue\\_23/7325-mongush-aa.html](https://www.tuva.asia/journal/issue_23/7325-mongush-aa.html) (дата обращения: 25.01.2019).

Mongush A.A. About gold mining in the Uranhai region // Novyye issledovaniya Tuvy. 2014. № 3 [Elektronnyy resurs]. URL: [https://www.tuva.asia/journal/issue\\_23/7325-mongush-aa.html](https://www.tuva.asia/journal/issue_23/7325-mongush-aa.html) (date of access: 25.01.2019) (in Russian).

4. Куторгин В.И., Тарасов А.С., Головкин С.А. К методике разведки и оценки техногенного комплекса на россыпи платиноидов р. Кондёр // Золотодобыча. 2016. № 10 (215). С. 31–35.

Kutorgin V.I., Tarasov A.S., Golovkin S.A. To the method of exploration and assessment of the technogenic complex on the placers of platinum r. Conder // Zolotodobycha. 2016. № 10 (215). P. 31–35 (in Russian).

5. Верховзин С.С. Золотодобыча в Соединенных Штатах Америки. Разработка россыпей на Аляске // Золотодобыча. 2015. № 8 (201). С. 30–35.

Verkhosin S.S. Gold mining in the United States of America. Placer development in Alaska // Zolotodobycha. 2015. № 8 (201). P. 30–35 (in Russian).



УДК 556:502:911.6(268.46)

**ДИНАМИКА СЕЗОННОГО ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ  
АКВАТОРИИ БЕЛОГО МОРЯ****Ружникова Н.Н.***Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: nina\_zavernina@bk.ru*

Необходимость районирования акватории Белого моря обусловлена интенсивностью экономического освоения акватории, заботой об охране морской среды, дальнейшими перспективами развития инфраструктуры акватории и другими факторами. Ранее автор в других работах выполнил районирование акватории по среднегодовым значениям. При этом возник вопрос, как и что может измениться в Белом море при сезонном районировании. Поэтому основной задачей данной работы стало определение наименее изменчивых зон при сезонном районировании акватории Белого моря, так как эти районы наиболее устойчивы к экологическим изменениям. В качестве объекта исследования выбрано Белое море. Районирование проведено посредством балльных классификаций и экспертных технологий. В качестве исходных данных были использованы: статистические данные Росгидромета; данные обзоров загрязнения природной среды в прибрежной зоне Белого моря и текстовые данные из литературных источников. Для исследования было отобрано 27 влияющих факторов, разбитых на 6 групп. Акватория Белого моря разбита на 88 равных участков. Сезоны выбирались календарными. Для географо-экологической оценки и сравнения акватории в разные сезоны разработана специальная шкала, разбитая на 5 диапазонов. Карты сезонного районирования сравнивались между собой, результат их представлен на пяти рисунках. Анализ карт показал, что на акватории моря имеются стабильные в экологическом отношении участки, которые занимают 8% всей акватории. Основная часть которых находится в Онежском заливе, также такие районы есть на входе в Кандалакшский залив, в центральной части Горла и западной части Воронки.

**Ключевые слова:** районирование, Белое море, акватория, балльные оценки, сравнение, факторы, сезоны, изменение

**DYNAMICS OF SEASONAL GEOECOLOGICAL ZONING OF THE WHITE SEA AREA****Ruzhnikova N.N.***Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow,  
e-mail: nina\_zavernina@bk.ru*

The need for zoning of the White sea is due to the intensity of economic development of the water area, concern for the protection of the marine environment, further prospects for the development of the infrastructure of the water area and other factors. The early author, in works, performed zoning of the water area by average annual values. This raised the question of how and what can change in the White sea in seasonal zoning. Therefore, the main task of this work was to determine the least volatile zones in the seasonal zoning of the White sea, because these areas are most resistant to environmental changes. The white sea was chosen as the object of research. Zoning is carried out by means of point classifications and expert technologies. As the initial data were used: statistical data of Roshydromet; data from surveys of environmental pollution in the coastal zone of the White sea and text data from literary sources. 27 influencing factors were selected for the study, divided into 6 groups. The White sea is divided into 88 equal areas. Seasons were chosen calendar. For geographical and environmental assessment and comparison of the water area in different seasons, a special scale is developed, divided into 5 ranges. Maps of seasonal zoning were compared with each other, the result of which is presented in 5 figures. The analysis of the maps showed that there are ecologically stable areas in the sea, which occupy 8% of the entire water area. The main part of which is located in the Onega Bay, and such areas are at the entrance to the Kandalaksha Bay, in the Central part of the Gorlo and the Western part of the Voronka.

**Keywords:** Zoning, the White Sea, aquatory, point scoring, comparison, factors, seasons, change

Районирование – важнейший метод пространственного анализа в географии. Оно так же важно для географических исследований, как периодическая таблица Д.И. Менделеева для химии.

В связи с высокой динамичностью океанологических характеристик районирование акватории значительно отличается от районирования суши. При районировании акватории необходимо принимать во внимание, что изменения происходят как на поверхности моря, так и на дне и по всей глубине (в трех проекциях) [1], в то время

как при районировании суши изменения происходят только в одной проекции (горизонтальной).

Актуальность данной работы заключается в том, что изменчивость природных характеристик Белого моря под влиянием сезонных изменений очень велики. Как показано в работе [2], в которой были получены количественные характеристики изменчивости площади районов при тематическом районировании его акватории, это обстоятельство очень сильно влияет на границы районов как относительно гра-

ниц, полученных по среднегодовым данным, так и по отношению друг к другу. В связи с этим представляет интерес проведение сезонного геоэкологического районирования акватории Белого моря как высокодинамичного объекта, подверженного постоянному техногенному влиянию и выделения районов, наименее подверженных экологической напряженности.

Объектом исследования выбрано Белое море. Белое море – уникальный природный водоём. Оно является внутренним морем, и все его берега принадлежат Российской Федерации. Такое местоположение превращает его в транспортный коридор.

Цель работы: исследование наименее изменчивых зон при сезонном районировании акватории Белого моря, в минимальной степени подверженных угрозе негативного антропогенного воздействия.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выделить природные и социально-экономические факторы, влияющие на экосистему Белого моря.

2. Выполнить сезонное геоэкологическое районирование Белого моря.

3. Провести анализ карт, выделить районы акватории, где не произошло изменений, определить факторы, повлиявшие на данный результат, и дать рекомендации по применению данных участков акватории Белого моря в экологическом аспекте.

В качестве исходных данных в работе были использованы: данные ежегодников на территории деятельности Северного межрегионального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета; данные обзоров загрязнения природной среды в прибрежной зоне Белого моря; обобщенные и систематизированные сведения по фауне морских млекопитающих Российской Арктики и текстовые данные из литературных источников.

В данной работе в качестве методики автор использует метод балльных классификаций, основанный на суммарной оценке баллов с учетом весовых коэффициентов факторов, который нашел свое применение и в районировании суши, и в районировании морских акваторий.

Районирование было проведено посредством балльных классификаций, показавших свою эффективность для районирования морских акваторий и районирования в целом [3, 4].

Расчёты интегрального показателя  $I_L$  – суммарной балльной оценки производились по формуле [1]

$$I_L = \sum_1^R k_j \sum_i^n k_{j,i} p_i, \quad (1)$$

где  $p_i$  – балльные оценки показателей,  $k_j$  – весовые коэффициенты групп факторов,  $k_{j,i}$  – весовые коэффициенты факторов,  $i = 1 \dots n$  – количество факторов в группе,  $j = 1 \dots R$  – количество групп,  $L$  – количество участков, на которые разбивается акватория.

Балльные оценки показателей факторов рассчитывались при помощи специально построенных для каждого показателя шкалы. Весовые коэффициенты находились методом анализа иерархий [5], путём индивидуального опроса экспертов, поскольку при групповых опросах результаты оценивания могут существенно деформироваться [4].

Для исследования было отобрано 27 влияющих факторов, разбитых на 6 групп (климатические, океанологические, гидрохимические, геологические, социально-экономические и экологические). Акватория моря была разделена на 88 примерно равных участков. Для каждого квадрата рассчитаны баллы показателей факторов, умноженные на соответствующие весовые коэффициенты. Сезоны выбирались календарными, чтобы была определённость в интерпретации результатов [6]. В противном случае из-за различной продолжительности сезонов на Севере возникают проблемы с приведением сезонов к единой длительности.

Для географо-экологической оценки и сравнения акватории в разные сезоны разработаны специальные вербально-числовые шкалы суммарных балльных оценок. Для районирования шкала представляет собой разбиение числовых значений суммарных балльных оценок между минимумом и максимумом на 5 равных интервалов (-2, -1, 0, 1, 2).

Карты районирования сравнивались между собой по сезонам и по сезонам со среднегодовым значениям. Результаты сравнения показаны на рис. 1–5.

Анализ рис. 5 показал, что на большей части акватории Белого моря произошли сезонные изменения. Только на 8% акватории не произошло изменений. Основная часть этих районов расположена в Онежском заливе, также такие районы есть на входе в Кандалакшский залив, в Горле и западной части Воронки.

Рассмотрим, на каких участках акватории не произошло никаких изменений, т.е.

балльные оценки остались те же при сравнении сезонов, и какие факторы повлияли на данный результат.

**Квадрат 20.** В данном квадрате не произошло никаких изменений в океанологических, гидрохимических и экологических группах факторов. А именно: в океанологической группе остались неизменными такие факторы, как течения, волнения, приливы и фронтальные зоны. В гидрохимической группе не произошло изменений в БПК. В экологической группе остались неизменными такие факторы,

как ООПТ, млекопитающие, рыбные запасы, загрязнение атмосферы и загрязнение воды.

**Квадраты 47, 50, 79, 84, 87 и 88.** В данных квадратах, занимающих 7% акватории, не произошло никаких изменений в гидрохимических и экологических группах факторов. В гидрохимической группе не произошло изменений в БПК. В экологической группе остались неизменными такие факторы, как биопродуктивность, млекопитающие, рыбные запасы, загрязнение атмосферы и загрязнение воды.



Рис. 1. Сравнение зимнего периода с весенним



Рис. 2. Сравнение весеннего периода с летним

Изменение экологической  
напряженности акватории:

- 2 - уменьшилась за две градации
- 1 - уменьшилась на одну градацию
- 0 - не произошло никаких изменений
- 1 - увеличилась на одну градацию
- 2 - увеличилась на две градации

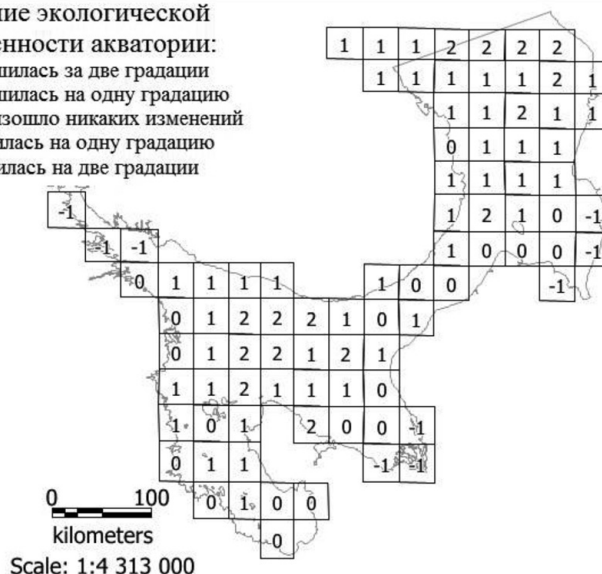


Рис. 3. Сравнение летнего периода с осенним

Изменение экологической  
напряженности акватории:

- 2 - уменьшилась за две градации
- 1 - уменьшилась на одну градацию
- 0 - не произошло никаких изменений
- 1 - увеличилась на одну градацию
- 2 - увеличилась на две градации



Рис. 4. Сравнение осеннего периода с зимним

Квадрат 20 находится в юго-западной части Воронки. Для него характерны быстрые течения, высокие приливы и волнения, низкое содержание БПК. В данном районе проходит миграция белухи и местообитание морского зайца, моржа. Также здесь находятся скопления наваги, трески, камбалы, зубатки, корюшки, мойвы и сайки. Низкие показатели загрязнения воды и воздуха обу-

словлены отсутствием в данном районе агропромышленности.

Квадрат 47 находится на западном берегу Горла, квадрат 50 находится на границе Кандалакшского залива и Бассейна. Для данных районов характерны низкие значения загрязнения воды и воздуха. Здесь проходят миграции белухи. Район квадрата 50 является местообитанием сельди, камбалы, зубатки, корюшки.

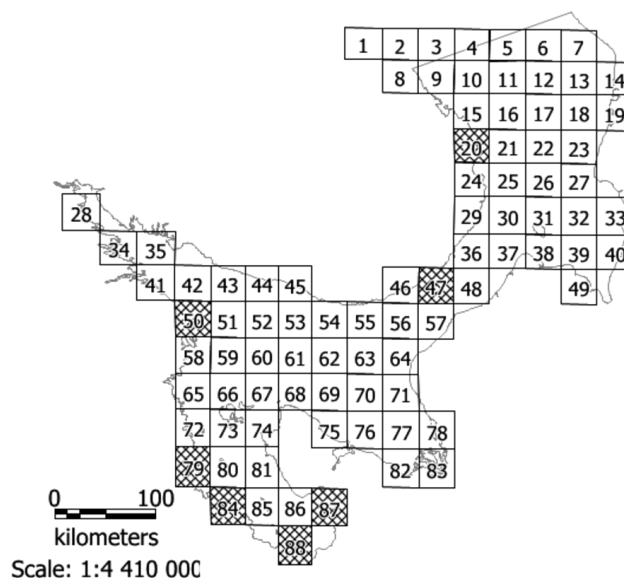


Рис. 5. Сравнение всех сезонов между собой (штриховкой показаны те квадраты акватории, где не произошло никаких изменений при сравнении сезонов между собой)

### Выводы

Кратко сформулируем выводы и дадим рекомендации.

Таким образом, на 8% акватории находятся наименее изменчивые зоны при сезонном районировании акватории Белого моря. Наибольшее число районов, соответствующее 5% от всей акватории, в которых не произошло никаких изменений, находятся в Онежском заливе (79, 84, 87, 88 квадраты). Это обусловлено мелководностью залива, а также малой загруженностью залива морским транспортом; отсутствием больших промышленных городов на побережье и, как следствие, высоких выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и водную среду; ежегодным местообитанием кольчатой нерпы и белухи и промысловых рыб (беломорской сельди, наваги, семги, камбалы, корюшки, сига, мойвы), а также промыслом бурых водорослей.

В качестве рекомендаций данные выводы могут иметь принципиальное значение при принятии управленческих решений, при решении экологических задач, потому что данные участки наименее подвержены геоэкологическому изменению.

При этом грубая аппроксимация береговой черты при проведении районирования пока оставляет открытым вопрос об изменчивости устьевых областей, впадающих в море, многочисленных, характеризующихся высокой динамичностью [7], влия-

ющих на нефтяное загрязнение [8]. Данная проблема станет дальнейшим направлением исследований влияния сезонной изменчивости устьевых областей крупных и малых рек Белого моря на устойчивость районирования его прибрежных акваторий.

*Работа выполнена в рамках темы № 0149-2019-0007 государственного задания «Современные и древние донные осадки и взвесь Мирового океана – геологическая летопись изменений среды и климата: рассеянное осадочное вещество и донные осадки морей России, Атлантического, Тихого и Северного Ледовитого океанов – литологические, геохимические и микропалеонтологические исследования; изучение загрязнений, палеообстановок и процессов в маргинальных фильтрах рек».*

### Список литературы / References

1. Овсепян А.Э., Зимовец А.А., Федоров Ю.А. Современные исследования особенностей поведения ртути в условиях водных объектов севера европейской территории России на кафедре физической географии, экологии и охраны природы института наук о земле ЮФУ // International Scientific and Practical Conference World science. 2016. Т. 2. № 8 (12). С. 33–36.

Ovsepyan A.E., Zimovic A.A., Fedorov Yu.A. Modern studies of the behavior of mercury under conditions of water bodies in the North of the European territory of Russia at the Department of physical geography, ecology and nature conservation, Institute of earth Sciences, SFU // International Scientific and Practical Conference World science. 2016. Vol.2. № 8 (12). P. 33–36 (in Russian).

2. Ружникова Н.Н., Коробов В.Б. Сезонная изменчивость районирования акватории Белого моря // Проблемы региональной экологии. 2017. № 3. С. 48–55.

- Ruzhnikova N.N., Korobov V.B. Seasonal changes in the zoning of the White sea // *Regional Environmental Issues*. 2017. No. 3. P. 48–55 (in Russian).
3. Завернина Н.Н., Коробов В.Б. Факторы, определяющие экологическую ситуацию в Белом море // *Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря: материалы X Международной конференции*. Архангельск: СГМУ, 2007. С. 313–316.
- Zaverina N.N., Korobov V.B. The determinants of the ecological situation in the White sea // *Problems of study, rational use and protection of natural resources of the White sea. Proceedings of the X International conference*. Arkhangelsk: SGMU, 2007. P. 313–316 (in Russian).
4. Коробов В.Б. Экспертные методы в географии и геоэкологии: монография. Архангельск: Изд. Поморского государственного университета, 2008. 244 с.
- Korobov V.B. The Expert methods in geography and Geoecology: monograph. Arkhangelsk: Izd. Pomorskogo gosudarstvennogo universiteta, 2008. 244 p. (in Russian).
5. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 360 с.
- Saati T.L. Decision-making with dependencies and feedbacks: analytical networks. M.: Knizhny'j dom «LIBROKOM», 2009. 360 p. (in Russian).
6. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том II. Белое море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 240 с.
- Hydrometeorology and hydrochemistry of the USSR seas. Volume II. White sea. Vol. 1. Hydrometeorological conditions. L.: Hydrometeoizdat, 1991. 240 p. (in Russian).
7. Лещев А.В., Мискевич И.В., Коробов В.Б., Лохов А.С., Чульцова А.Л., Хоменко Г.Д., Белоруков С.К., Яковлев А.Е. Пространственные особенности приливной изменчивости гидролого-гидрохимических характеристик устьевой области реки Северная Двина в зимнюю межень // *Океанология*. 2017. Т. 57. № 2. С. 303–310. DOI: 10.7868/S0030157416060083.
- Leshchev V.A., Miskevich I.V., Korobov V.B., Loxov A.S., Chulczova A.L., Khomenko G.D., Belorukov S.K., Yakovlev A.E. Spatial characteristics of tidal variability of hydrological-hydrochemical characteristics of the mouth area of the Severnaya Dvina river in the winter low water period // *Oceanology*. 2017. V. 57. № 2. P. 303–310 (in Russian).
8. Мискевич И.В. Оценка возможных масштабов аварийной нефтью мезомакроприливных устьев рек Белого моря // *Проблемы региональной экологии*. 2016. № 1. С. 26–31.
- Miskevich I.V. Assessment of the possible scale of emergency oil meso macro tidal estuaries of the white sea // *Regional Environmental Issues*. 2016. № 1. P. 26–31 (in Russian).

УДК 550.7:551.243.4:553.98(571.56)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ГАЗОНОСНОСТИ В СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДАХ СЕЙСМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ НА ОСНОВЕ БАЙЕСОВЫХ ВЕРОЯТНОСТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

**Феоктистова О.В.***ООО «ИНГЕОСЕРВИС», Тюмень, e-mail: info@ingeos.info*

В настоящее время в нефтегазовой геологии особое значение и актуальность приобретают последние достижения в информационно-технологической инфраструктуре, в частности появление технологических возможностей анализа огромных массивов данных («big data»). К методам и техникам анализа, применяемым к «большим данным», относят методы классификации, регрессионный анализ, искусственные нейронные сети и др. Появление современных технологических возможностей и развитие методик и техник статистического анализа привело к возникновению новых технологических решений. В данной статье приводятся результаты исследований, использующих методики комплексирования технологий AVO анализа и вероятностных нейронных сетей Байеса. Впервые опробование нового технологического решения проводилось на базе сейсмогеологической информации по участку работ, расположенному в пределах Северного Свода Западной Сибири, где, с целью наращивания ресурсной базы, исследовался промышленный потенциал газоносности надсенонманского интервала разреза. Исследуемый участок хорошо изучен бурением и сейсмическими методами на базе съемки 3D. Повторно опробование методики проводилось на площади, которая в тектоническом отношении приурочена к Центрально-Ямальскому мегавалу, расположенному в пределах Ямало-Гыданской синеклизы Западной Сибири, в нефтегазоносном отношении – в Нурминском нефтегазоносном районе (НГР) Ямальской нефтегазоносной области (НГО). Вторая площадь находится в неблагоприятных геологических условиях и имеет ограниченный набор скважинной информации. В данных условиях применение технологии AVO в комплексе с вероятностными методами классификации по Байесу позволило определить потенциал газоносности песчаных линз в отложениях верхней юры и выполнить вероятностную оценку прогноза.

**Ключевые слова:** Ямало-Гыданская синеклиза, Северо-Сеяхинский вал, аномалия «яркое пятно», ловушка УВ, AVO, классификация, метод Байеса

## DETERMINATION OF THE POTENTIAL OF GASNESS IN COMPLEX GEOLOGICAL ENVIRONMENTS BY SEISMIC METHODS BASED ON BAYES PROBABILITY NEURAL NETWORKS

**Feoktistova O.V.***LLC «INGEOSERVICE», Tyumen, e-mail: info@ingeos.info*

Currently, in oil and gas geology, the latest advances in information technology infrastructure, in particular, the emergence of technological capabilities for analyzing huge data arrays («big data»), are of particular importance and relevance. The methods and techniques of analysis applied to the «big data» include classification methods, regression analysis, artificial neural networks, etc. The emergence of modern technological capabilities and the development of methods and techniques of statistical analysis led to the emergence of new technological solutions. This article presents the results of studies using the methods of integration of AVO analysis technologies and Bayes probabilistic neural networks. For the first time, testing of a new technological solution was carried out on the basis of seismic and geological information on the site of work located within the Northern Arch of Western Siberia, where, in order to increase the resource base, the industrial potential of the gas content in the Senonian section was studied. The study area is well studied by drilling and seismic methods based on 3D techniques. The technique was re-tested on an area tectonically related to the Central Yamal megaval located within the Yamalo-Gydan syncline of Western Siberia, and in the oil and gas bearing area in the Nurminsky oil and gas bearing region (NGR) of the Yamal oil and gas bearing area (NGO). The second area is in adverse geological conditions and has a limited set of well information. Under these conditions, the use of AVO technology in combination with probabilistic Bayesian classification methods made it possible to determine the gas potential of sand lenses in upper Jurassic sediments and to perform a probabilistic assessment of the forecast.

**Keywords:** yamalo-gydanskaya syncline, north-seyakhinsky shaft, anomaly «bright spot», the trap of hydrocarbons, avo, classification, the bayesian method

Опыт изучения амплитудных аномалий типа «яркое пятно» в сейсмическом волновом поле показал, что последние могут быть вызваны литологическими замещениями в разрезе горных пород, что вносит неоднозначность в интерпретацию аномалий при поисках залежей газа. Кроме этого, сложная и высокоорганизованная техноло-

гия AVO (анализ зависимости амплитуды отраженной волны от величины удаления «источник – приемник») весьма чувствительна к качеству данных [1].

Как показывает практика, с момента создания метода AVO (около 1982 г.) сейсмическая индустрия с разной степенью успеха извлекала пользу от выявления аномально-

го поведения амплитуд и время от времени испытывала разочарования и возникающие сомнения в методе.

Наш опыт говорит, что использовать анализ AVO все же выгодно, потому что в конечном счете он основан на твердых физических принципах. А для снижения неопределенности при поиске газовых залежей по технологии AVO эффективно привлекать статистические методы, что позволяет снизить геологические риски и дать оценку результирующим геологическим моделям.

Одним из таких технологических решений является методика обучения байесовых нейронных сетей (байесовых классификаторов) по сейсмическим признакам аномалий, выделенных по кроссплотам AVO.

Достоинством байесовых сетей является малое количество данных, необходимых для оценки параметров аномальности, обучения по эталонному образцу и выполнения классификации. Но несмотря на кажущуюся простоту байесовы классификаторы часто работают лучше других методов во многих сложных ситуациях.

Цель исследования: разработка методических рекомендаций по включению статистического анализа данных в технологическую цепочку AVO для снижения геологических рисков при выявлении газовых залежей и повышения достоверности результирующих сейсмогеологических моделей.

#### **Материалы и методы исследования**

В работе использовались методы математической статистики, проводился системный анализ больших массивов данных геолого-геофизической информации, применялась технология AVO-анализа, использовались профессиональные пакеты программы R-LANG для статистической обработки и интерпретации данных [2].

Исследования базировались на основе геолого-геофизических данных по продуктивным пластам нижнеберезовской, покурской и мальшевской свит, расположенных в пределах Северного свода и Ямало-Гыданской синеклизы Западно-Сибирской плиты.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

##### *Принципиальная технологическая схема выполнения классификации Байеса с применением кроссплотов AVO*

Байесовы вероятностные нейронные сети – сети, чей принцип действия основан на теореме Байеса, позволяющей сделать

выводы о распределении вероятностей на основе имеющихся данных.

Есть несколько подходов к оценке плотности вероятности по имеющимся данным. Первый заключается в том, что существует предположение о нормальном распределении модели, параметры которой оцениваются аналитически (такие параметры, как среднее, стандартное отклонение и т.д.).

Другой подход к оценке плотности вероятности основан на ядерных оценках. Где текущее наблюдение рассматривается как факт, что в данной точке пространства имеется некоторая плотность вероятности. Кластеры из близко расположенных точек указывают на то, что в этом месте плотность вероятности больше, а по мере удаления доверие убывает и стремится к нулю. В каждой точке наблюдения помещается функция распределения (чаще всего это Гауссовы функции – с формой колокола). Если обучающих наблюдений достаточно, то метод дает достаточно хорошее приближение к истинной плотности вероятности.

Наиболее важным преимуществом байесовых сетей является то, что выходное значение имеет вероятностный смысл, и то, что сеть быстро обучается. При обучении такой сети время тратится только на то, чтобы подать на вход обучающие модели, сеть работает настолько быстро, насколько это вообще возможно. Поэтому байесовы вероятностные нейронные сети (классификаторы Байеса) особенно полезны для экспресс-анализа: когда нужно решить, какие из входных переменных лучше использовать, или когда за короткий период времени нужно сделать большое количество тестов.

Ниже приводится порядок выполнения операций в методике определения потенциала газоносности, основанной на технологии AVO с последующим обучением байесовых классификаторов:

1. Корреляционный анализ, поиск эффективных связей петрофизических параметров с сейсмическими, выбор сейсмических атрибутов.

2. Построение трехмерных кроссплотов AVO («интерцепт – градиент – сейсмический атрибут»), селекция данных, соответствующих аномальным значениям, связанным с УВ.

3. Создание обучающей выборки – эталона – на основе выбранной области по кроссплотам AVO.

4. Трансформация сейсмического поля данных в поля классов и вероятности принадлежности аномалий в сейсмических данных к классу эталона.



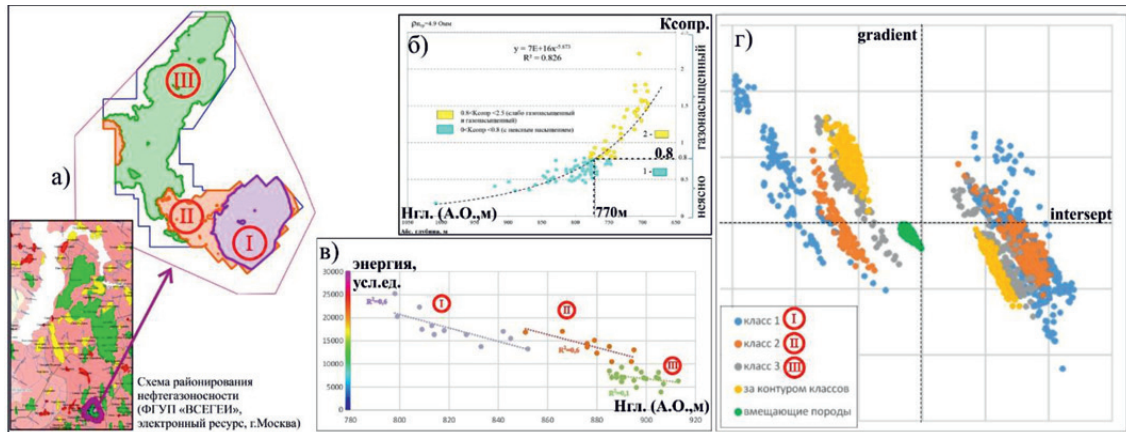


Рис. 1. Результаты интерпретации аномалий AVO: а) схема контуров классов и расположения съемки 3D; б) зависимость коэффициента удельного сопротивления от глубины залегания; в) выделение классов по двум признакам: «абсолютные отметки кровли нижеберезовской подсытки»; атрибут «энергия»; г) кроссплот «Intercept – Gradient»

*Опробование методики классификации Байеса, выполненной на основе кроссплотов AVO в пределах районов Северного Свода Западной Сибири*

Опробование методики проводилось на базе сейсмогеологической информации по участку, расположенному в пределах Северного Свода Западной Сибири, где, с целью наращивания ресурсной базы, исследовался промышленный потенциал газоносности надсеноманского интервала разреза.

В тектоническом отношении участок работ приурочен к Центральной части Северного крупного вала и северо-восточной части Пякупурской малой впадины. Отложения, сложенные опоками и кремнистыми аргиллитами, являются коллекторами с низкими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС) [3].

Ранее по данным ГИС и с учетом результатов испытания в скважинах на этой площади уже были утверждены критерии для выделения перспективных прослоев в разрезе и выделены газонасыщенные интервалы (рис. 1, а–в).

Границы распространения газовой залежи в сейсмическом волновом поле были установлены с использованием AVO-технологии и петрофизических трендов, установленных по данным ГИС и бурения [4].

С помощью корреляционно-регрессионного анализа была проведена классификация потенциальной продуктивности сеноманской части разреза и установлено, что размер и емкость коллектора в сеноне зависят от таких факторов, как близость нижезалегающей сеноманской залежи и размах ее амплитуды по высоте (рис. 1, в, г).

Создание обучающей выборки выполнялось по кроссплотам AVO и сейсмическим атрибутам в окрестностях скважины 431, где по испытаниям был получен чистый газ. На рис. 2, а–г приведены форматы записи эталонных значений в табличном и графическом виде, которые содержат данные о значениях функции плотности вероятности для выбранной области, ассоциируемой с эффектом «яркого пятна» в окрестностях скв. 431, с локацией данных в сейсмическом волновом поле. Форматы данных наблюдений сохраняются в базу, с возможной последующей корректировкой, и используются в целях классификации как эталон класса, связанного с насыщением УВ.

Теорема Байеса позволяет рассчитать апостериорную вероятность принадлежности к классу «аномалия УВ» для всего объема сейсмических данных по формуле, которую в общем виде можно записать как

$$P(c|x) = \frac{P(x|c) * P(c)}{P(x)},$$

$$P(c|x) = P(x_1|c) * P(x_2|c) * \dots * P(x_m|c) * P(c),$$

где  $P(c|x)$  – апостериорная вероятность класса «аномалия УВ» (т.е. искомая вероятность принадлежности изучаемой сейсмической аномалии к тому же классу, что и залежь в пределах скв. 3).

$P(c)$  – априорная вероятность класса «аномалия УВ» (залежь в пределах скв. 3).

$P(x|c)$  – априорная вероятность для признака атрибут «энергия» для класса «аномалия УВ» (выборка в пределах залежи в р-не скв. 3).

$P(x)$  – априорная вероятность признака атрибут «энергия» для всей генеральной совокупности (вся выборка значений в анализе).

Как видно из приведенной формулы, байесовский алгоритм позволяет рассчитывать классы по одному или нескольким атрибутам. В данном примере классификация проводилась на основе следующих объемов сейсмических данных: атрибутов «интерцепт», «градиент», «энергия отраженной волны» в ограниченном по времени диапазоне – в пределах от  $C_1+100$  мс до  $C_1-100$  мс. По алгоритму Байеса они трансформировались в объемы сейсмических классов и вероятности принадлежности аномалий в сейсмических данных к классу эталона.

Оценка результирующих моделей проводилась по известным критериям: в пределах данного месторождения газонасыщенной части пласта соответствуют  $K_{сопр.} \geq 0,8$  и  $H_{гл(а.о.)} \leq 770$  м (рис. 2, д, е). Вероятность наличия УВ в данном интервале составила  $P \geq 0,8$ .

Сравнительный анализ позволяет сделать вывод о возможности применения методики обучения байесовых нейронных сетей (байесовских классификаторов) по признакам сейсмических аномалий, выделенных по кроссплотам AVO, для новых территорий или площадей, имеющих дефицит скважинной информации.

*Определение потенциала газоносности в районе Центрально-Ямальского мегавала по методике классификации Байеса, выполненной на основе кроссплотов AVO*

#### *Краткая характеристика участка работ*

Второй исследуемый участок мало и неравномерно изучен бурением – одна скважина пробурена на восточной границе съемки 3D и 3 скважины в центральной части, из которых только одна вскрыла изучаемый интервал – верхнеюрские пласты ЮЯ<sub>2-4</sub>.

Площадь работ относится к ЯНАО Тюменской области, в тектоническом отношении она приурочена к Центрально-Ямальскому мегавалу, расположенному в пределах Ямало-Гыданской синеклизы. В нефтегазоносном отношении – в Нурминском нефтегазоносном районе (НГР) Ямальской нефтегазоносной области (НГО).

В пределах данного района стратиграфический диапазон нефтегазоносности очень широк – от палеозоя до сеномана и включает в себя следующие нефтегазоносные комплексы (НГК) с доказанной про-

дуктивностью: доюрский, ниже-средне-верхнеюрский, неокомский, аптский и альб-сеноманский. Опробование новой методики проводилось в интервале верхнеюрских отложений, для пластов группы ЮЯ<sub>2-4</sub> (малышевская свита).

#### *Анализ скважинных данных*

Поисковая скважина 3 заложена с целью изучения геологического строения и поисков УВ в меловых и юрских отложениях. При достижении скважиной проектной глубины был выполнен полный комплекс промыслово-геофизических исследований. По данным каротажа отложения малышевской свиты вскрыты на глубине 3632 м. Мощность ее составляет 130 м. По результатам газового каротажа отложения интерпретируются как продуктивные. По описанию керна (интервал 3639–3651 м) отложения представлены песчаником светло-серым, мелкозернистым, крепко сцементированным (цемент глинистый), слабослюдистый с включениями углистого детрита, с прослойками аргиллита черного и алевролита темно-серого, залегание наклонно волнистое, участками линзовидное. Отмечается тонко ритмичное чередование глинистых и песчано-алевролитовых образований с низкими ФЕС.

Для отложений юрского возраста северных месторождений Западной Сибири граничные значения УЭС (удельного электрического сопротивления) для продуктивных коллекторов составляют от 8 до 10 Ом·м. Проницаемые пропластки пластов группы ЮЯ<sub>2-4</sub> характеризуются УЭС от 14,4 до 17,8 Ом·м. Характер насыщенности по ГИС – продукт. При испытании получен приток газа и газоконденсата (14,54 м<sup>3</sup>/сут, 10,26 м<sup>3</sup>/сут соответственно).

Упругие свойства пород в данном интервале характеризуются сложным и мало-контрастным характером изменения. На рис. 3, а, приведены гистограммы распределения интервальной скорости, построенные для анализа контрастности между проницаемыми и непроницаемыми разностями. Построение гистограмм проводилось в режиме попластовых отсчетов.

Как видно из рисунка, диапазоны изменения исследуемого параметра практически не отличаются в коллекторах от непроницаемых разностей, что определяет невозможность выделения коллекторов путем прямого литологического толкования сейсмических аномалий.

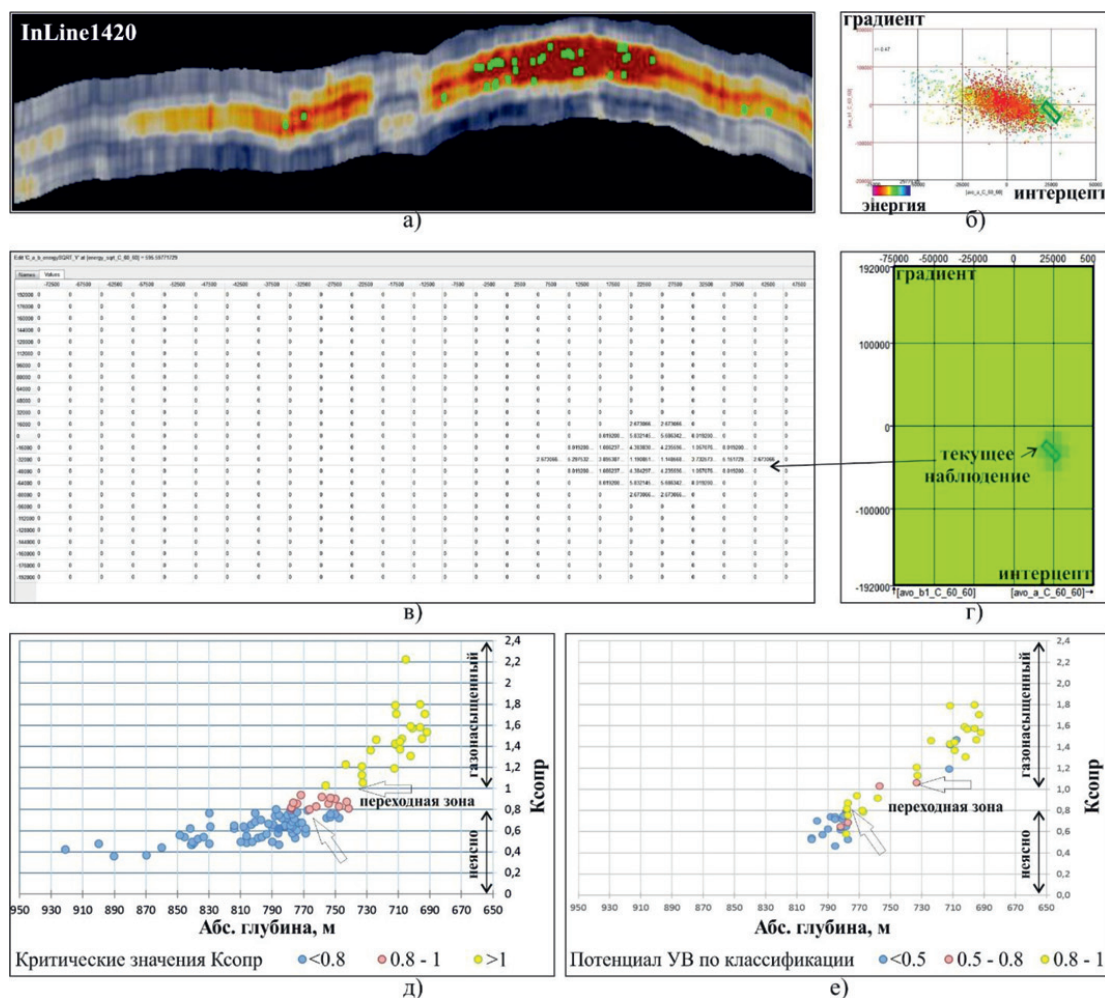


Рис. 2. Оценка результатов проведения классификации: а) вертикальный срез куба вероятности (InLine1420); б) кроссплот «интерцепт – градиент»; в) табличный формат записи эталона в значениях функции плотности вероятности; г) графический формат записи эталона в значениях функции плотности вероятности; д) критические значения, соответствующие газонасыщенной части пласта в пределах данного месторождения; е) результирующая модель потенциала УВ по проведенной классификации

### Анализ сейсмических данных

На временных сейсмических разрезах в интервале отложений малышевской свиты в окрестностях скв. 3 наблюдается аномалия типа «яркое пятно» (рис. 3, б–г).

Визуальный анализ временных сейсмических разрезов показывает, что в пределах исследуемой площади в данном интервале есть еще подобные аномалии, связь которых с продуктивностью не установлена по данным бурения.

Для исследования потенциала газонасыщенности выявленных аномалий проводился анализ вариаций амплитуд с удалением (AVO) по сейсмограммам. Способность выявлять газонасыщенность пород сделала данный

вид сейсмической интерпретации стандартом при изучении потенциально перспективных отложений.

В основу данной методики положено уравнение Цеппритца о том, что ближние сейсмические трассы несут информацию об акустических импедансах (акустической жесткости среды), дальние – о контрасте коэффициента Пуассона [5].

В окрестностях скважины 3 (на пересечении InLine 1830 и CrossLine 1757) по сейсмограммам с ВСА был проведен анализ изменения амплитуд с удалением, построены кроссплоты «интерцепт – градиент» (рис. 3, б–г) и определен тип аномалий – по принятой в AVO классификации наблюдаемое поведение амплитуд соответствует 2 типу.

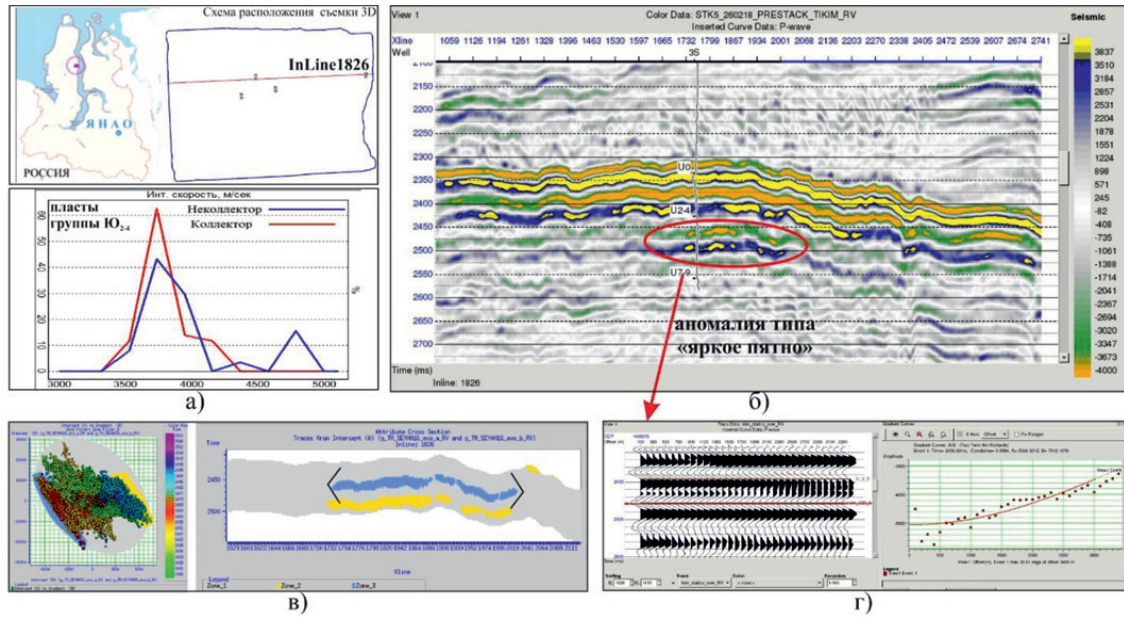


Рис. 3. Анализ сейсмогеологической информации в интервале верхней юры:  
 а) гистограммы распределения упругих характеристик по данным ГИС;  
 б) AVO-интерцепт по InLine 1826; в) кроссплот зависимости AVO-атрибутов;  
 г) анализ изменения амплитуд в окрестностях скв. 3 по сейсмограммам (InLine 1826, CrLine 1815)

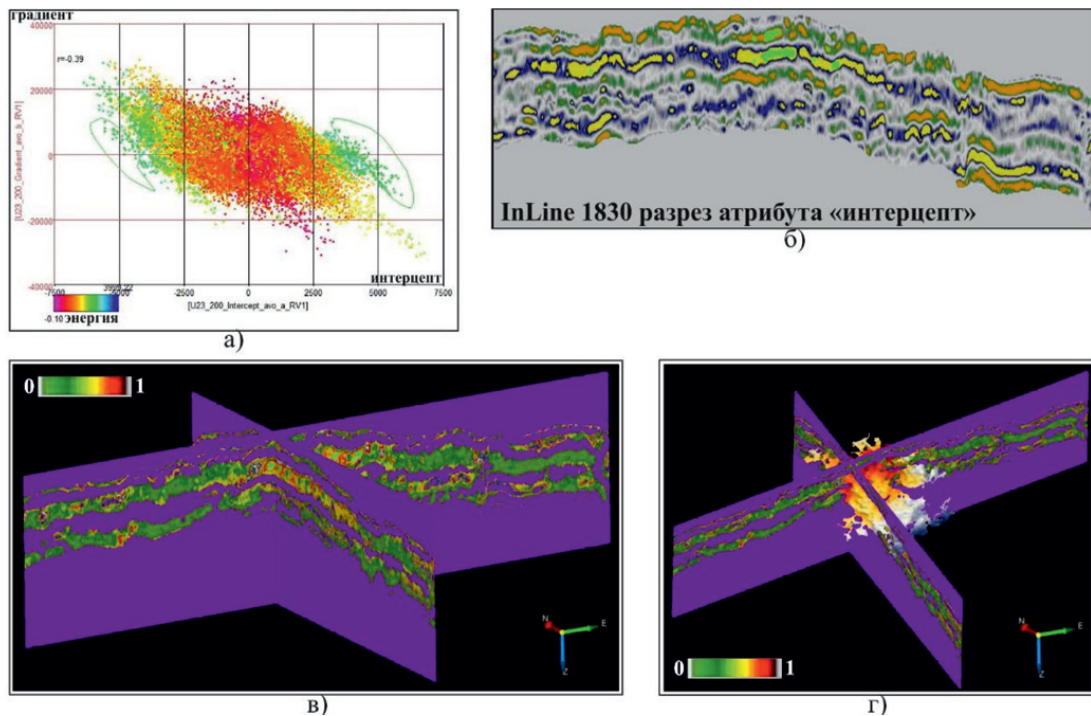


Рис. 4. Определение потенциала газоносности по методике классификации Байеса, выполненной на основе кроссплотов AVO: а) селекция области, ассоциируемой с эффектом «яркое пятно» на кроссплоте «интерцепт – градиент»; б) селекция области, ассоциируемой с эффектом «яркое пятно» на разрезе «интерцепта»; в) вертикальные срезы куба вероятности; г) вертикальные срезы куба вероятности в сопоставлении с аномалией, выделенной по сейсмическим данным

Потенциал газоносности данного интервала оценивался по методике классификации Байеса, выполненной на основе кроссплотов AVO.

*Интерпретация результатов кроссплотов AVO и классификации по Байесу*

Выбор информативных для классификации атрибутов осуществлялся по трехмерным кроссплотам AVO – в окрестностях скважины 3 (InLine 1830) эффективными являются энергия и частота. На рис. 4, а, б, показан расчет кроссплотов «интерцепт – градиент» с использованием третьего информативного параметра (атрибут «энергия») в цветовой кодировке и селекция области, ассоциируемой с эффектом «яркого пятна». Расчет функции плотности вероятности для выбранной области значений сохранялся в виде графика «интерцепт – градиент» – атрибут «энергия».

По алгоритму условной вероятности Байеса на основе атрибутов «интерцепт», «градиент» и «энергия отраженной волны» была проведена классификация. Сейсмические аномалии, выявленные и отнесенные ко 2 типу AVO-аномалий, отождествляются с потенциально перспективными участками в объеме куба классификации (рис. 4, в, г).

**Выводы**

1. Разработанная методика классификации Байеса на основе кроссплотов AVO может использоваться для экспресс-анализа сейсмических данных в случаях, когда необходимо оценить вероятность потенциала перспектив изучаемых аномалий в сейсмическом волновом поле по эталонным образцам.

2. Существует определенный потенциал в отношении совершенствования методики – например, на основе матрицы функции плотности вероятности можно получить матрицу коэффициентов корреляции атрибутов, для того, чтобы перейти к факторному анализу данных.

3. В связи с тем, что классификация проводилась по суммарным разрезам, можно ожидать, что существует определенный потенциал в отношении чистоты и устойчивости эксперимента посредством целевой предобработки сейсмических данных.

*Данная работа проводилась на базе материалов, систематизированных и обработанных в ООО «ИНГЕОСЕРВИС» (г. Тюмень). Автор выражает свою благодарность руководству компании за предоставленные материалы.*

**Список литературы / References**

1. John P. Castagna. Recent advances in seismic lithologic analysis. *Geophysics*. 2001. Vol. 66. No. 1. P. 42–46.
2. Кабаков Р.И. R в действии. Анализ и визуализация данных в программе R.M. / пер. с англ. П.А. Волкова. ДМК Пресс. 2014. 588 с.
3. Kabakoff R.I. R in action. Data analysis and graphics R. Original English language edition published by Manning Publications Co., Rights and Contracts Special Sales Department, 20 Baldwin Road, PO Box 261, Shelter Island, NY 11964 ©2012 by Manning Publications Co.. Russian-language edition copyright © 2013 by DMK Press. All rights reserved.
3. Черепанов В.В., Пятницкий Ю.И., Хабибулин Д.Я., Ситдилов Н.Р., Варягов С.А., Нерсесов С.В., Оглодков Д.Ю. Разработка технологии освоения нетрадиционных коллекторов надсеноманских отложений на этапе геологоразведочных работ с целью вовлечения ресурсной базы газовых месторождений ОАО «Газпром» в Ямало-Ненецком автономном округе // *Георесурсы*. 2014. № 4. С. 59–64.
- Cherepanov V.V., Pyatniskiy Yu.I., Khabibulin D.Ya., Sitdikov N.R., Varyagov S.A., Nersesov S.V., Oglodkov D.Yu. Development of Above-Cenomanian Unconventional Reservoirs during Exploration Stage. Involvement of Resource Base of Gazprom Gas Fields in Yamal- Nenets Autonomous District // *Georesursy*. 2014. № 4. P. 59–64 (in Russia).
4. Феоктистова О.В. Определение классов потенциальной продуктивности сенонских отложений Севера Западной Сибири на основе корреляционных связей сейсмических атрибутов по технологии AVO-анализа с использованием трехмерных кроссплотов // *Успехи современного естествознания*. 2018. № 4. С. 160–166.
- Feoktistova O.V. The Definition of Classes of Potential Productivity Senensky Sediments Based on Corelation of Seismic Attributes for Conditions of West Siberian North // *Advances in current natural sciences*. 2018. № 4. P. 160–166 (in Russia).
5. Mavko G., Mukerji T., Dvorkin J. The Rock Physics Handbook. Published in the United States of America by Cambridge University Press. N.Y., 2009 [Electronic resource]. URL: [www.cambridge.org/9780521861366](http://www.cambridge.org/9780521861366) (date of access: 18.02.2018).

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 504.056:504.38:504.064.2.001.18

**ОСНОВНЫЕ ТРЕНДЫ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ  
В СФЕРЕ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ**<sup>1</sup>Блиновская Я.Ю., <sup>2</sup>Мазлова Е.А.<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,  
Владивосток, e-mail: blinovskaya@hotmail.com;<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный  
исследовательский университет) имени И.М. Губкина», Москва, e-mail: mazlovaea@gmail.com

Изменения климата, обусловленные, в том числе, антропогенной деятельностью, являются причиной угроз безопасности. Объективная оценка воздействия промышленности, включая угледобывающую, и ее вклад в глобальные процессы изменения климата, невозможна без объективной и достоверной информации. В соответствии с комплексным планом реализации Климатической доктрины Российской Федерации рекомендовано усилить климатическую деятельность, что подразумевает более активное снижение выбросов парниковых газов, внедрение низкоуглеродных технологий и адаптацию к изменениям климата. Климатическая и экологическая политика в мире в сочетании с технологическим развитием ставит перед угольной генерацией серьезные вызовы. Как заявления и планы, так и текущие тенденции свидетельствуют об усиливающемся давлении на угольную энергетику. Существенное сокращение выбросов в отрасли проблематично из-за горно-геологических условий и отсутствия необходимых технологий. По этим причинам ратификация Парижского соглашения по климату приведет к дополнительным затратам угольных компаний и предприятий и росту себестоимости добычи угля. Таким образом, угольная промышленность России, являясь важной экспортноориентированной отраслью, находится в зоне риска, в связи с вынужденным сокращением производства. В этой связи следует отметить реализацию пунктов доктрины в угольной индустрии, это касается оценки и контроля объемов выбросов парниковых газов для предприятий, занимающихся как открытой, так и подземной разработкой угля. Для выполнения положений климатической доктрины и минимизации негативного воздействия в сфере добычи угля необходима разработка оптимальных стратегий корректировки технологических решений, направленных на стабилизацию экологической обстановки в районах промышленных площадок и смежных территорий.

**Ключевые слова:** климатическая доктрина, парниковые газы, добыча угля, загрязнение атмосферы, сокращение выбросов, экологические последствия, экологически ориентированные технологии

**CLIMATIC POLICY MAIN TRENDS IN THE PRODUCTION  
AND PROCESSING OF COAL**<sup>1</sup>Blinovskaya Ya.Yu., <sup>2</sup>Mazlova E.A.<sup>1</sup>Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: blinovskaya@hotmail.com;<sup>2</sup>Oil and gas Russian State University named after I.M. Gubkin, Moscow, e-mail: mazlovaea@gmail.com

The climate changes caused anthropogenic activity are the reason of threats to security. Objective assessment of industry impact, including coal-mining and its contribution to climate change global processes, are impossible without objective and reliable information. According to a comprehensive plan of the Russian Federation Climatic doctrine implementation it is recommended to strengthen climatic activity that means more active decrease in emissions of greenhouse gases, implementation of low-carbon technologies and adaptation to climate changes. Climatic and environmental policy in the world in combination with technological development comes upon serious calls for coal generation. Statements, plans and the current trends confirm the amplifying pressure upon coal industry. Significant emissions reduction in the industry is problematic because of mining-and-geological conditions and lack of necessary technologies. That is why ratification of the Parisian agreement on climate will lead to additional expenses of the coal companies and enterprises and coal cost growth. Thus, the Russian coal industry, being the important export-oriented industry, is in a risk zone, in connection with the forced reduction in production. In this regard it should be noted doctrine items implementation in the coal industry, concerning assessment and control of volumes of emissions of greenhouse gases for the enterprises which are engaged in both open, and underground coal mining. Optimum strategy development for the technology solutions correction directed to stabilization of an ecological situation in the industrial areas and adjacent territories is necessary for implementation of provisions of the climatic doctrine and minimization of negative impact in the coal mining sphere.

**Keywords:** Climatic doctrine, greenhouse gases, coal mining, atmosphere pollution, decrease of release, ecologically focused technologies

Комплексный план реализации Климатической доктрины Российской Федерации на период до 2020 г. утвержден распоряжением Правительства РФ № 730-р от 25.04.2011 г. [1–3]. В соответствии с планом

Россия должна выполнять положения Парижского соглашения, вступившего в силу 4 ноября 2016 г. [4]. Во время очередной сессии климатических переговоров ООН в Бонне в 2018 г. [5] странам-участницам

рекомендовано усилить климатическую деятельность, что подразумевает более активное снижение выбросов парниковых газов, внедрение низкоуглеродных технологий, адаптацию к изменениям климата и т.д. К настоящему времени пока не удалось согласовать единые правила реализации Парижского соглашения в силу существенного экономического и социального различия государств [6–9]. Тем не менее предполагается, что развитые страны должны до 2020 г. выделять по 100 млрд долларов на предотвращение изменений климата. По результатам боннской сессии стороны обсудили ряд механизмов устойчивого развития, включающих экономические инструменты выполнения климатических обязательств. В рамках выполнения Киотского протокола в России реализовано около 100 проектов, однако важным остается вопрос, касающийся амбициозных национальных планов по снижению парниковых газов, которые включают, в том числе, механизмы декарбонизации экономики.

Климатическая и экологическая политика в мире в сочетании с технологическим развитием ставит перед угольной генерацией серьезные вызовы. Как заявления и планы, так и текущие тенденции свидетельствуют об усиливающемся давлении на угольную энергетику. Таким образом, угольная промышленность России, являясь важной экспортоориентированной отраслью, находится в зоне риска, в связи с вынужденным сокращением производства.

Парижское соглашение предусматривает сокращение выбросов парниковых газов к 2050 г. по сравнению с 1990 г. для России на 30% и введение углеродного сбора. Основными парниковыми газами в угольной промышленности являются угольный метан и диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ). Существенное сокращение выбросов этих газов в отрасли весьма проблематично из-за горно-геологических условий и отсутствия необходимых технологий. По этим причинам ратификация Парижского соглашения по климату приведёт к дополнительным затратам угольных компаний и предприятий и росту себестоимости добычи угля.

Не менее радикальной мерой является создание в Восточной Сибири, в качестве пилотного проекта, безуглеродной зоны [10, 11]. При реализации данного варианта, конечно, произойдет сокращение выбросов на 29 млн т  $\text{CO}_2$  (1,2% общих выбросов парниковых газов в стране), что потребует инвестиций в размере не менее 3,5–4,7 трлн руб.

на изменение энергетического баланса и создание углехимических производств. Но при этом прогнозируется рост цен на электроэнергию на 29–51%, сокращение промышленного производства на 10%, что приведет к социальному напряжению в населенных пунктах общей численностью 465 тыс. человек и потребует расходов в размере около 84 млрд руб. [12–14].

Однако Россия, ратифицировав Парижское соглашение, выполняет ряд обязательств в части снижения суммарного количества выбросов парниковых газов, в том числе и при добыче угля. В этой связи следует отметить реализацию следующих пунктов доктрины в угольной индустрии:

- укрепление и развитие информационной и научной основы политики в области климата, включая усиление научно-технического и технологического потенциала Российской Федерации, обеспечивающего максимальную полноту и достоверность информации о состоянии климатической системы, воздействиях на климат, его происходящих и будущих изменениях и об их последствиях; разработка и реализация оперативных и долгосрочных мер по адаптации к изменениям климата;

- разработка и реализация оперативных и долгосрочных мер по смягчению антропогенного воздействия на климат;

- участие в инициативах международного сообщества в решении вопросов, связанных с изменениями климата и смежными проблемами.

Это нашло отражение в ряде следующих мероприятий.

В первую очередь необходимо отметить оценку и контроль объемов выбросов парниковых газов для предприятий, занимающихся как открытой, так и подземной разработкой угля [15, 16]. При этом совокупная доля выбросов парниковых газов при добыче угля невысока (рис. 1). Для угольной промышленности наиболее массовыми являются выбросы метана. Удельные его выбросы в 2013 г. составили 5,9 кг/т, что на 33% меньше показателей, характерных для 1990 г. (8,9 кг/т). Это связано преимущественно с ростом доли углей, добываемых открытым способом, которая возросла с 56% в 1990 г. до 74% в 2017 г. (рис. 2). При этом добыча угля открытым способом отличается более низкими удельными выбросами  $\text{CH}_4$  (рис. 3), соответственно, отрицательный тренд, характеризующий добычу угля закрытым способом (рис. 4), обуславливает сокращение совокупной эмиссии парниковых газов в отрасли.

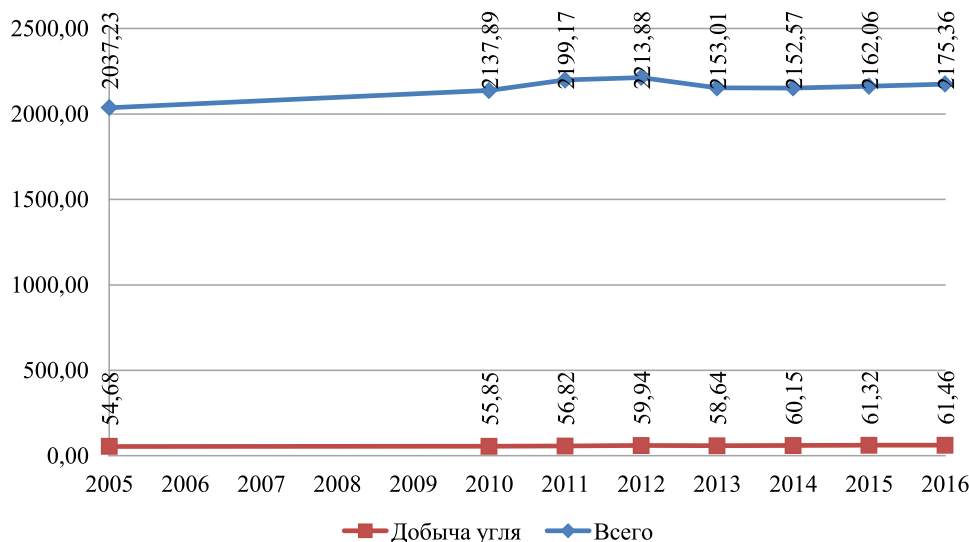


Рис. 1. Доля выбросов парниковых газов, связанных с энергетикой (млн т CO<sub>2</sub>-эквивалента в год) [17]

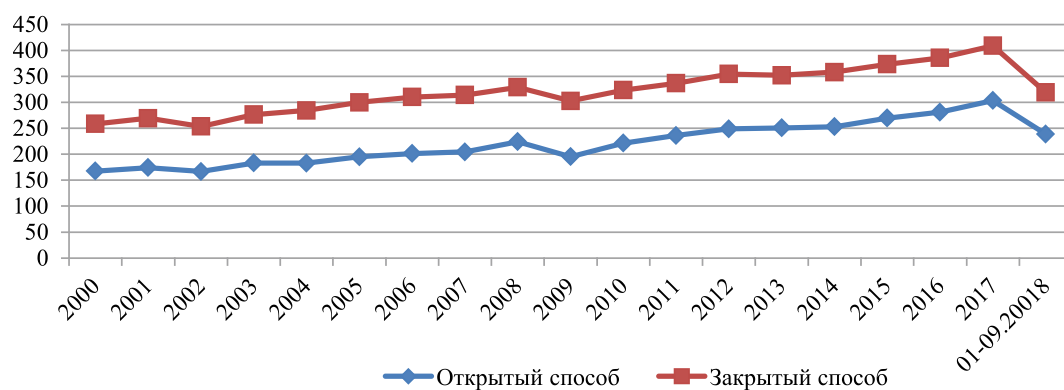


Рис. 2. Доля добычи угля открытым и закрытым способами в 2000–2018 гг. (млн т) [17]

Динамика выбросов метана при добыче угля подземным способом обусловлена изменениями в интенсивности угледобычи из-за экономической рецессии и последовавшей за ней реструктуризации угольной отрасли, а также ростом утилизации удаляемого из шахт метана. В 2015 г. эмиссия CH<sub>4</sub> при добыче подземным способом составила 1,2 млн т, или 51,8% уровня 1990 г. Выполнить расчет выбросов CO<sub>2</sub> при добыче угля подземным способом не представляется возможным в связи с отсутствием методологии и параметров для количественной оценки выбросов [18].

Расчет выбросов из выработанных и закрытых угольных шахт, как правило, не проводится. Это связано с тем, что в России при консервации выработанных и за-

крывающихся угольных шахт предусмотрено обязательное их затопление водой. Эта операция выполняется в целях безопасности, чтобы исключить образование и последующий выброс метана в атмосферу. Согласно Руководящим принципам МГЭИК, затопленные угольные шахты не являются источниками метана и диоксида углерода [19].

В целом 2017 г. предприятия отрасли выбросили в атмосферный воздух загрязняющих веществ общим объемом 1 104,1 тыс. т, в том числе 954,5 тыс. т углеводородов (шахтного метана). По сравнению с 2016 г. выбросы увеличились на 96,3 тыс. т (на 9,6%). В условиях роста объемов добычи угля в 2017 г. на 6,0% удельные выбросы увеличились на 3,8%.





Рис. 3. Выбросы метана при добыче угля [18]

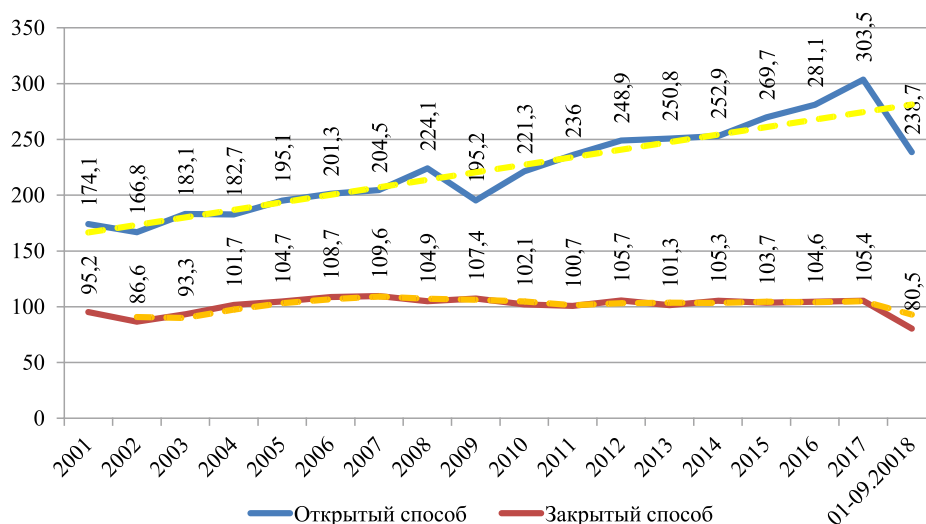


Рис. 4. Тренды добычи угля открытым и закрытым способами за период 2000–2018 гг. [17]

Из угольных пластов и подземных шахт метан удаляется при помощи дегазации и принудительной вентиляции. Утилизация  $\text{CH}_4$  выполняется в основном на шахтах Печорского угольного бассейна (Северо-Западный федеральный округ), а с 2010 г. – на шахтах Кузнецкого угольного бассейна (Сибирский федеральный округ). С 1990 по 2007 г. данные предоставлены угледобывающими компаниями, а с 2008 по 2015 г. включительно – Министерством энергетики Российской Федерации. До 2009 г. применение дегазации на угольных шахтах Российской Федерации было необязательным. В 2009 г. вступили в силу «Методические рекомендации о порядке дегазации угольных

шахт» [20]. В 2011 г. Правительство РФ приняло Постановление № 315 «О допустимых нормах содержания взрывоопасных газов (метана) в шахте, угольных пластах и выработанном пространстве, при превышении которых дегазация является обязательной», согласно которому дегазация угольного пласта обязательна, когда его природная метаносность превышает  $13 \text{ м}^3 \text{ т}^{-1}$  сухой беззольной массы [21]. Принятые нормативно-правовые документы способствовали увеличению утилизации  $\text{CH}_4$ .

Согласно результатам расчетов, приведенным в аналитическом докладе «Риски реализации Парижского климатического соглашения для экономики и национальной

безопасности России» [22, 23], введение углеродного сбора приведет к деградации угольной индустрии, особенно высок риск для предприятий, добывающих уголь закрытым способом. Это может привести к социальному напряжению, поскольку угольная промышленность обеспечивает работой более 158 тыс. чел., в смежных отраслях занято еще 500 тыс. чел. Большая часть их проживает в 30151 монопрофильных населенных пунктах, из которых 8 относится к категории городов с наиболее сложным социально-экономическим положением. Меры по снижению этих рисков и угроз требуют реализации дополнительных мероприятий по снижению социальной напряженности, включающих в себя реализацию программ повышения занятости и создания новых рабочих мест, профессиональной пе-

реподготовки и переселения высвобождаемых работников угольной отрасли.

В соответствии с требованиями Федерального закона от 04 мая 1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» предприятия хранения и перевалки угля установили оборудование для непрерывного мониторинга состава выбросов в атмосферу на границах санитарно-защитной зоны (стивидорные компании Приморского края подписали трехсторонние соглашения о снижении воздействия на атмосферный воздух в зонах ответственности терминалов) [24].

С целью уменьшения воздействия на атмосферный воздух и выполнения положений климатической доктрины предприятиями угольной промышленности был реализован ряд мероприятий, представленных в таблице [25].

Мероприятия по сокращению загрязнения атмосферного воздуха, реализованные предприятиями угольной промышленности в 2017 г.

№ п/п	Мероприятие	Организация
1	Строительство и ввод в действие новых пылегазоочистных установок и сооружений	АО «ОФ «Междуреченская», ООО «Арктические разработки», ООО «Угольный разрез»
2	Замена циклонов в котельной	Филиал АО «Черниговец» – Шахта «Южная», ООО «ОФ «Тайбинская», АО «УК «Разрез Степной»
3	Повышение эффективности существующих очистных установок (диагностика, ремонт, чистка)	ОАО УК «Кузбассразрезуголь», ООО «ОФ «Прокопьевскуголь», АО «ЦОФ Абашевская», АО «ЦОФ Кузнецкая», АО «Разрез Назаровский», ООО «Компания ВостСибУголь», АО «ХК «Якутуголь», ООО «ТБК», АО «Шахта «Алексиевская», АО «ОФ «Антоновская», ООО «ОФ «Коксовая», АО «Приморскуголь»
4	Совершенствование технологических процессов	АО «Шахта Интауголь»
5	Инструментальные замеры промышленных выбросов в атмосферу от источников предприятия, лабораторные исследования по определению эффективности ГОУ	АО «ОФ «Распадская», АО «Разрез «Канский», ООО «Компания ВостСибУголь», АО «Амуруголь», ООО «Шахта № 12», АО «ЦОФ «Гуковская», ООО «Шахтоуправление «Садкинское», ООО «Шахта «Листвяжная», ООО «ОФ Прокопьевскуголь», ООО «Разрез «Бунгурский-Северный», АО «Шахта «Алексиевская», ООО «Разрез Трудармейский-Южный», АО «Шахта Большевик», АО «Шахта Антоновская», АО «ОФ «Антоновская», АО «Междуречье», ООО «Ресурс», Филиал ООО УК «ПМХ» – «ПМХ-Уголь», ПАО «ЦОФ «Березовская», ООО «Разрез Киселевский», ООО «ОФ «Тайбинская», АО «Красноярсккрайуголь», АО «УК «Разрез Степной», ООО «Компания ВостСибУголь», ООО «Угольный разрез», АО «Ургалуголь», АО «Приморскуголь», ООО «СУР»
6	Регулировка аспирационных систем	АО «Шахта Интауголь», АО «ЦОФ «Гуковская»
7	Полив технологических дорог, отвалов и складов угля	ОАО УК «Кузбассразрезуголь», АО «Разрез Распадский», АО «Разрез «Канский», ООО «Читауголь», ООО «Арктические разработки», АО «ХК «Якутуголь», АО «Разрез Тугнуйский», ООО «Шахта № 12», ООО «СП «Барзасское товарищество», ООО «Разрез «Березовский», ООО «Разрез «Пермяковский», АО «Разрез Шестаки», АО «Разрез «Кайчакский-1», ООО «Шахтоуправление «Майское», ООО «Разрез «Бунгурский-Северный», АО «Разрез Октябрьский», АО «УК Южная», ООО «ОФ «Тайбинская», АО «УК «Разрез Степной», ООО «ВСГК», ООО «БГРК», АО «Приморскуголь», АО «ЛУР», ООО «СУР»
8	Пылеподавление и орошение в шахте	АО «Шахта Интауголь»

Окончание таблицы		
№ п/п	Мероприятие	Организация
9	Озеленение территории, санитарно-защитной зоны	ООО «Разрез «Березовский», АО «Приморскуголь»
10	Мониторинг атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны	ООО «Шахтоуправление «Садкинское», ООО «Разрез Восточный», ООО «Шахтоуправление «Майское», ООО «ОФ Прокопьевскуголь», АО «Салек», ООО «ТБК», ООО «Разрез «Бунгурский-Северный», АО «Шахта «Алексиевская», ООО «Разрез Трудармейский-Южный», АО «Шахта Большевик», АО «Шахта Антоновская», АО «ОФ «Антоновская», ООО «Ресурс», Филиал ООО УК «ПМХ»-«ПМХ-Уголь», ПАО «ЦОФ «Березовская», ООО «Разрез Киселевский», ООО «Шахта «Юбилейная», АО «Красноярсккрайуголь», АО «УК «Разрез Степной», АО «ТЭПК», ООО «Компания ВостСибУголь», ООО «ВСГК», ООО «Угольный разрез», АО ХК «Якутуголь», АО «Приморскуголь», АО «ЛУР»
11	Исследование рудничной атмосферы	АО «Разрез «Кайчакский-1»
12	Использование электронной системы взрывания	ООО «Шахтоуправление «Майское»
13	Применение неэлектрических систем инициирования типа ДИН при проведении массовых взрывов	АО «Разрез Октябрьский»
14	Использование взрывчатых веществ с кислородным балансом, близким к нулю (гранулиты, сибириты); гидрозабойка скважин	АО ХК «Якутуголь»
15	Профилактика и тушение эндогенных пожаров	АО «ЛУР»
16	Производство замеров выхлопных газов от автомобилей и осуществление контроля за регулировкой двигателей	ООО «Разрез «Бунгурский-Северный», АО «Приморскуголь»

Изменения климата, обусловленные, в том числе, антропогенной деятельностью, являются причиной угроз безопасности. Объективная оценка воздействия промышленности, включая угледобывающую, и ее вклада в глобальные процессы изменения климата невозможна без объективной и достоверной информации. Последствия этих изменений для разных субъектов Российской Федерации неодинаковы и однозначная их оценка невозможна, поэтому при разработке стратегии реализации климатической политики в угледобывающем секторе должны быть учтены как экологические, так и технологические и социально-экономические аспекты. В этой связи к основным факторам, ограничивающим в настоящее время реализацию климатической доктрины в угледобывающей отрасли, следует отнести:

- отсутствие полноценной испытательной стендовой базы;
- недостаточное научное сопровождение отработки угольных пластов в особо опасных горно-геологических условиях;
- недостаточный учет местных и сло-вых скоплений метана у горных машин

и буровых станков в системе аэрогазового контроля.

Таким образом, для выполнения положений климатической доктрины и минимизации негативного воздействия в сфере добычи угля необходима разработка оптимальных стратегий корректировки технологических решений, направленных на стабилизацию экологической обстановки в районах промышленных площадок и смежных территорий, включающих расширение программы экологического мониторинга с целью формирования объективной картины влияния производственной деятельности на окружающую среду, разработку системы санитарно-гигиенического нормирования угольной пыли, а также внедрение инновационных решений, способствующих сокращению эмиссии парниковых газов на всех этапах технологического цикла.

#### Список литературы / References

1. Утверждена климатическая доктрина [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/6365> (дата обращения: 20.11.2018).

The climatic doctrine is approved [Electronic resource]. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/6365> (date of access: 20.11.2018) (in Russian).

2. Комплексный план реализации климатической доктрины Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: [https://rg.ru/pril/58/21/25/730\\_plan.pdf](https://rg.ru/pril/58/21/25/730_plan.pdf) (дата обращения: 20.11.2018).

Russian Federation climatic doctrine implementation comprehensive plan [Electronic resource]. URL: [https://rg.ru/pril/58/21/25/730\\_plan.pdf](https://rg.ru/pril/58/21/25/730_plan.pdf) (date of access: 20.11.2018) (in Russian).

3. Каплунов А.С. Правовая природа климатической доктрины РФ // Молодой ученый. 2016. № 26 (130). С. 469–471.

Kaplunov A.S. Russian Federation climatic doctrine legal nature // Young scientist. 2016. № 26 (130). P. 469–471 (in Russian).

4. Тоичкина Е.Е. Правовая составляющая климатической доктрины РФ // Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Самара: Омега Сайнс, 2018. С. 178–181.

Toichkina E.E. Russian Federation climatic doctrine legal component // Scientific research of high school by priority directions of science and technique. Articles digest of International scientific and practical conference, 2018. P. 178–181 (in Russian).

5. Парижское соглашение: миссия 2018 [Электронный ресурс]. URL: [http://www.rusecounion.ru/klimat\\_23518](http://www.rusecounion.ru/klimat_23518) (дата обращения: 24.12.2018).

Parisian agreement: mission of 2018 [Electronic resource]. URL: [http://www.rusecounion.ru/klimat\\_23518](http://www.rusecounion.ru/klimat_23518) (date of access: 24.12.2018) (in Russian).

6. Макоева Р.Х. Перспективы участия РФ в Парижском соглашении по климату // Традиции и новации в системе современного российского права. Сборник тезисов XVII Международной научно-практической конференции молодых ученых. М.: Проспект, 2018. С. 270–272.

Makoeva R.Kh. Russian Federation participation prospects in the Parisian agreement on climate // Traditions and innovations in the system of modern Russian law. Digest of the thesis XVII International scientific and practical conference of young scientists. M.: Prospect, 2018. P. 270–272 (in Russian).

7. Магоматов И.Х. Парижское соглашение по климату: обзор основных положений и позиция России // Проблемы рыночной экономики. 2018. № 3. С. 38–42.

Magomadov I.H. The Paris climate agreement: an overview of the main provisions and the position of Russia // Problems of market economy. 2018. № 3. P. 38–42 (in Russian).

8. Макаров И.А., Степанов И.А. Парижское соглашение по климату: влияние на мировую энергетику и вызовы для России // Актуальные проблемы Европы. 2018. № 1. С. 77–100.

Makarov I.A., Stepanov I.A. Paris agreement on climate change: Its impact on world energy sector and new challenges for Russia // Current problems of Europe. 2018. № 1. P. 77–100 (in Russian).

9. Макаров И.А., Чен Х., Пальцев С.В. Последствия Парижского климатического соглашения для экономики России // Вопросы экономики. 2018. № 4. С. 76–94.

Makarov I.A., Chen H., Paltsev S.V. Impacts of Paris Agreement on Russian economy // Questions of economy. 2018. № 4. P. 76–94 (in Russian).

10. Полпред президента предложил сделать Восточную Сибирь безуглеродной зоной [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rbc.ru/economics/24/02/2016/> (дата обращения: 24.12.2018).

The Plenipotentiary Representative of the president suggested to make Eastern Siberia a carbon-free zone [Electronic resource]. URL: <https://www.rbc.ru/economics/24/02/2016/> (date of access: 24.12.2018) (in Russian).

11. Карбач Ю.С. Безуглеродная зона // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской

научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Сер. «Выпуск 22» / Под общ. ред. М.В. Темлянцева. Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2018. С. 102–105.

Karbach Yu.S. Carbon-free zone // Science and youth. Works of the All-Russian scientific conference of the students, post-graduate students and young scientists. Series 22 / Under editorial office of M.V. Temlyantsev. Novokuznetsk: Siberian state industrial university, 2018. P. 102–105 (in Russian).

12. Аналитический доклад «Риск реализации Парижского климатического соглашения для экономики и национальной безопасности России» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ipem.ru/files/files/other/> (дата обращения: 20.11.2018).

Analytical report «Parisian climatic agreement implementation risk for economy and national security of Russia» [Electronic resource]. URL: <http://www.ipem.ru/files/files/other/> (date of access: 20.11.2018) (in Russian).

13. Щуплова И.С., Рыбин Д.В. Глобальное изменение климата как вызов энергетической политике и обеспечению энергетической безопасности // European science. 2018. № 6. С. 14–18.

Schuplova I.S., Rybin D.V. Global climate change as call to energy policy and ensuring energy security // European science. 2018. № 6. P. 14–18 (in Russian).

14. Павленко В.Б. Парижское соглашение как угроза национальной безопасности России // Астраханский вестник экологического образования. 2017. № 4. С. 25–40.

Pavlenko V.B. The Paris agreement as a threat to national security of Russia // Astrakhan bulletin of ecological education. 2017. № 4. P. 25–40 (in Russian).

15. Трапезникова И.С. Управление процессами эмиссии парниковых газов и технологическая безопасность в регионе (на примере Кемеровской области) // Успехи современного естествознания. 2006. № 4. С. 92.

Trapeznikova I.S. Management of the emissions of the greenhouse gases and technological safety in region (example of the Kemerovo area) // Advances in current natural sciences. 2006. № 4. P. 92 (in Russian).

16. Петров И.В. Экономическая оценка энергоэффективности углеэнергетических технологий // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. С1. С. 180–189.

Petrov I.V. Economic assessment of energetics efficiency for coal-energy technologies // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical magazine). 2014. S1. P. 180–189 (in Russian).

17. Федеральная служба государственной статистики. Окружающая среда. Изменение климата [Электронный ресурс]. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/) (дата обращения: 20.11.2018).

Federal State Statistics Service. The environmental. The climate change [Electronic resource]. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/) (date of access: 20.11.2018) (in Russian).

18. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2015 гг. М.: ФГБУ «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН», 2017. 471 с.

The national report on the inventory of anthropogenic emissions from sources and absorption by absorbers of the greenhouse gases which are not regulated by the Montreal protocol for 1990–2015. M.: Institute of global climate and ecology of Roshydromet and RAS, 2017. 471 p. (in Russian).

19. МГЭИК. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. МГЭИК, Хайяма, 2006. Т. 1–5. 13 с.

Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines of national inventories of greenhouse gases. MGEIK, Hayyama, 2006. T. 1–5. 13 p. (in Russian).

20. РД-15-09-2006. Методические рекомендации о порядке дегазации угольных шахт [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ecotech-invest.ru/> (дата обращения: 22.10.2018).

РД-15-09-2006. Methodical recommendations of an order of decontamination of coal mines [Electronic resource]. URL: <http://www.ecotech-invest.ru/> (date of access: 22.10.2018) (in Russian).

21. Постановление Правительства РФ № 315 от 25.04.2011 г. «О допустимых нормах содержания взрывоопасных газов (метана) в шахте, угольных пластах и выработанном пространстве, при превышении которых дегазация является обязательной» [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902275271> (дата обращения: 22.10.2018).

Order of the RF Government № 315 on 25.04.2011. About admissible standards of the contents of explosive gases (methane) in the mine, coal layers and the developed space at which excess decontamination is obligatory» [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902275271> (date of access: 22.10.2018) (in Russian).

22. Кокорин А.О., Поташников В.Ю. Глобальный низкоуглеродный тренд развития как движущая сила реализации Парижского соглашения // Экономическая политика. 2018. № 3. С. 234–255.

Kokorin A.O., Potashnikov V.Yu. Global Low Carbon Trend of Development as a Driving Force for Paris Agreement Implementation // Economical policy. 2018. № 3. P. 234–255 (in Russian).

23. Смышляев В.А. Климатическая доктрина РФ и безопасность России: политэкономия взаимосвязи // Актуальные проблемы современной экономики: теория, практика, политика. Воронеж: Наука-Юнипресс, 2014. С. 115–126.

Smyshlyaev V.A. Смышляев В.А. Russian Federation climate doctrine and safety of Russia: interrelation political economy // Actual problems of the modern economy: theory, practice, policy. Voronezh: Nauka-Unipress, 2014. P. 115–126 (in Russian).

24. Соглашение со стивидорами Находки [Электронный ресурс]. URL: <http://www.primorsky.ru/news/140922/> (дата обращения: 22.10.2018).

Agreement with stevedores of Nakhodka city [Electronic resource]. URL: <http://www.primorsky.ru/news/140922/> (date of access: 22.10.2018) (in Russian).

25. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году» (проект). М.: Министерство природных ресурсов и экологии, 2017. 897 с.

State report «About a state and environmental protection of the Russian Federation in 2017» (project). M.: Ministry of the natural resources and ecology, 2017. 897 p. (in Russian).