

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,823

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,300

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 электронному каталогу «Почта России» – П7816

Главный редактор

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

Зам. главного редактора

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

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.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.т.н., профессор Галкин А.Ф. (Ухта); 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. Егорова 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 Кузиков 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 бесплатный.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,823.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,300.

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

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
ООО ИД «Академия Естествознания»

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

Адрес редакции и издателя: 440026, Пензенская область, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3

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

Подписано в печать – 29.03.2021

Дата выхода номера – 29.04.2021

Формат 60х90 1/8

Типография

ООО «Научно-издательский центр

Академия Естествознания»,

410035, Саратовская область, г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка

Байгузова Л.М.

Корректор

Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.

Способ печати – оперативный.

Распространение по свободной цене.

Усл. п.л. 12,63

Тираж – 1000 экз.

Заказ. УСЕ/3-2021

Подписной индекс П7816

© ООО ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)**СТАТЬИ**

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ГЕРБИЦИДА НА УРОЖАЙНОСТЬ ТОМАТА
В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

Батыров В.А., Оросов С.А., Батырова Г.Н.5

ФОРМИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ НАПОЧВЕННЫХ ПОКРОВОВ В ПОСАДКАХ ЯБЛОНИ
ДОМАШНЕЙ *MALUS DOMESTICA* L. ПРИ ОЗЕЛЕНЕНИИ

Довганюк А.И., Крохин С.Ю.12

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ РАЗМНОЖЕНИЯ И ВЫРАЩИВАНИЯ
ВИДОВ РОДА *ROBINIA* L.

Лазарев С.Е., Семенютина А.В.17

Науки о Земле (25.00.00)**СТАТЬИ**

ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ
РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Бессмертный И.В., Латун В.В., Меринова Ю.Ю., Хованский А.Д.26

ИТЕРАЦИОННЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ОБОБЩЕННОЙ СРЕДНЕЙ РЕЗУЛЬТАТОВ
КОРРЕЛИРОВАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Волков В.И., Волков Н.В., Волкова Т.Н.35

К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ С УЛУЧШЕННЫМИ
ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫМИ, ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМИ И МЕХАНИЧЕСКИМИ
СВОЙСТВАМИ ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ КРИОГЕЛЕЙ

Дудникова С.А., Дудников В.Ю., Осадчая Г.Г.43

ОБЪЕКТЫ ПРИТЯЖЕНИЯ ТУРИСТОВ В СЛЮДЯНСКОМ РАЙОНЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Евстропьева О.В., Попов П.Л., Черенев А.А., Сараев В.Г.49

ИССЛЕДОВАНИЕ ШТРИХ-КODOVЫХ РЕЕК ПРИ ВЫСОКОТОЧНОМ НИВЕЛИРОВАНИИ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Куликовский Д.Р., Фунг Чунг Тхань56

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ НЕФТЕПРОДУКТОВ
И ВОДОРАСТВОРИМЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ
В ПОЧВОГРУНТАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Лукашов С.В., Надточей Е.П., Иванченкова О.А.65

ДИНАМИКА ЗА 50 ЛЕТ ПЛОЩАДИ ЗЕМЕЛЬ ПО КАТЕГОРИЯМ КАДАСТРА
ВОЛЖСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

Мазуркин П.М., Ефимова Е.А.72

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ
В НЕСТАНДАРТНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ В СВЯЗИ С РАЗРАБОТКОЙ МЕТОДОЛОГИИ
ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ

Маракова И.А.79

МНОГОЛЕТНИЕ ДАННЫЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДОННЫХ ОСАДКОВ
КАК ИНДИКАТОР УСТОЙЧИВОСТИ ОБСТАНОВКИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

Чечко В.А., Топчая В.Ю.86

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ СОЦИАЛЬНОЙ СРЕДЫ
РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Шведов В.Г., Ткаченко Г.Г., Ушаков Е.А., Чурзина А.А.92

CONTENTS

Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)

ARTICLES

INFLUENCE OF THE METHOD OF TILLAGE AND HERBICIDE ON TOMATO YIELD UNDER IRRIGATION CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF KALMYKIA <i>Batyrov V.A., Orosov S.A., Batyrova G.N.</i>	5
THE FORMATION OF A STABLE GROUND COVER IN PLANTING APPLE TREES <i>MALUS DOMESTICA</i> L. HOME WHEN GARDENING <i>Dovganuk A.I., Krokhin S.Yu.</i>	12
TECHNOLOGICAL METHODS OF REPRODUCTION AND CULTIVATION OF SPECIES OF THE GENUS <i>ROBINIA</i> L. <i>Lazarev S.E., Semenyutina A.V.</i>	17

Earth sciences (25.00.00)

ARTICLES

DEMOGRAPHIC POTENTIAL AND SPATIAL DEVELOPMENT OF THE ROSTOV REGION <i>Bessmertnyi I.V., Latun V.V., Merinova Yu.Yu., Khovanski A.D.</i>	26
ITERATIVE METHOD OF GENERALIZED AVERAGE OF CORRELATED MEASUREMENTS <i>Volkov V.I., Volkov N.V., Volkova T.N.</i>	35
TO THE QUESTION OF CREATION OF SOIL BASES WITH IMPROVED WATERPROOFING, THERMAL INSULATING AND MECHANICAL PROPERTIES BY APPLICATION OF POLYMER CRYOGELS <i>Dudnikova S.A., Dudnikov V.Yu., Osadchaya G.G.</i>	43
OBJECTS OF ATTRACTION OF TOURISTS IN THE SLYUDYANSKY DISTRICT OF THE IRKUTSK REGION <i>Evstropieva O.V., Popov P.L., Cherenev A.A., Saraev V.G.</i>	49
EXAMINATION OF BARCODE RAILS FOR HIGH-PRECISION LEVELING FOR SPECIAL ENGINEERING TASKS <i>Kulikovskiy D.R., Phung Trung Thanh</i>	56
DETERMINATION OF RESIDUAL AMOUNTS OF PETROLEUM PRODUCTS AND WATER-SOLUBLE MINERAL POLLUTANTS IN THE SOILS OF URBANIZED TERRITORIES <i>Lukashov S.V., Nadtochey E.P., Ivanchenkova O.A.</i>	65
DYNAMICS OVER 50 YEARS OF AREA OF LANDS BY CATEGORIES OF THE INVENTORY OF THE VOLGA MUNICIPALITY OF THE REPUBLIC OF MARIY EL <i>Mazurkin P.M., Efimova E.A.</i>	72
ANALYSIS OF THE FORMATION CONDITIONS OF HYDROCARBONS DEPOSITS IN NON-STANDARD RESERVOIR IN CONNECTION WITH THE DEVELOPMENT OF THE METHODOLOGY OF THEIR FORECASTING IN THE TYMANO-PECHORSK PROVINCE <i>Marakova I.A.</i>	79
LONG-TERM DATA OF GRAIN SIZE PARAMETERS OF BOTTOM SEDIMENTS AS AN INDICATOR OF STABILITY OF SEDIMENTATION ENVIRONMENT <i>Chechko V.A., Topchaya V.Yu.</i>	86
ANALYSIS OF THE MAIN INDICATORS OF THE SOCIAL ENVIRONMENT OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA) <i>Shvedov V.G., Tkachenko G.G., Ushakov E.A., Churzina A.A.</i>	92

СТАТЬИ

УДК 635-151:635.64:632.51(470.47)

**ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ГЕРБИЦИДА
НА УРОЖАЙНОСТЬ ТОМАТА В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ****Батыров В.А., Оросов С.А., Батырова Г.Н.***ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова»,
Элиста, e-mail: vladimir-ba@mail.ru*

В статье представлены результаты исследований по изучению влияния способа обработки почвы, глубины и количества междурядных культиваций, а также применения гербицидов на засоренность посадок и урожайность томата в условиях Республики Калмыкия. В течение вегетации томата сроки и нормы полива устанавливаются с учетом влажности почвы, которая поддерживается в слое 0,0...0,4 м на уровне 75...80% НВ. Однако орошаемые земли – подходящие условия как культурным растениям, так и сорному компоненту. Вред, который причиняют сорные растения, может привести к снижению продуктивности овощных культур от ожидаемого уровня – на 35–95%. Необходимым условием повышения эффективности овощеводства является использование современных эффективных агротехнологий. Однако надо пересмотреть способы размещения растений, повысить качество выполняемых операций, учесть возможность применения различных машин при использовании комплексной механизации. Одной из главных задач обработки почвы является снижение засоренности и повышение урожайности культуры. Эта задача решается в системе основной, предпосевной и междурядной обработок почвы. В каждом хозяйстве важно знать принадлежность сорных растений к видовому составу, так как известно, что конкурентоспособность неодинакова у разных видов сорняков. Установлено, что культивация и чизелевание на 36,2 и 15,6% снижали общую засоренность, а гибель злаковых сорняков составляла 23,9 и 31,1%. В период вегетации томата наиболее эффективно было проведение трех междурядных культиваций на глубину 0,10 м, что обеспечило получение максимальной урожайности – 65,2 т/га. Применение гербицидов показало высокую эффективность в борьбе с сорными растениями. При использовании Лазурит Супер, КНЭ (1,6 л/га) к периоду уборки урожая гибель куриного проса составила 59,9%, количество двудольных сорняков снизилось на 80,2%. На вариантах, обработанных гербицидами, получено от 61,6 до 61,9 т/га, что на 5,1–5,4 т/га превышало урожай томата контрольного варианта.

Ключевые слова: томат, сорное растение, агротехнология, гербицид, эффективность, урожайность, способ обработки почвы

**INFLUENCE OF THE METHOD OF TILLAGE AND HERBICIDE ON TOMATO
YIELD UNDER IRRIGATION CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF KALMYKIA****Batyrov V.A., Orosov S.A., Batyrova G.N.***Kalmykian State Educational University named B.B. Gorodovikov, Elista, e-mail: vladimir-ba@mail.ru*

The article presents the results of research on the influence of the method of tillage, the depth and number of inter-row cultivations, as well as the use of herbicides on the clogging of plantings and tomato yield in the Republic of Kalmykia. During the tomato growing season, the terms and norms of irrigation are set taking into account the soil moisture, which is maintained in a layer of 0.0...0.4 m at the level of 75 ... 80% HB. However, the irrigated conditions are favorable not only for cultivated plants, but also for weeds. The harm caused by them can reduce the yield of vegetable crops by 35-95% of the expected level. A necessary condition for increasing the efficiency of vegetable growing is the use of modern effective agricultural technologies. The use of complex mechanization makes it necessary to reconsider the accepted methods of plant placement, take into account the possibility of using certain machines, and improve the quality of operations performed. One of the main tasks of tillage is to reduce clogging and increase crop yield. This problem is solved in the system of basic, pre-sowing and inter-row tillage of the soil. In each farm, it is important to know the species composition of weeds, since the competitiveness of different types of weeds is not the same. It was found that cultivation and chiseling reduced the total weediness by 36.2 and 15.6%, and the death of cereal weeds was 23.9 and 31.1%. During the tomato growing season, the most effective method was to carry out 3 inter-row cultivations to a depth of 0.10 m, which ensured the maximum yield of 65.2 t / ha. The use of herbicides has shown high efficiency in the fight against weeds. When using Lapis Lazuli Super, CNE (1.6 l / ha) by the harvest period, the death of chicken millet was 59.9%, the number of dicotyledonous weeds decreased by 80.2%. On the variants treated with herbicides, from 61.6 to 61.9 t/ha was obtained, which was 5.1-5.4 t/ha higher than the tomato yield of the control variant.

Keywords: tomato, weed plant, agrotechnology, herbicide, efficiency, yield, method of soil treatment

В Республике Калмыкия ежегодно увеличивается объем производства овощных культур. Особенностью региона является то, что почвенно-климатические условия позволяют занимать большие площади под томатами в открытом грунте. Это самая рас-

пространенная овощная культура в южных регионах России. Высокие питательные, вкусовые и диетические свойства плодов томата определяются содержанием в них органических кислот (лимонной, щавелевой, яблочной и др.), минеральных солей

(фосфора, натрия, кальция, калия, йода, магния) и углеводов [1–3]. В Калмыкии спрос на овощную продукцию, в том числе на томаты, постоянно увеличивается, но при этом объемы производства значительно отстают [4; 5].

Продуктивность сельскохозяйственных культур, объемы выращивания зависят, прежде всего, от природно-климатических рисков – очень высоких летних температур воздуха и малого количества осадков в период возделывания [6].

В течение вегетации томата сроки и нормы полива устанавливаются с учетом влажности почвы, которая поддерживается в слое 0,0...0,4 м на уровне 75...80% НВ. Орошение – подходящее условие как для культурных растений, так и сорному компоненту. Вред, который причиняют сорные растения, может привести к снижению продуктивности овощных культур от ожидаемого уровня – на 35–95% [6; 7]. Огромна также энтомологическая и фитопатологическая опасность агроценозов [8]. Необходимым условием повышения эффективности овощеводства является использование современных эффективных агротехнологий. Однако надо пересмотреть способы размещения растений, повысить качество выполняемых операций, учесть возможность применения различных машин при использовании комплексной механизации [7; 9]. Одним из важнейших звеньев в комплексе агротехнических мероприятий, направленных на создание и повышение урожая томата, является обработка почвы. В связи с этим в современном производстве испытываются энерго- и ресурсосберегающие системы земледелия и технологии No-till [10–12]. Сложность, строгое соблюдение агрокультуры, покупка специальной техники, использование севооборотов являются недостатком системы нулевой обработки почвы. В конкретном хозяйстве с учетом климата, грунта, сорняков, вредителей и других факторов должны быть подобраны специально виды и нормы применения агрохимикатов [3; 13].

Сейчас в производстве используются технологии возделывания культур с применением отвальной, безотвальной обработки и других способов обработки почвы [9; 10; 14].

В 2016–2018 гг. в Манычской сухостепной провинции (распространен подтип светло-каштановых почв и их комплексов с солонцами) были проведены наши исследования. Регион по климатическим условиям можно отнести к очень засушливым:

годовое количество осадков – 310...315 мм; за теплый период в среднем сумма осадков – 190...240 мм; ГТК – 0,5...0,6; до 3600 °C – сумма положительных температур выше +10 °C. Целинный, Ики-Бурульский административные районы, г. Элиста входят в Центральную зону. Ергенинская возвышенность представлена подтипом светло-каштановых почв, они характерны для южной подзоны степей и находятся в комплексах с солонцами (поглощенный Na – 1,1–1,7 мг-экв). На них приходится 12,6%, или 945,0 тыс. га общей площади в структуре всего почвенного покрова. Рельеф – равнинный, однако есть и склоны разной крутизны. От легкосуглинистого до тяжело-суглинистого гранулометрического состава представлены почвообразующие породы. Содержание глинистых частиц в пахотном слое – 32,15...34,06%. Вследствие преобладания фракции мелкого песка (частиц диаметром 0,25...0,05 мм) – 21,8...46,2% и наличия крупной пыли (частиц диаметром 0,05...0,01 мм) – 21,1...43,8%, эти разновидности можно отнести к пылевато-песчаным средним суглинкам, характеризующимся прочной комковатой структурой пахотного слоя и обладающим хорошей водо- и воздухоудерживающей способностью. Почвы с небольшим содержанием гумуса – 1,30–1,60%, отличаются низкой обеспеченностью азотом, фосфором и повышенной – обменным калием: N легкогидролизуемый – 59,9–62,1 мг/кг; P₂O₅ – 47,1–48,7 мг/кг; K₂O – 293,5–319,5 мг/кг. В комплексе мероприятий по защите растений агротехнический метод борьбы с засоренностью зачастую становится перво-степенной задачей, без решения которой невозможно обеспечить получение высокой урожайности [10; 14; 15]. Трудность борьбы с сорными растениями объясняется очень большим запасом в почвенном слое семян, способных к прорастанию, так, на 1 гектаре их может находиться 50 млн – 3–4 млрд, а также органов вегетативного размножения [16; 17]. При правильном выборе, своевременном выполнении агротехнические приемы заметно подавляют вредные организмы, однако они зачастую не снижают численность сорняков, и приходится прибегать к обработке гербицидами [17; 18]. Полученные на протяжении нескольких лет результаты исследований в одной местности нельзя просто перенести в условия другой местности, потому что будут существовать различия по системе хозяйствования, климатическим данным, типу почвы [19;

20]. Надо стремиться сформировать агрофитоценоз с оптимальными параметрами, тогда потенциальная продуктивность сельскохозяйственных растений может проявиться в полной мере.

Поэтому целью проводимых исследований являлось изучение влияния способов обработки почвы, глубины и количества междурядных обработок почвы, а также применения гербицидов на засоренность посадок и урожайность томатов.

Материалы и методы исследования

Многообразие почвенных, климатических и производственных условий и индивидуальные особенности культур требуют научно обоснованного подхода к выбору агротехнических приемов. Поэтому при выращивании рассадного томата на полях опытного участка КФХ «Ветераны милиции» в Яшкульском районе Республики Калмыкия были изучены следующие факторы: осенью (октябрь) после уборки предшествующей культуры для подавления многолетних сорняков была проведена фоновая обработка участка препаратом Торнадо, ВР в дозе 2,5 л/га. К системе обработки почвы на этом участке приступали через 20 дней после внесения гербицида.

Опыт А. 1. Отвальная вспашка на 0,25 м. 2. Чизелевание на 0,18 м. 3. Безотвальная на 0,25 м, культивация на 0,10 м. 4. Четыре культивации на глубину 0,10 м. 5. Три культивации на глубину 0,10 м. 6. Разноглубинные культивации: первая на 0,05 м, вторая на 0,10 м, третья на 0,15 м. 7. Разноглубинные культивации: первая на 0,15 м, вторая на 0,10 м, третья на 0,05 м.

Опыт Б. Гербицид Титус, СТС в дозе 50 г/га с прилипателем Тренд 90, Ж 200 мл/га, а также Лазурит Супер, КНЭ в дозе 1,6 л/га – через 12–15 суток от высадки рассады в открытый грунт; 300 л/га – расход рабочего раствора.

Опыты заложены в 4-кратной повторности, площадь делянки – 92 м², предшественник – капуста. Исходный учет засоренности по методике ВИЗРа проводился на двух несмежных повторностях опыта через 2 недели после высадки рассады, через 30 дней после обработки и перед уборкой урожая [15]. Возраст рассады перед посадкой – 35–45 дней. Основные показатели качества рассады: высота – 19 см, диаметр штамба – 5,8 мм, число листьев – 8,4 шт., площадь листовой поверхности – 139 см². Высадку рассады в открытый грунт проводили во II декаде мая. Схема посадки

(90 + 50) + 70 см по 2 растения в гнездо, сорт томата – Подарочный. Перед посадкой и после посадки проводили поливы ДДА-100М (300-500 м³/га воды). Уход за растениями состоял из 7–10 вегетационных поливов и междурядных обработок, в соответствии со схемой опыта.

Результаты исследования и их обсуждение

На 20-й день после применения гербицида Торнадо, ВР в дозе 2,5 л/га гибель многолетних сорняков составила 90,4%, а количество однолетних сорных растений снизилось на 95–98%. Одной из главных задач обработки почвы является снижение засоренности и повышение урожайности культуры. Эта задача решается в системе основной, предпосевной и междурядной обработок почвы. В любом хозяйстве важно знать принадлежность сорных растений к видовому составу, так как известно, что конкурентоспособность неодинакова у разных видов сорняков. Тип засоренности опытного участка КФХ «Ветераны милиции» в Яшкульском районе Республики Калмыкия однолетне-злаковый-двудольный. Преобладающими видами сорняков были ежовник обыкновенный, марь белая, паслен черный, канатник Теофраста, щирица запрокинутая и вьюнок полевой. Приемы обработки почвы оказали влияние на засоренность посадок томата (табл. 1).

Учет, проведенный перед уборкой урожая, показал, что наиболее засоренными были томаты, высаженные по безотвальной вспашке. Культивация и чизелевание снижали общую засоренность на 36,2 и 15,6%, а гибель злаковых сорняков составляла, соответственно, 23,9 и 31,1%. Однако численность двудольных однолетников (канатник Теофраста, щирица запрокинутая, марь белая, паслен черный) при чизелевании и безотвальной пахоте в 1,2–1,3 раза превышала их количество по сравнению с отвальной вспашкой. Увеличение засоренности томата двудольными однолетними сорняками в этих случаях объясняется тем, что приемы обработки почвы стимулируют их прорастание [3].

Существенное влияние на засоренность томата оказали междурядные культивации в период вегетации. Наиболее резкое снижение численности сорняков отмечено при культивации на одну и ту же глубину (на 0,10 м), затем при разноглубинных культивациях. Учет урожая показал, что на варианте с отвальной вспашкой зяби получен

урожай томатов 60,8 т/га, а безотвальная вспашка – 64,7 т/га (табл. 2).

Максимальная урожайность томата (65,2 т/га) получена на варианте с проведением трех культиваций на глубину 0,10 м. Разноглубинные приемы междурядной культивации не способствовали увеличению урожая. Наибольший урожай получен при междурядной обработке на глубину 0,15, 0,10 и 0,05 м.

Уничтожение сорняков в междурядьях с помощью современных технологических

средств не представляет значительной трудности. В то же время борьба с ними в рядах и защитных зонах культуры, несмотря на большой набор способов, остается практически нерешенной [2; 7]. Поэтому в условиях орошения особое внимание в борьбе с сорняками следует сосредоточить на использовании гербицида.

Перед проведением обработок гербицидами общая засоренность посадок томата составляла 232,9 шт./м², общей массой – 725 г (табл. 3).

Таблица 1

Численность сорных растений в зависимости от способа обработки почвы, шт./м²
(среднее за 2016–2018 гг.)

Способ обработки	Сорные растения		
	злаковые	двудольные	многолетние двудольные и злаковые
Отвальная вспашка (контроль)	38,2	25,5	6,0
Чизелевание	26,9	26,4	5,5
Безотвальная вспашка	26,5	28,3	5,2
Четыре культивации на глубину 0,10 м	14,9	16,6	4,0
Три культивации на глубину 0,10 м	16,0	16,9	4,1
Разноглубинные культивации: на 0,05, 0,10 и 0,15 м	18,5	17,9	4,7
Разноглубинные культивации: на 0,15, 0,10 и 0,05 м	18,4	17,6	3,9

Таблица 2

Урожайность томата в зависимости от применяемого способа обработки почвы
(среднее за 2016–2018 гг.)

Способ обработки	Урожайность, т/га	Прибавка урожая	
		т/га	%
Отвальная вспашка (контроль)	60,8	-	100
Чизелевание	58,6	- 2,2	96,4
Безотвальная вспашка	64,7	3,9	106,4
Четыре культивации на глубину 0,10 м	63,8	3,0	104,9
Три культивации на глубину 0,10 м	65,2	3,4	107,2
Разноглубинные культивации: на 0,05, 0,10 и 0,15 м	61,9	1,1	101,8
Разноглубинные культивации: на 0,15, 0,10 и 0,05 м	62,9	2,1	103,5
НСР _{0,05}	0,3	-	-

Таблица 3

Исходный состав сорных растений в посадках томата (среднее за 2016–2018 гг.)

Вид сорных растений	Количество сорных растений		Сырая масса сорных растений, г/м ²
	шт./м ²	%	
Ежовник обыкновенный	123,5	53,02	155,0
Щирица запрокинутая	23,3	10,0	184,2
Паслен черный	23,9	10,3	106,0
Канатник Теофраста	21,9	9,4	144,8
Марь белая	29,8	12,8	108,3
Вьюнок полевой	10,5	4,5	26,7
Общее количество	232,9	100	725,0

Таблица 4

Биологическая эффективность гербицидов в посадке томата (среднее за 2016–2018 гг.)

Вариант	Сорные растения, % гибели		
	злаковые	двудольные	многолетние двудольные и злаковые
через 30 дней после обработки			
Контроль	100	100	100
Титус, СТС (50 г/га + прилипатель Тренд 90, Ж – 200 мл/га)	57,3	74,3	67,0
Лазурит Супер, КНЭ (1,6 кг/га)	21,5	73,1	36,5
перед уборкой урожая			
Контроль	100	100	100
Титус, СТС (50 г/га + прилипатель Тренд 90, Ж – 200 мл/га)	85,7	85,1	35,1
Лазурит Супер, КНЭ (1,6 кг/га)	59,9	80,2	47,6

Таблица 5

Влияние гербицидов на урожайность томата, (в среднем за 2016–2018 гг.)

Гербицид	Урожайность, т/га	Прибавка урожая	
		т/га	%
Контроль	56,5	-	100
Титус, СТС (50 г/га + прилипатель Тренд 90, Ж – 200 мл/га)	61,9	5,4	109,6
Лазурит Супер, КНЭ (1,6 л/га)	61,6	5,1	109,0
НСР _{0,05}	3,2	-	-

Таблица 6

Влияние гербицида на биохимический состав плодов томатов (среднее за 2016–2018 гг.)

Гербицид	Биохимический состав плодов			
	в % на сырое вещество			аскорбиновая кислота, мг
	сухих веществ	суммы сахаров	кислотность	
Контроль	6,44	3,16	0,64	22,46
Титус, СТС (50 г/га + прилипатель Тренд 90, Ж – 200 мл/га)	6,08	2,67	0,62	21,06
Лазурит Супер, КНЭ (1,6 л/га)	5,98	2,75	0,63	19,42

Следует отметить, что использование гербицидов в изученных дозах практически не сказывалось на росте и развитии, не снижало густоту стояния растений томата.

Исследования, проведенные в условиях Республики Калмыкия, показали высокую эффективность гербицидов в борьбе с сорняками (табл. 4). После обработки по вегетирующим сорнякам Титус, СТС (50 г/га + прилипатель Тренд 90, Ж – 200 мл/га) гибель куриного проса при первом учете составила 57,3 %, а в период уборки урожая – 85,7 %, гибель двудольных сорняков составила 74,3 и 85,1 % соответственно.

Положительный эффект получен и при обработке препаратом Лазурит Супер, КНЭ (1,6 л/га). При первом учете гибель куриного проса составила 21,5 %, в период уборки – 59,9 %. Количество двудольных сорня-

ков снизилось при первом учете на 73,1 %, а к периоду уборки – на 80,2 %.

В сравнении с контролем урожайность томата на вариантах, обработанных гербицидами, была на 5,1–5,4 т/га выше и составила 61,6–61,9 т/га (табл. 5).

Проведенный анализ плодов томата позволил установить, что применение гербицида не оказало существенного воздействия на содержание суммы сахаров, кислотности, сухих веществ и аскорбиновой кислоты (табл. 6).

Заключение

1. Результаты проведенных исследований показали, что культивация и чизелевание снижали общую засоренность на 36,2 и 15,6 %, а гибель злаковых сорняков составляла, соответственно, 23,9 и 31,1 %.

2. В период вегетации томата наиболее эффективно проведение трех междурядных культиваций на глубину на 0,10 м, что обеспечило получение максимальной урожайности – 65,2 т/га.

3. Применение гербицида показало высокую эффективность в борьбе с сорняками. При использовании Лазурит Супер, КНЭ (1,6 л/га) перед уборкой урожая гибель куриноного проса составила 59,9%, количество двудольных сорняков снизилось на 80,2%.

4. Обработка гербицидами позволила получить урожайность 61,6–61,9 т/га, что на 5,1–5,4 т/га больше урожайности томата в контроле.

5. Применение гербицида не оказало отрицательного воздействия на биохимические показатели и качество плодов томата.

Список литературы / References

1. Байрамбеков Ш.Б., Корнева О.Г., Анишко М.Ю., Перова Л.Г. Влияние гербицидов на засоренность томата малолетними сорняками в условиях орошения // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: сборник материалов Международной научно-практической конференции / Составитель Н.А. Щербаклова. 2019. С. 95–99.
2. Байрамбеков Ш.Б., Корнева О.Г., Анишко М.Ю., Перова Л.Г. The influence of herbicides on the clogging of tomato with young weeds in irrigation conditions // In the collection: Results and prospects for the development of the agro-industrial complex. Itogi i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / Sostavitel' N.A. Shcherbakova. 2019. P. 95–99 (in Russian).
3. Корнева О.Г., Байрамбеков Ш.Б., Анишко М.Ю., Соколов А.С. Гербициды в системе осенней подготовки почвы при выращивании томатов в рисовых севооборотах // Вестник Алтайского ГАУ. 2019. № 2 (172). С. 13–19.
4. Корнева О.Г., Байрамбеков Ш.Б., Анишко М.Ю., Соколов А.С. Herbicides in the system of autumn soil preparation when growing tomatoes in rice crop rotation // Vestnik Altayskogo GAU. 2019. No. 2 (172). P. 13–19 (in Russian).
5. Соколов А.С., Байрамбеков Ш.Б., Анишко М.Ю. Влияние гербицидов на семенную продуктивность томата // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 2. С. 160–164.
6. Sokolov A.S., Bayrambekov Sh. B., Anishko M.Yu. The influence of herbicides on the seed productivity of tomato // Problemy razvitiya APK regiona. 2019. No. 2. P. 160–164 (in Russian).
7. Батыров В.А. Особенности выращивания рассады томата и элементы агротехнических приемов в условиях центральной зоны Калмыкии // Проблемы и перспективы развития сельского хозяйства Юга России: материалы научно-практической конференции. 2017. С. 73–76.
8. Batyrov V.A. Features of growing tomato seedlings and elements of agricultural techniques in the central zone of Kalmykia // Problemy i perspektivy razvitiya sel'skogo khozyaystva Yuga Rossii: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2017. P. 73–76 (in Russian).
9. Shamsutdinov N.Z., Kaminov Yu.B., Batyrov V.A. The semishrubs fodder productivity of north-western circum-caspian region natural pastures. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. No. 5. P. 102–108.
10. Байрамбеков Ш.Б., Валеева З.Б., Дубровин Н.К. Интегрированная защита овоще-бахчевых культур и картофеля от болезней, вредителей и сорняков // Орошаемое овощеводство и бахчеводство в развитии адаптивно-ландшафтных систем юга России. Астрахань: Издатель Сорокин Роман Васильевич, 2012. С. 175–182.
11. Bayrambekov Sh.B., Valeeva Z.B., Dubrovin N.K. Integrated protection of melon vegetables and potatoes from diseases, pests and weeds // Orosheyemoye ovoshchevodstvo i bakhchevodstvo v razviti adaptivno-landshaftnykh sistem yuga Rossii. Astrakhan': Izdatel' Sorokin Roman Vasil'yevich, 2012. P. 175–182 (in Russian).
12. Дригидер В.К. Практические рекомендации по освоению технологии возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы в засушливых условиях Ставропольского края. Саратов: Амирит, 2016. С. 4.
13. Drydiger V.K. Practical recommendations for the development of technology for cultivating crops without tillage in arid conditions of the Stavropol Territory. Saratov: Amirit, 2016. P. 4 (in Russian).
14. Гриценко В.В., Орехов Д.А., Попов С.Я., Стройков Ю.М. и др. Защита растений / Под ред. проф. С.Я. Попова. М.: Мир, 2005. С. 142–341.
15. Gritsenko V.V., Orekhov D.A., Popov, S.Ya. Stroikov Yu.M., et. al. Plant Protection / Pod red. prof. S.Ya. Popova. M.: Mir, 2005. P. 142–341 (in Russian).
16. Коршиков А.А., Михайлин А.А. О глубоком рыхлении почвы // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2003. № 4. С. 28–30.
17. Korshikov A.A., Mikhailin A.A. On deep tillage of soil // Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. 2003. No. 4. P. 28–30 (in Russian).
18. Захаренко В.А. Оценка экономической целесообразности защитных мероприятий в условиях рыночной экономики России // Защита и карантин растений. 2019. № 5. С. 12–15.
19. Zakharenko V.A. Assessment of the economic feasibility of protective measures in the conditions of the market economy of Russia // Zashchita i karantin rasteniy. 2019. No. 5. P. 12–15 (in Russian).
20. Косолап М.П. Система землеробства No-till. Навч. Посібник. Киев: Логос, 2011. 352 с.
21. Kosolap M.P. Farming system No-till.. Posebnik. Logos, 2011. 352 p. (in Russian).
22. Турин Е.Н., Женченко К.Г., Гонгало А.А. No-till управление пожнивными остатками // Современное состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: матер. науч.-практ. интер. конф. 28 февраля 2017 г. Солёное займище. 2017. С. 20.
23. Turin E.N., Zhenchenko K.G., Gongalo A.A. No-till management of rearing remnants // Sovremennoye sostoyaniye prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskiye aspekty ratsional'nogo prirodopol'zovaniya: mater. nauch.-prakt. inter. konf. 28 fevralya 2017 g. Solenoye zaymishche. 2017. P. 20 (in Russian).
24. Леунов И.У. Роль агротехники в борьбе с сорняками // Картофель и овощи. 1993. № 2. С. 33–34.
25. Leonov I.U. The role of agricultural machinery in the fight against weeds // Kartofel' i ovoshchi. 1993. No. 2. P. 33–34 (in Russian).
26. Токарев Н.А., Гарьянова Е.Д., Токарева Н.Д., Гуляева Г.В. Способ борьбы с сорняками // Земледелие. 2012. № 8. С. 37–38.
27. Tokarev N.A., Garyanova E.D., Tokarev N.D., Gulyaeva G.V. Method of weed control // Zemledeliye. 2012. No. 8. P. 37–38 (in Russian).
28. 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.
29. Sokolov A.S., Bayrambekov S.B., Sokolova G.F. Influence of soil treatment, fertilizers, herbicides on clogging and yield of vegetable crops in crop rotation // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2018. No. 8. P. 78–84 (in Russian).
30. Терешкова Л.П. Курс – на безопасное применение пестицидов // Защита и карантин растений. 2020. № 4. С. 3–6.
31. Tereshkova L.P. Course – on the safe use of pesticides // Zashchita i karantin rasteniy. 2020. No. 4. P. 3–6 (in Russian).

17. Сычев В.Г. Перспективы использования новых агрохимикатов в современных агротехнологиях // Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур: материалы докладов участников 10-й научно-практической конференции «Анапа-2018». М.: ООО «Плородориде», 2018. С. 3–6.

Sychev V.G. Prospects for the use of new agrochemicals in modern agricultural technologies // Perspektivy ispol'zovaniya innovatsionnykh form udobreniy, sredstv zashchity i regulatorov rosta rasteniy v agrotekhnologiyakh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: materialy dokladov uchastnikov 10-y nauchno-prakticheskoy konferentsii «Anapa-2018». М.: ООО «Plodorodiye», 2018. P. 3–6 (in Russian).

18. Артюхов А.И. Методология полевого опыта в агроэкологических условиях // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2003. № 4. С. 59–61.

Artyukhov A.I. Methodology of field experience in agroecological conditions // Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. 2003. No. 4. P. 59–61 (in Russian).

19. Белик В.Ф. Методы опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве. М.: Агропромиздат, 1992. 480 с.

Belik V.F. Experimental methods in vegetable and melon growing. М.: Agropromizdat, 1992. 480 p. (in Russian).

20. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве / Под ред. М.С. Соколова. М.: Печатный город, 2009. 252 с.

Spyridonov Yu.Ya., Larina G.E., Shestakov V.G. Methodological Guide for the Study of Herbicides Used in Crop Production / Pod red. M.S. Sokolova. М.: Pechatnyy gorod, 2009. 252 p. (in Russian).

УДК 634.1:581.524.1:712.413

ФОРМИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ НАПОЧВЕННЫХ ПОКРОВОВ В ПОСАДКАХ ЯБЛОНИ ДОМАШНЕЙ *MALUS DOMESTICA* L. ПРИ ОЗЕЛЕНЕНИИ

Довганюк А.И., Крохин С.Ю.

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева», Москва, e-mail: alexadov@mail.ru

Аллелопатические взаимодействия между растениями необходимо учитывать при озеленении городских территорий, особенно при подборе состава напочвенного покрытия при использовании древесно-кустарниковых насаждений. Значительное количество листового опада, попадающего в почву, оказывает негативное влияние на прорастание семян и последующий рост традиционных газонных трав. Были проведены исследования влияния экстрактов различных концентраций, полученных из сухих листьев яблони домашней, на всхожесть и морфологические показатели проростков (длину корневую и надземной систем). Биотесты были заложены по традиционной методике, тест-объектами служили виды и сорта клевера (красный, белый и белый «Пиполина»), овсяница луговая, райграс пастбищный и кресс-салат. На основе проведенной серии биотестов было выявлено уменьшение всхожести семян и снижение интенсивности ростовых процессов у проростков как тест-культуры – кресс-салата, так и традиционных газонных трав – овсяницы луговой и райграса пастбищного. Выявлена устойчивость к посмертным выделениям листового опада яблони домашней у клевера красного. Благодаря теневыносливости и декоративности этой культуры, а также способности к азотфиксации, позволяющей уменьшить количество мероприятий по уходу за насаждениями, клевер красный можно рекомендовать для создания живого напочвенного покрова под насаждениями яблони домашней. При разработке проектов озеленения территории объекта ландшафтной архитектуры необходимо комплексно подходить к проектному предложению древесно-кустарниковых композиций. Важно предлагать не только структурные составляющие ландшафтной древесно-кустарниковой композиции, но и элементы газонных покрытий или элементы живого напочвенного покрова. Данное предложение должно соответствовать биологическим особенностям культур и учитывать их ценоотические взаимодействия.

Ключевые слова: живые напочвенные покровы, аллелопатия, озеленение, яблоня домашняя, клевер, биотестирование

THE FORMATION OF A STABLE GROUND COVER IN PLANTING APPLE TREES *MALUS DOMESTICA* L. HOME WHEN GARDENING

Dovganuk A.I., Krokhin S.Yu.

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, e-mail: alexadov@mail.ru

Allelopathic interactions between plants should be taken into account when landscaping urban areas, especially when selecting the composition of the ground cover when using tree and shrub plantations. A significant amount of leaf litter entering the soil has a negative impact on the germination of seeds and the subsequent growth of traditional lawn grasses. The influence of extracts of various concentrations obtained from the dried leaves of the domestic apple tree on the germination and morphological parameters of seedlings (the length of the root and aboveground systems) was studied. Bio-tests were carried out according to the traditional method, the test objects were types and varieties of clover (red, white and white 'Pipolina'), meadow fescue, pasture ryegrass and watercress. On the basis of the conducted series of biotests, a decrease in seed germination and a decrease in the intensity of growth processes in seedlings of both test culture – cress, and traditional lawn grasses of meadow fescue and pasture ryegrass were revealed. Resistance to postmortem secretions of the leaf litter of the domestic apple tree in red clover was revealed. Due to the shade tolerance and decorative nature of this crop, as well as the ability to nitrogen fixation, which allows you to reduce the number of measures for the care of plantings, red clover can be recommended for creating a living ground cover under the plantings of home apple trees. When developing landscaping projects for the territory of a landscape architecture object, it is necessary to take a comprehensive approach to the project proposal of tree and shrub compositions. It is important to offer not only the structural components of the landscape tree and shrub composition, but also elements of lawn coverings or elements of living ground cover. This proposal should take into account the biological characteristics of crops and their coenotic interactions.

Keywords: live ground cover, allelopathy, landscaping, home apple tree, clover, biotesting

Формирование комфортной среды для всех категорий граждан предполагает создание разнообразной устойчивой и безопасной предметно-пространственной и визуальной среды на всех объектах ландшафтной архитектуры. Одним из обязательных элементов комфортной предметно-пространственной среды является озеленение.

Вместе с тем важны не только сами растения, но и газонное покрытие или живой напочвенный покров. Именно конгломерат живого напочвенного покрова и древесно-кустарниковых и цветочных растений обеспечивает визуальную составляющую комфортной, устойчивой и безопасной среды. Поэтому живому напочвенному покрову

под древесно-кустарниковыми растениями при озеленении необходимо уделять особое внимание.

Растения в условиях города должны не только быть устойчивыми к антропогенным факторам (загазованность, задымление, устойчивость к антигололедным реагентам и т.д.), абиотическим факторам (температурно-влажностный режим среды и состав почвы, а точнее, урбанозема), но и биотическим факторам. Важнейшим биотическим фактором является конкурентоспособность, которая обеспечивается как генетически определенной стратегией роста и развития растения, так и устойчивостью к взаимодействию между растениями в ценозе [1; 2]. Ранее было показано, что далеко не только газонные травы могут обеспечивать высокую декоративность напочвенных покровов при малом уходе [3; 4]. Вопрос взаимодействия между древесно-кустарниковыми растениями и элементами живого напочвенного покрова представляет несомненный практический интерес при озеленении городов.

В середине и конце прошлого века в озеленении городов активно использовали растения семейства Розовые (*Rosaceae*). Они отличаются высокой декоративностью во время цветения и плодоношения, имеют интересную структуру растения и архитектуру ветвей. Вместе с тем проведенные нами исследования показали неудовлетворительное состояние старовозрастных насаждений яблони в городе Москве в настоящее время [5; 6]. Однако представители семейства Розовые (*Rosaceae*) до сих пор рекомендованы для озеленения [7]. К сожалению, отсутствие четких рекомендаций по особенностям ухода за этими растениями и использованию сопутствующих видов для формирования живых напочвенных покровов под ними не всегда приводит к формированию высокодекоративных композиций. Поэтому такие виды насаждений крайне редко используются в настоящее время в озеленении. Представляет интерес не только разработка структуры насаждений, но и одновременные предложения по составу живого напочвенного покрова под этими насаждениями, т.е. формирование комплексного проектного предложения, основанного на биологических особенностях культур для достижения максимальной декоративности предлагаемыми растениями с указанием технологических приемов ухода за ними.

Цель исследования: исследование влияния листового опада яблони домашней

(*Malus domestica*) на сопутствующий живой напочвенный покров при совместном произрастании в условиях города.

Материалы и методы исследования

Для формирования устойчивого напочвенного покрова под пологом насаждений необходимо выявить, какие травянистые растения способны произрастать в условиях ежегодного попадания в почву колинов, образующихся в результате перегнивания листового опада. Кроме того, эти растения должны обеспечивать декоративность композиции и не требовать много ухода.

В качестве элементов живого напочвенного покрова, отличающихся высоким уровнем декоративности и нетребовательностью к уходным мероприятиям, можно отнести ряд видов клевера.

Таким образом, были отобраны следующие объекты исследования:

1. Клевер белый (*Trifolium repens* L.) – многолетнее травянистое растение рода Клевер (*Trifolium*) семейства Бобовые (*Fabaceae*). Декоративные признаки: венчик белый и розовый, соцветия до 2 см в диаметре, листья трехраздельные. Стебель ползучий, высота растения до 25 см. К почвам не требователен.

2. Клевер красный (*Trifolium rubens* L.) – многолетнее травянистое растение рода Клевер (*Trifolium*) семейства Бобовые (*Fabaceae*). Декоративные признаки: венчик красный, соцветия до 5 см в диаметре, листья трехраздельные. Стебель до 30–40 см высотой.

3. Микроклевер «Пиполина», или клевер белый (*Trifolium repens* 'Пиполина' L.) – многолетнее травянистое растение рода Клевер (*Trifolium*) семейства Бобовые (*Fabaceae*). Декоративные признаки: венчик белый и розовый, соцветия до 1,5 см в диаметре, листья трехраздельные. Стебель ползучий, высота растения до 10 см. К почвам не требователен.

Выбор данных культур связан с их широким распространением в искусственных ценозах города. В эксперименте в качестве контроля были выделены наиболее используемые в настоящее время газонные травы:

1. Овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds).

2. Райграс пастбищный (*Lolium perenne* L.).

В качестве основной тест-культуры выбран кресс-салат (*Lepidium sativum* L.). Эта культура отличается большой чувствительностью к поллютантам и часто используется как контрольный тест-объект.

В лабораторных опытах изучалась аллелопатическая активность экстрактов из сухих листьев яблони домашней (*Malus domestica*). Экстрагирование физиологически активных веществ проводили по модифицированной методике Гродзинского (1991) и Бухарова (2012) [8; 9]. Исследование всхожести тест-культур проводили в чашках Петри. Концентрации экстрактов: 50, 25, 12,5 г/л – были получены путем разбавления маточного раствора. Контроль – вода. Повторность опыта – двукратная. Учет проводился на 7-е сутки. Лабораторную всхожесть семян определяли согласно ГОСТ 12038- 84 [10].

Учитывалась всхожесть семян, длина наземной и подземной части ювенильных растений.

Результаты исследования и их обсуждение

Аллелопатические взаимодействия составляют одну из основных цепей ценотических взаимодействий между растениями. Аллелопатия – взаимное влияние растений друг на друга в результате выделения ими в окружающую среду различных органических веществ [11]. Помимо несомненного физиолого-биохимического интереса, эти взаимодействия напрямую связаны с особенностями выполнения технологических операций по уходу за растениями. При размещении в озеленении растений сем. Розовые остро стоит вопрос о выборе растений для формирования наземного покрова, что связано с большим количеством листового опада. Древесные растения формируют значительное количество листового опада, вместе с которым в почву возвращаются химические соединения, принадлежащие к разнообразным классам [12]. Эти вещества вымываются из отмерших листьев, образуются при разложении растительных остатков грибами и бактериями. При разложении листового опада в почву выделяется ряд веществ, в первую очередь фенольной природы, которые самым негативным образом сказываются на росте и развитии растений напочвенного покрова. Это явление известно как «почвоутомление» [8]. В природе в результате длительного совместного произрастания деревьев и травянистых растений у последних вырабатывается устойчивость к выделениям древесных видов. Такие растения создают в подкроновом пространстве деревьев хорошо развитый, густой травостой. Виды, чувствительные к алле-

лопатическим выделениям дерева, постепенно вытесняются из его подкронового пространства [8].

В городе при посеве наиболее распространенных газонных смесей, содержащих овсяницу, мятлик, райграс и др. газонные травы, наблюдается изреживание травостоя и потеря им декоративности. Особенно это сильно проявляется в весенний период.

В проведенных экспериментах по анализу влияния экстрактов из листьев яблони домашней на всхожесть и морфологические показатели проростков как наиболее распространенных газонных трав, так и рекомендуемых нами растений для создания устойчивых напочвенных покровов на объектах ландшафтной архитектуры был получен ряд интересных результатов.

В результате опыта установлено, что экстракты из листового яблоневого опада снижают лабораторную всхожесть семян в разной степени, это обуславливается как видом тест-культуры, так и концентрацией раствора (таблица).

Анализ всхожести семян показал, что наибольшее уменьшение всхожести наблюдается при максимальной концентрации экстракта. Значительнее всего реагируют такие культуры, как клевер белый и овсяница луговая (снижение всхожести до 30 % относительно контроля). Практически не реагирует на экстракт (не изменяет всхожесть по вариантам опыта) клевер красный, что говорит о хорошей устойчивости этой культуры к веществам, содержащимся в листовом опаде яблони домашней.

Наиболее интересно изменение морфологических показателей проростков. Все экстракты во всех использованных концентрациях повлияли на показатели длины надземной и корневой частей проростков. Содержащиеся в них вещества (в основном фенольной природы), проникая в прорастающие семена, вызвали изменение гормонального баланса в проростках, и, как следствие, изменились фиксируемые ростовые реакции.

Уменьшение длины надземной системы было отмечено у всех исследованных культур. При этом наиболее сильно оно проявлялось у кресс-салата, как наиболее уязвимой тест-культуры. Слабее всего – у клевера красного и райграса пастбищного (45–60 % относительно контроля).

Реакция корневой системы была отмечена у всех культур. Снижение ее длины фиксировалось от 40 % (клевер красный) до 80 % (кресс-салат).

Аллелопатическое влияние экстракта листового опада *Яблони домашней* (*Malus domestica*) на лабораторную всхожесть семян тест-культур

Тест-культура: Клевер белый (<i>Trifolium repens</i> L.)				
показатели	концентрация экстракта			
	контроль H ₂ O	12,5 г/л	25 г/л	50 г/л
Всхожесть, %	84,5	84,5	83,75	56,9
Длина надземной части, мм	17,2 ± 3,31	12,1 ± 2,34	8,3 ± 2,72	4,9 ± 1,71
Длина корневой части, мм	14,2 ± 2,75	12,6 ± 3,22	8,1 ± 2,33	5,8 ± 1,39
Тест-культура: Клевер красный (<i>Trifolium rubens</i> L.)				
показатели	концентрация экстракта			
	контроль H ₂ O	12,5 г/л	25 г/л	50 г/л
Всхожесть, %	76,0	94,9	94,8	82,2
Длина надземной части, мм	17,8 ± 3,15	8,3 ± 1,63	11,4 ± 2,68	6,9 ± 1,13
Длина корневой части, мм	10,4 ± 3,54	6,6 ± 1,66	9,8 ± 2,86	6,7 ± 1,64
Тест-культура: Клевер белый (<i>Trifolium repens</i> L.) «Пиполина»				
показатели	концентрация экстракта			
	контроль H ₂ O	12,5 г/л	25 г/л	50 г/л
Всхожесть, %	79,4	78,8	73,0	59,4
Длина надземной части, мм	7,4 ± 1,82	7,8 ± 2,11	4,1 ± 2,52	3,1 ± 1,21
Длина корневой части, мм	13,4 ± 2,54	12,4 ± 3,39	5,9 ± 2,33	4,3 ± 1,44
Тест-культура: Овсяница луговая (<i>Festuca pratensis</i> Huds)				
показатели	концентрация экстракта			
	контроль H ₂ O	12,5 г/л	25 г/л	50 г/л
Всхожесть, %	73,9	62,6	54,9	42,8
Длина надземной части, мм	12,8 ± 2,31	13,7 ± 2,35	8,2 ± 1,85	3,9 ± 0,84
Длина корневой части, мм	10,7 ± 2,21	8,7 ± 1,52	8,1 ± 1,31	3,6 ± 0,95
Тест-культура: Райграс пастбищный (<i>Lolium perenne</i> L.)				
показатели	концентрация экстракта			
	контроль H ₂ O	12,5 г/л	25 г/л	50 г/л
Всхожесть, %	77,9	89,3	80,7	68,7
Длина надземной части, мм	15,2 ± 2,93	11,2 ± 2,23	11,4 ± 2,16	8,2 ± 1,86
Длина корневой части, мм	14,1 ± 2,13	10,9 ± 2,24	8,0 ± 1,37	6,0 ± 1,25
Тест-культура: Кресс-салат (<i>Lepidium sativum</i> L.)				
показатели	концентрация экстракта			
	контроль H ₂ O	12,5 г/л	25 г/л	50 г/л
Всхожесть, %	68,5	51,4	60,5	56,8
Длина надземной части, мм	12,9 ± 2,78	13,3 ± 1,52	6,1 ± 1,28	1,6 ± 0,23
Длина корневой части, мм	14,9 ± 3,17	14,2 ± 2,49	3,4 ± 1,25	2,0 ± 0,32

Таким образом, из исследованных клеверов наиболее чувствительным оказался клевер белый и его сорт «Пиполина». Уменьшение длины надземной и корневой системы составляло от 60 до 70% относительно контроля. Из газонных трав – овсяница луговая (до 70% уменьшения длины корней и надземной части). При этом у кле-

веров в первую очередь на поллютант реагировала надземная система, а у газонных трав – корневая. Вероятно, данная ростовая реакция напрямую связана с реализуемой адаптивной стратегией роста и развития этих растительных организмов.

Полученные лабораторные результаты позволяют рекомендовать клевер крас-

ный и райграс пастбищный как наиболее устойчивые растения для формирования напочвенного покрова в посадках яблони домашней в городе. С учетом полученных результатов, принимая во внимание технологические особенности выращивания газонных трав по сравнению с клевером (необходимость проведения регулярных укосов), можно выделить клевер красный как перспективную культуру для создания живых напочвенных покровов. Кроме того, обращает на себя внимание высокий декоративный эффект, который могут дать одновидовые посевы клевера красного за счет яркого цветения и оригинальной структуры листовой мозаики. Способность клевера к азотфиксации позволит уменьшить дозы внесения азотных удобрений для подкормки растений яблони домашней, а относительная теневыносливость позволит реализовать все указанные возможности и под пологом растения.

Заключение

Для озеленения городов предлагается использовать комплексные проектные предложения, включающие, помимо древесно-кустарниковой составляющей, рекомендации по подбору растений для формирования устойчивого напочвенного покрова под ними. Подбор растений для таких композиций следует осуществлять с учетом взаимовлияния представителей древесно-кустарниковых насаждений и травянистых растений. С учетом того что большая роль в ценологических взаимодействиях древесно-кустарниковых и травянистых растений отводится влиянию продуктов распада листового опада, важно подбирать растения, устойчивые к этому фактору. При использовании в озеленении яблони домашней можно рекомендовать формировать напочвенный покров из клевера красного, таким образом, минимизировать уходные мероприятия и обеспечить длительный период декоративности всей композиции.

Список литературы / References

1. Довганюк А.И. К вопросу о принципах создания миксбордеров – как устойчивых растительных сообществ // Доклады ТСХА. Выпуск 292. М.: Издательство РГАУ – МСХА, 2020. С. 255–259.
2. Довганюк А.И. To the question of how to create mixed borders – as a stable plant communities Doklady TSKHA. Vypusk 292. M.: Izdatel'stvo RGAU – MSKHA, 2020. P. 255–259 (in Russian).
3. Матвеев Н.М. Аллелопатия как фактор экологической среды. Самара, 2014. 203 с.
4. Матвеев N.M. Allelopathy as a factor in the ecological environment. Samara, 2014. 203 p. (in Russian).
5. Довганюк А.И., Довганюк Е.С. Формирование устойчивых напочвенных покровов в условиях мегаполиса // Лесной вестник – Forestry Bulletin. 2019. Т. 23. № 3. С. 13–20.
6. Dovyanyuk A.I., Dovyanyuk E.S. Formation of stable ground cover in a megalopolis // Lesnoj vestnik – Forestry Bulletin. 2019. Vol. 23. No. 3. P. 13–21 (in Russian).
7. Крючкова А.А., Пирогова К.И. Использование мавританских газонов в городском озеленении // Вестник ландшафтной архитектуры. М.: «Сам Полиграфист», 2015. С. 89–92.
8. Kryuchkova A.A., Pirogova K.I. The use of Moorish lawns in urban landscaping // Vestnik landshaftnoj arhitektury. M.: «Sam Poligrafist», 2015. P. 89–92 (in Russian).
9. Храмо О.А., Довганюк А.И. Анализ состояния растений Яблони домашней (*Malus domestica*) в условиях городской среды // Вестник ландшафтной архитектуры. Вып. 19. М.: МЭСХ, 2019. С. 89–92.
10. Hramko O.A., Dovyanyuk A.I. Analysis of the state of domestic Apple (*Malus domestica*) plants in the urban environment // Vestnik landshaftnoj arhitektury. Vyp. 19. M.: MESKH, 2019. P. 89–92 (in Russian).
11. Довганюк А.И., Крохин С.Ю. Оценка уровня флуктуирующей асимметрии морфологических структур растений семейства Розовые (*Rosaceae* Juss.) в условиях мегаполиса // Естественные и технические науки. 2020. № 1 (139). С. 40–45.
12. Dovyanyuk A.I., Krohin S.YU. Assessment of the level of fluctuating asymmetry of morphological structures of plants of the Rosaceae family (*Rosaceae* Juss.) in a megalopolis // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2020. No. 1 (139). P. 40–45 (in Russian).
13. ТСН 30-307-2002 г. Москвы (МГСН 1.02-02) Нормы и правила проектирования комплексного благоустройства на территории города Москвы [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200029835> (дата обращения: 24.02.2021).
14. TSN 30-307-2002 Moskvyy (MGSN 1.02-02) Norms and rules for designing complex landscaping on the territory of the city of Moscow [Electronic resource] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200029835> (date of the application: 24.02.2021).
15. Гродзинский А.М. Аллелопатия растений и почвоуплотнение: Избранные труды АН Украинской ССР. Киев: Наукова думка, 1991. 431 с.
16. Grodzinskij A.M. Plant allelopathy and soil fatigue: Selected Works of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. Kiev: Naukova dumka, 1991. 431 p. (in Russian).
17. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Методика биологического тестирования аллелопатической активности овощных сельдерейных культур: научно методическое пособие. М.: Изд-во ФГБОУ ВПО РГАУ, 2012. 48 с.
18. Buharov A.F., Baleev D.N., Buharova A.R. Methodology of biological testing of allelopathic activity of vegetable crops: a scientific and methodological manual. M.: Izd-vo FGBOU VPO RGAU, 2012. 48 p. (in Russian).
19. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. 30 с. Введ. 19.12.1984.
20. Райс Э.Л. Аллелопатия. М.: Мир, 2009. 182 с.
21. Rajs E.L. Allelopathy. M.: Mir, 2009. 182 p.
22. Гродзинский А.М. Некоторые проблемы изучения аллелопатического взаимодействия растений // Взаимодействие растений и микроорганизмов в фитоценозах. Киев, 2011. С. 3–12.
23. Grodzinskij A.M. Some problems of studying allelopathic interaction of plants // Interaction of plants and microorganisms in phytocenoses. Kiev, 2011. P. 3–12 (in Russian).

УДК 631.962.3:631.962.4:631.963.3

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ РАЗМНОЖЕНИЯ И ВЫРАЩИВАНИЯ ВИДОВ РОДА *ROBINIA* L.

Лазарев С.Е., Семенютина А.В.

ФНЦ агроэкологии РАН «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных
мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», Волгоград,
e-mail: hortus@yandex.ru, doksemenutina@mail.ru

Большой интерес для обогащения дендрофлоры аридных регионов представляют виды и формы рода *Robinia* L. Одним из основных препятствий внедрения представителей этого рода в широкую культуру является недостаточная изученность технологических особенностей размножения и выращивания. Объект исследований – виды, разновидности и формы рода *Robinia*: *R. viscosa* var. *hartwegii* (Koehne) Ashe; *R. neomexicana* var. *rusbyi*; *R. neomexicana* f. бледно-фиолетовая; *R. neomexicana* f. светло-розовая; *R. pseudoacacia* L.; *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd.; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) Rehd.; *R. pseudoacacia* x *R. neomexicana*. Установлено, что *R. pseudoacacia* и *R. neomexicana*, а также их межвидовые гибриды целесообразно размножать семенным способом. Лабораторная всхожесть семян этих видов при термической скарификации методом ошпаривания составила 87,3% и 48,1% соответственно. Всхожесть семян гибридных форм – 64,5%. Для *R. viscosa* семенной способ размножения менее эффективен, т.к., несмотря на высокую лабораторную всхожесть (55,4%), она отличается низкой семенной продуктивностью. Размножение способом прививки, корневыми и стеблевыми зелеными черенками перспективно для видов и форм с низким генеративным потенциалом: *R. viscosa*, *R. neomexicana* f. бледно-фиолетовая, *R. neomexicana* f. светло-розовая, *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis*, *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera*. Приживаемость корневых черенков *R. viscosa* составила 78,2%, а *R. pseudoacacia* и *R. neomexicana* – 71,8% и 69,1% соответственно. Установлено, что лучшей приживаемостью обладают относительно крупные черенки (d = 8–10 мм, l = 10–12 см) при вертикальном способе посадки. Проведенные исследования позволили выявить индивидуальные различия в развитии сеянцев. Самые низкие темпы роста имеет *R. viscosa*. Сеянцы этого вида к концу первого вегетационного периода достигают средней высоты 31,28 см, тогда как *R. neomexicana* и *R. pseudoacacia* – 39,36 и 45,54 см соответственно.

Ключевые слова: Робиния псевдоакация, *R. новомексиканская*, *R. клейкая*, семенное и вегетативное размножение, черенкование, прививка, сеянцы, посадочный материал

TECHNOLOGICAL METHODS OF REPRODUCTION AND CULTIVATION OF SPECIES OF THE GENUS *ROBINIA* L.

Lazarev S.E., Semenutina A.V.

Federal scientific center of agro-ecology, integrated land reclamation and protective afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, e-mail: hortus@yandex.ru, doksemenutina@mail.ru

The species and forms of the genus *Robinia* L. are of great interest for enriching the dendroflora of arid regions. One of the main obstacles to the introduction of representatives of this genus into a wide culture is the lack of knowledge of the technological features of reproduction and cultivation. The object of research is the species, varieties and forms of the genus *Robinia*: *R. viscosa* var. *hartwegii* (Koehne) Ashe; *R. neomexicana* var. *rusbyi*; *R. neomexicana* f. pale purple; *R. neomexicana* f. light pink; *R. pseudoacacia* L.; *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd.; *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC) Rehd.; *R. pseudoacacia* x *R. neomexicana*. It was found that *R. pseudoacacia* and *R. neomexicana*, as well as their interspecific hybrids, should be propagated by seed. Laboratory germination of seeds of these species during thermal scarification by scalding was 87.3% and 48.1%, respectively. The germination rate of hybrid seedlings is 64.5%. For *R. viscosa*, the seed propagation method is less effective, because despite the high laboratory germination rate (55.4%), it is characterized by low seed productivity. Propagation by grafting, root and stem green cuttings is promising for species and forms with low generative potential: *R. viscosa*, *R. neomexicana* f. pale purple, *R. neomexicana* f. light pink, *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis*, *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera*. The survival rate of the root cuttings of *R. viscosa* was 78.2%, while that of *R. pseudoacacia* and *R. neomexicana* was 71.8% and 69.1%, respectively. It was found that relatively large cuttings (d = 8–10 mm, l = 10–12 cm) have the best survival rate with a vertical planting method. The conducted studies revealed individual differences in the development of seedlings. *R. viscosa* has the lowest growth rate. Seedlings of this species reach an average height of 31.28 cm by the end of the first growing season, while *R. neomexicana* and *R. pseudoacacia* reach 39.36 and 45.54 cm, respectively.

Keywords: *Robinia pseudoacacia*, *R. neomexicana*, *R. viscosa*, seed and vegetative multiplication, cuttings, grafting, seedlings, planting material

Обогащение видового состава древесных насаждений является одной из основных проблем биологической науки и практики. Особое значение расширение ассортимента деревьев и кустарников имеет для агро- и урболандшафтов сухостепных и полупустынных районов Волгоградской области и Нижнего Поволжья [1–3].

Большой интерес для обогащения дендрофлоры малолесных регионов представляют виды и формы рода *Robinia* L. Они весьма засухоустойчивы, декоративны и отличаются высокой жизненностью в условиях интродукции. В настоящее время широкое распространение в защитном лесоразведении юга Российской Федерации

получил только один белоцветковый вид – *R. pseudoacacia*. Остальные, розовоцветковые виды, используются намного реже, хотя и являются весьма перспективными для садово-паркового строительства как высоко декоративные виды.

Одним из основных препятствий внедрения этих растений в широкую культуру является слабая изученность особенностей размножения и технологических приемов выращивания. Даже для *R. pseudoacacia*, как самого распространенного вида, литературные данные часто носят противоречивый характер и требуют дополнительного изучения.

Цель исследования: уточнить технологические особенности различных способов вегетативного и семенного размножения, оценить перспективность их использования для производства посадочного материала видов, разновидностей и форм рода *Robinia*.

Материалы и методы исследования

Объект исследований – представители рода *Robinia*: *R. viscosa* var. *Hartwegii* (Koehne) Ashe; *R. neomexicana* var. *rusbyi*; *R. neomexicana* f. бледно-фиолетовая; *R. neomexicana* f. светло-розовая; *R. pseudoacacia* L.; *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd.; *R. pseudoacacia* f. крупноплодная; *R. pseudoacacia* f. *umbraclifera* (DC) Rehd.; *R. pseudoacacia* x *R. neomexicana*, произрастающие в кластерных дендрологических коллекциях ФНИЦ агроэкологии РАН (кадастр. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10; кадастр. № 34:36:0000:14:0178), в защитных насаждениях и объектах озеленения населенных пунктов Волгоградской области.

Исследования проводились на протяжении трех лет, с 2018 по 2021 г. При семенном размножении использовали семена местной репродукции. Предпосевную обработку проводили с помощью термической скарификации методом ошпаривания. Семена заливали горячей водой (80–85 °C) и после остывания оставляли замачиваться на 12 часов. Затем набухшие семена высаживали, а ненабухшие оставляли до полного набухания. Дополнительного протравливания фунгицидными препаратами и стимуляторами роста не проводили. Лабораторную всхожесть и энергию прорастания определяли способом проращивания в чашках Петри в климатической камере в различных температурных диапазонах (18–19 и 23–24 °C). Грунтовая всхожесть определялась в полевых условиях в питомнике древесных

растений Нижневолжской станции по селекции древесных пород. Размеры и масса однолетних сеянцев измерялись в конце вегетационного периода (третья декада сентября) до появления осенней окраски листьев.

При отработке технологии размножения корневыми черенками изучалась эффективность различных способов посадки (вертикальная и горизонтальная), а также определялся оптимальный размер корневых черенков. Черенкование проводили в открытом грунте без использования стимуляторов корнеобразования. Из отдела черенкования в школьное отделение укорененные черенки пересаживали в весенний период на второй год жизни.

Математическая обработка результатов осуществлялась в прикладной программе MS Excel с определением средних значений и стандартного отклонения (σ) для характеристики рассеивания показателей тех или иных признаков.

Результаты исследования и их обсуждение

Одним из основных способов массового производства посадочного материала древесных растений является семенное размножение. Семена всех видов рода *Robinia* относятся к твердосемянным и имеют экзогенный или комбинированный тип покоя. Без предварительной обработки они могут долгое время находиться в земле и не давать дружных всходов. Повышение всхожести и определение оптимальных способов вывода семян из состояния покоя до сих пор является актуальной задачей в организации процесса производства посадочного материала.

Для вывода семян из покоя применяют химическую [4] механическую [5], термическую [6; 7] или комбинированную [8] скарификацию. Самым распространенным общедоступным способом предпосевной обработки является термическая обработка методом ошпаривания. Литературные данные по всхожести семян с применением такого способа предпосевной обработки довольно противоречивы. В некоторых работах [9; 10] отмечается высокая всхожесть, однако ряд авторов [11; 12] в последние годы отмечают низкую всхожесть семян некоторых представителей рода *Robinia*.

В наших исследованиях лабораторная всхожесть разных видов и форм варьировала от 87,3% (*R. pseudoacacia*) до 24,6% (*R. neomexicana* f. *светло-розовая*) (табл. 1). Сравнительный анализ показывает, что низкий процент всхожести имеют все пред-

ставители *R. neomexicana*, а самый высокий – семена *R. pseudoacacia* и межвидовые гибриды *R. pseudoacacia* × *R. neomexicana*. Несмотря на самую низкую урожайность и семенную продуктивность [13], относительно высокую всхожесть имели семена *R. viscosa* (55,4%).

Проведенные исследования позволили установить влияние температуры проращивания на лабораторную всхожесть семян разных видов рода *Robinia*. Максимальная всхожесть наблюдалась при температуре 18–19°C, тогда как при температуре 23–24°C всхожесть снижалась на 30–40%. Данное наблюдение свидетельствует о наличии у представителей рода *Robinia* не только экзотического, но и физиологического типа покоя, выражающегося в сужении и сдвиге температурных границ прорастания. В естественных природных условиях данный механизм, по-видимому, препятствует прорастанию семян в неблагоприятные летние месяцы, повышая тем самым выживаемость сеянцев.

По литературным данным, семена *R. pseudoacacia* сохраняют всхожесть до 5–6 лет. В наших экспериментах всхожесть семян снижалась уже на второй-третий год хранения. Лабораторная всхожесть семян после четырех лет у *R. pseudoacacia* составила 13,2%, *R. viscosa* – 7,6%, *R. neomexicana* – 4,3%.

Семена всех видов рода *Robinia* имеют надземный тип прорастания. Корешок появляется на 3–4-й день, а эпикотиль прорастает на 5–7-й день после посева. У *R. pseudoacacia* и *R. neomexicana* на поверхность почвы проросток выходит через 8–10, а у *R. viscosa* через 10–12 дней. В течение первых пяти дней после появления всходов семядоли сбрасывают оболочку семени и полностью расправляются. Первый простой лист у сеянцев *R. pseudoacacia* и *R. neomexicana* образуется на 5–7-й день, а у *R. viscosa* на 8–10-й день после появления всходов. Проростки *R. neomexicana* отличаются крупными кожистыми темно-зелеными семядольными листьями и светло-розовой окраской надсемядольной части. Эпикотиль и семядольные листья *R. pseudoacacia* и *R. pseudoacacia* имеют светло-зеленую окраску.

Ход роста сеянцев разных видов в первый вегетационный период сильно отличался (табл. 2). Сеянцы самого быстрорастущего вида *R. pseudoacacia* к концу сентября имели среднюю высоту 45,5 см (рис. 1), тогда как *R. neomexicana* и *R. viscosa* – 39,36 и 31,28 см соответственно. Корневая система развивалась пропорционально. Средняя длина корней *R. pseudoacacia* составила 25 см, *R. neomexicana* – 21,08 см, а *R. viscosa* – 16,02 см.

Таблица 1

Энергия прорастания и всхожесть семян представителей рода *Robinia*

Вид	Лабораторная		Грунтовая		Масса 1000 семян, г
	энергия прорастания, %	всхожесть, %	энергия прорастания, %	всхожесть, %	
<i>R. pseudoacacia</i>	81,1	87,3	45,1	52,4	19,55
<i>R. viscosa</i>	52,2	55,4	42,0	45,5	20,23
<i>R. neomexicana</i>	45,0	48,1	33,9	41,3	18,91
<i>R. neomexicana</i> f. бледно-фиолетовая	31,8	33,9	21,6	29,4	18,37
<i>R. neomexicana</i> f. светло-розовая	22,7	24,6	18,2	25,7	18,25
<i>R. pseudoacacia</i> × <i>R. neomexicana</i>	56,3	64,5	43,3	48,3	19,75

Таблица 2

Характеристика однолетних сеянцев представителей рода *Robinia* в конце вегетационного периода

Вид	Длина корня, см	Высота сеянца, см	Средняя масса сеянца, сухое в-во		Кол-во сеянцев на 1 кв. м
			корней, г	надземной части, г	
<i>R. pseudoacacia</i>	25,00 σ 5,76	45,54 σ 11,33	1,12 σ 0,32	4,39 σ 1,12	52 σ 7
<i>R. viscosa</i>	16,02 σ 3,57	31,28 σ 8,50	0,76 σ 0,18	3,12 σ 0,82	34 σ 9
<i>R. neomexicana</i>	21,08 σ 4,81	39,36 σ 8,80	0,98 σ 0,23	3,89 σ 0,97	29 σ 9



Рис. 1. *Robinia pseudoacacia* в посевном отделении питомника Нижневолжской станции по селекции древесных пород (г. Камышин) и ход роста сеянцев по месяцам (май – сентябрь)

Наблюдения показали, что самым низким темпом роста сеянцев в ювенильном периоде, как и медленным развитием проростков, отличается *R. viscosa*. Связано это как с биологическими особенностями данного вида, так и с трудными лесорастительными условиями района проведения исследований – засушливым климатом и тяжелыми почвами.

В естественных условиях все виды *Robinia* хорошо размножаются корневыми отпрысками и пневой порослью [14]. В условиях культуры некоторые виды и формы рода *Robinia* размножают корневыми, стеблевыми зелеными и одревесневшими черенками, прививкой, а также горизонтальными и вертикальными отводками.

Естественную способность видов *Robinia* к вегетативному возобновлению корневыми отпрысками можно использовать при организации производственного процесса в питомниководстве. В результате проведенных исследований установлено, что ускорение процесса образования корневых отпрысков наблюдается при механических повреждениях наземных и подземных органов растений (рис. 2). Активное образование корневых отпрысков представителей рода *Robinia* в питомнике древесных растений ФНЦ агроэкологии РАН наблюдается после выборочной копки саженцев, механизированной обработки междурядий, проведения рубок ухода и противопожарной опашки насаждений. Наиболее активно протекает образование корневых отпрысков у *R. neotexicana* и *R. pseudoacacia*. Для стимуляции образования отпрысков *R. viscosa* в условиях арид-

ного региона требуется организация дополнительного регулярного орошения. Данный тип размножения является весьма перспективным для большинства видов, разновидностей и форм рода *Robinia*, однако необходимость проведения выборочной ручной копки саженцев сильно снижает экономическую эффективность организации процесса производства посадочного материала.

В практике частного декоративного садоводства иногда используется размножение горизонтальными и вертикальными отводками. Таким способом иногда размножают на приусадебных участках *R. viscosa*. В лесных и декоративных питомниках размножение отводками, как и корневыми отпрысками, требует содержания больших маточных плантаций, что также снижает экономическую эффективность производственного процесса.

Все виды рода *Robinia* хорошо размножаются корневыми черенками. Проведенные эксперименты позволили установить, что на приживаемость непосредственное влияние оказывает размер и способ посадки корневых черенков (табл. 3). Максимальный выход прижившихся черенков наблюдался у *R. viscosa*, что, вероятнее всего, связано с эколого-биологическими особенностями данного вида, а также гидрологическим режимом содержания маточных насаждений. *R. viscosa* более влаголюбивый вид, поэтому маточные насаждения требуют организации дополнительного орошения. Черенки, заготавливаемые в таких условиях, имеют высокую жизнеспособность и лучшую приживаемость.



Рис. 2. Пневая поросль *R. neomexicana* (питомник ФНЦ агроэкологии РАН) и дву-, трехлетние корневые отпрыски *Robinia pseudoacacia* в зоне противопожарной опушки (верхняя пойменная терраса долины р. Сухая Мечетка, г. Волгоград)

Таблица 3

Приживаемость корневых черенков представителей рода *Robinia* при различных способах посадки

Вид растения	Горизонтальная посадка с заглублением 5–6 см		Вертикальная посадка	
	размер черенков 5–7 мм, 7–9 см	размер черенков 8–10 мм, 10–12 см	размер черенков 5–7 мм, 7–9 см	размер черенков 8–10 мм, 10–12 см
<i>R. pseudoacacia</i>	26,4%	49,1%	52,7%	71,8%
<i>R. viscosa</i>	22,7%	54,6%	63,6%	78,2%
<i>R. neomexicana</i>	17,3%	51,8%	48,2%	69,1%

Проведенные эксперименты позволили установить, что оптимальным способом является вертикальная посадка черенков. Независимо от видовой принадлежности лучше приживаются относительно крупные черенки длиной 10–12 см и диаметром 8–10 мм (табл. 3).

В некоторых литературных источниках указывается на возможность размножения *R. pseudoacacia* одревесневшими (зимними) черенками и даже колями. Проведенные эксперименты указывают на низкую эффективность данного способа размножения в засушливых условиях юга европейской части России. Так, у *R. viscosa* процент укоренившихся одревесневших черенков составил около 35%, у *Robinia neomexicana* – 15%, а у *Robinia pseudoacacia* – 12%.

Более эффективной является технология зеленого черенкования. Лучшие результаты укоренения можно получить при заготовке черенков в фазе начала одревеснения побегов. В экспериментах, проведенных на базе

питомника ВНИАЛМИ [15], удалось добиться максимальной приживаемости черенков 88,5%. Хорошие результаты показала дополнительная обработка зеленых черенков индолилуксусной кислотой в концентрации 100 мг/л при 10-часовой экспозиции.

В практике декоративного садоводства широкое распространение получила технология создания штамбовой шаровидной формы *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* способом прививки. Садоводы-любители иногда размножают *Robinia viscosa* путем прививки на сеянцы *Robinia pseudoacacia*. В питомнике декоративных растений ВНИАЛМИ отработана технология размножения пирамидальной формы *Robinia* способом прививки [15]. Приживаемость почек при размножении способом окулировки составляет около 65%. Лучшие результаты показывает прививка способом копулировки за кору 83% и вприклад 71%.

Определение оптимальных способов размножения – одна из главных задач орга-

низации процесса производства посадочного материала растений. В лесных питомниках и питомниках декоративных древесных растений выбор способа размножения определяется экономической эффективностью, которая в свою очередь зависит от целого ряда факторов:

- способность растений к размножению данным способом (выход жизнеспособных саженцев, %);

- полное или неполное наследование сортовых признаков при размножении (например, расщепление признаков в потомстве при семенном размножении некоторых форм может значительно снижать выход саженцев с необходимыми свойствами);

- необходимость содержать маточные насаждения для заготовки семенного или вегетативного материала для организации процесса производства;

- наличие той или иной материально-технической базы и профессионализм сотрудников.

В аридных регионах европейской части России самое широкое распространение в культуре получила *R. pseudoacacia*. В южных районах Волгоградской области насаждения *R. pseudoacacia* занимают значительные по площади территории. Наличие крупных древесных массивов, а также относительно высокая репродуктивная способность [13] позволяют рекомендовать семенное размножение в качестве основного способа при организации процесса производства посадочного материала (табл. 4).

Большие площади насаждений *R. pseudoacacia* позволяют не только организовать заготовку необходимого количества семенного материала, но и выделить перспективные маточные насаждения для

проведения работ по селекционному улучшению некоторых хозяйственно ценных признаков *R. pseudoacacia*. Поскольку главным недостатком этого вида является слабая зимостойкость, заготовку семян целесообразно проводить у северных границ ареала вторичного распространения. В качестве перспективных маточных объектов типичных представителей *R. pseudoacacia*, а также *Robinia pseudoacacia* f. крупноплодная были выбраны насаждения в границах Волгоградской агломерации и Камышинском районе Волгоградской области (табл. 5).

Семенной способ можно рекомендовать для размножения *R. neomexicana*. Наличие крупного древесного массива на территории питомника ФНЦ агроэкологии РАН, а также древесные насаждения с участием *R. neomexicana* в объектах озеленения общего пользования г. Волгограда в сочетании с относительно высокой репродуктивной способностью позволяют организовать заготовку необходимого для производства семенного материала.

При семенном размножении цветковых форм *R. neomexicana* наблюдается расщепление по окраске цветков в потомстве, что значительно снижает выход саженцев, полностью соответствующих родительским формам. Низкая семенная продуктивность, урожайность и всхожесть семян, ограниченные площади маточных плантаций и неполное наследование признаков делают семенное размножение мало перспективным для организации процесса производства посадочного материала. Семенной способ размножения данных растений интересен только с научной точки зрения – для аналитической или синтетической селекции форм и сортов с новыми цветовыми вариациями окраски цветков.

Таблица 4

Рекомендуемые способы семенного и вегетативного размножения представителей рода *Robinia*

Вид	Прививкой	Корневыми черенками	Зелеными черенками	Отпрысками, отводками	Семенами
<i>R. pseudoacacia</i>					*
<i>R. neomexicana</i>					*
<i>R. neomexicana</i> f. бледно-фиолетовая	*	*		*	
<i>R. neomexicana</i> f. светло-розовая	*	*		*	
<i>R. pseudoacacia</i> f. <i>pyramidalis</i>	*		*		
<i>R. pseudoacacia</i> f. <i>umbraculifera</i>	*				
<i>R. pseudoacacia</i> f. крупноплодная					*
<i>R. pseudoacacia</i> x <i>R. neomexicana</i>					*
<i>R. viscosa</i>	*			*	*

Таблица 5

Перспективные маточные насаждения адаптированных видов,
форм и разновидностей рода *Robinia*

Нас. пункт, координаты	Местонахождение	Заготавлива- емый материал	Воз- раст (лет)	Вы- сота (м)	Диа- метр (см)	Состояние
<i>Robinia neomexicana</i> var. <i>rusbyi</i>						
г. Волгоград 48.631616°N 44.423020°E	Коллекционные фонды ФНЦ агроэкологии РАН, нижняя терраса б. Григорова, древесный массив	семенной, корнеот- прысковый	~20	7,2	5,8	удовлетво- рительное
г. Волгоград 48.641656°N 44.431266°E	Противоэрозионные и лесозащитные насаждения территории ВОЛГУ, сред- няя часть склона р. Волга, многорядные насаждения	семенной, корнеотпры- сковый	~20	5,9	5,7	хорошее
<i>Robinia neomexicana</i> f. бледно-фиолетовая						
г. Волгоград 48.657598°N 44.438422°E	Коллекционные фонды ФНЦ агроэкологии РАН, нижняя терраса б. Григорова, групповая посадка	привойный, корнеот- прысковый	~20	7,5	7,0	удовлетво- рительное
<i>Robinia neomexicana</i> f. бледно-розовая						
г. Волгоград 48.657598°N 44.438422°E	Коллекционные фонды ФНЦ агроэкологии РАН, нижняя терраса б. Григорова	привойный, корнеот- прысковый	~20	5,4	5,5	удовлетво- рительное
<i>Robinia pseudoacacia</i>						
г. Волгоград 48.478303°N 44.542255°E	Придорожная защитная полоса, нижняя терраса Ергенинской возвышенности, рядовая посадка	семенной	~70	15,48	48,1	удовлетво- рительное
г. Волгоград 48.703436°N 44.519772°E	Центральная набережная г. Волгограда, рядовая посадка (аллея)	семенной	69	14,9	48,8	хорошее
г. Волгоград 48.505546°N 44.540838°E	Придорожная защитная полоса, автовокзал Южный, Красноармейский район г. Волгограда, солитер	семенной	~90	21,5	94,8	удовлетво- рительное
<i>Robinia pseudoacacia</i> f. крупноплодная						
г. Камышин 50.078100°N 45.367214°E	Нижневолжская станция по селекции древесных пород, групповая посадка	семенной	~30	9,4	31,5	хорошее
<i>Robinia pseudoacacia</i> f. <i>pyramidalis</i>						
г. Волгоград 48.617162°N 44.373890°E	Коллекционные фонды ФНЦ агроэкологии РАН, водораздельная территория р. Отрада, б. Григорова и б. Хохлатская, рядовая посадка	привойный, зеленые черенки	~20	9,0	6,9	удовлетво- рительное
<i>Robinia pseudoacacia</i> f. <i>umbraculifera</i>						
г. Волжский 48.789792°N 44.767318°E	Насаждения общего пользования, рядо- вая посадка	привойный	~30	5,3	34,8	удовлетво- рительное
<i>Robinia viscosa</i> var. <i>hartwegii</i>						
г. Волгоград 48.714435°N 44.522379°E	Насаждения ограниченного пользования территории жилой застройки, групповая посадка	семенной, привойный	~20	5,3	14,4	хорошее
г. Волгоград 48.711767°N 44.526819°E	Насаждения ограниченного пользования территории жилой застройки, групповая посадка	семенной, привойный	~20	4,5	12,3	удовлетво- рительное
48.226829°N 45.931714°E	Насаждения ограниченного пользова- ния, с. Старица, Астраханская область	семенной, привойный	26	7,3	20,3	хорошее
<i>Robinia pseudoacacia</i> x <i>Robinia neomexicana</i>						
г. Волгоград 48.657598°N 44.438422°E	Коллекционные фонды ФНЦ агроэкологии РАН, нижняя терраса б. Григорова, групповая посадка	семенной, корнеот- прысковый	~20	9,3	7,91	хорошее

На базе питомника декоративных растений ФНЦ агроэкологии РАН для производства саженцев *R. neomexicana* f. бледно-фиолетовая и f. светло-розовая целесообразно использовать размножение горизонтальными, вертикальными отводками и корневыми черенками. Для других лесных питомников и питомников декоративных растений, в отсутствии маточных плантаций, данные формы можно размножать способом прививки на сеянцы *Robinia pseudoacacia* (табл. 4).

Размножение *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* возможно только вегетативным способом [14]. Наиболее эффективным считается размножение стеблевыми зелеными черенками или прививкой. В декоративном садоводстве *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* используется исключительно в виде штамбовой шаровидной формы, поэтому размножение ее возможно только способом прививки на штамб типичной формы *Robinia pseudoacacia* на высоте около 1,5–2 метров.

Гибридные формы *R. pseudoacacia* x *R. neomexicana* представляют особый научный и практический интерес, поскольку обладают новыми комбинациями свойств родительских видов. Особенно интересны формы, наследующие свойства повышенной зимостойкости от *Robinia neomexicana* и высокие темпы роста от *Robinia pseudoacacia*. Для создания маточных плантаций этих гибридных форм на первых этапах возможно использование вегетативных способов, однако в дальнейшем в целях организации массового производства необходимо использовать семенной способ размножения.

Заключение

В результате проведенных исследований было установлено, что все виды рода робиния склонны к формированию клональных популяций с помощью естественных способов вегетативного размножения – корневыми отпрысками и пневой порослью. При содержании маточных насаждений видов и форм рода робиния на территории питомников данные способы размножения можно использовать для производства дополнительных объемов посадочного материала *R. viscosa*, *R. neomexicana* f. бледно-фиолетовая и *R. neomexicana* f. светло-розовая. Заготовка саженцев в маточных насаждениях не только не сокращает численность популяций, но и стимулирует интенсивное образование новых корневых отпрысков.

Размножение способом прививки перспективно для создания штамбовых форм *R. pseudoacacia* f. *umbraculifera*, а также

для видов и форм с низкой репродуктивной способностью: *R. viscosa*, *R. neomexicana* f. бледно-фиолетовая, *R. neomexicana* f. светло-розовая, *R. pseudoacacia* f. *pyramidalis*. Кроме этого, формы с низкой семенной продуктивностью можно размножать корневыми (*R. neomexicana* f. бледно-фиолетовая, *R. neomexicana* f. светло-розовая) и зелеными (*R. pseudoacacia* f. *pyramidalis*) черенками. В результате проведенных исследований установлены оптимальные размеры и способ посадки корневых черенков. Так, самая высокая приживаемость была зафиксирована у *R. viscosa* (78,2%) при вертикальной посадке относительно крупных черенков ($d = 8\text{--}10$ мм, $l = 10\text{--}12$ см). Несколько ниже оказалась приживаемость черенков *R. pseudoacacia* – 71,8% и *R. neomexicana* – 69,1%.

Типичные представители *R. neomexicana* и *R. pseudoacacia*, а также их межвидовые гибриды целесообразно размножать семенным способом. Лабораторная всхожесть семян этих видов при термической скарификации методом ошпаривания составляет 87,3% и 48,1% соответственно. Всхожесть гибридных форм *R. neomexicana* x *R. pseudoacacia* – 64,5%. Установлено, что семена всех представителей рода *Robinia* имеют комбинированный тип покоя. Кроме экзогенного покоя, у них наблюдается неглубокий физиологический покой, выражающийся в снижении температурных границ прорастания до оптимальных 18–19°C.

Проведенные исследования позволили выявить индивидуальные различия в развитии сеянцев. Самые низкие темпы роста имеет *R. viscosa*. Сеянцы этого вида к концу первого вегетационного периода достигают средней высоты 31,28 см, тогда как *R. neomexicana* и *R. pseudoacacia* – 39,36 и 45,54 см соответственно.

Список литературы / References

1. Семенютина А.В., Хужахметова А.Ш., Лазарев С.Е., Семенютина В.А., Сапронова Д.В. Научные основы формирования полифункциональных кластерных дендрологических экспозиций коллекций ФНЦ агроэкологии РАН // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. 2019. Т. 9. № 2. С. 39–63.
2. Semenyutina A.V., Huzhahmetova A.Sh., Lazarev S.E., Semenyutina V.A., Sapronova D.V. Scientific basis for the formation of multifunctional cluster dendrological collections of collections, Federal scientific center of RAS agro-ecology // Nauka. Mysl': elektronnyy periodicheskiy zhurnal. 2019. Vol. 9. № 2. P. 39–63 (in Russian).
3. Маттис Г.Я. Пути повышения качества и эффективности искусственных насаждений в аридном регионе европейской территории России // Лесное хозяйство. 2003. № 2. С. 37–43.
4. Mattis G.Ya. Ways to improve the quality and efficiency of artificial plantings in the arid region of the European terri-

tory of Russia // Lesnoye khozyaystvo. 2003. № 2. P. 37–43 (in Russian).

3. Лазарев С.Е., Климова Г.Ю. Оценка успешности интродукции древесно-кустарниковых растений в озеленение г. Волгограда // Hortus Botanicus. 2001. С. 99–100.

Lazarev S.E., Klinkova G.Yu. Assessment of the success of the introduction of woody and shrubby plants in the landscaping of Volgograd // Hortus Botanicus. 2001. P. 99–100 (in Russian).

4. Toumi M., Barris S., Seghiri M., Cheriguene H., Aid F. Effect of several methods of scarification and osmotic stress on seed germination of *Robinia pseudoacacia* L. Comptes Rendus Biologies. 2017. Vol. 340 (5). P. 264–270.

5. Giuliani C., Lazzaro L., Mariotti Lippi M., Calamassi R., Foggi, B. Temperature-related effects on the germination capacity of black locust (*Robinia pseudoacacia* L., *Fabaceae*) seeds. Folia Geobotanica. 2015. Vol. 50 (3). P. 275–282.

6. Jastrzębowski S., Ukalska J., Kantorowicz W., Klisz M., Wojda T., Sulkowska M. Effects of thermal-time artificial scarification on the germination dynamics of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) seeds. European Journal of Forest Research. 2017. Vol. 136 (3). P. 471–479.

7. Koizumi M., Kano H. Water entry for the black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) seeds observed by dedicated micro-magnetic resonance imaging. Journal of Plant Research. 2016. Vol. 129 (4). P. 667–673.

8. Bhat H.A., Asif M., Mir N.A., Aijaz-Un-Nabi., Gatto A.A., Ahmad F., Hussain N. Maturity indices and dormancy breaking methods of black locust (*Robinia pseudoacacia*) seeds under temperate Kashmir condition. Ecology, Environment and Conservation. 2014. Vol. 20 (4). P. 1769–1775.

9. Pedrol N., Puig, C.G., López-Nogueira A., Pardo-Muras M., González L., Souza-Alonso P. Optimal and synchronized germination of *Robinia pseudoacacia*, *Acacia dealbata* and other woody *Fabaceae* using a handheld rotary tool: concomitant reduction of physical and physiological seed dormancy. Journal of Forestry Research. 2018. Vol. 29 (2). P. 283–290.

10. Bouteiller X.P., Porté A.J., Mariette S., Monty A. Using automated sanding to homogeneously break seed dormancy in black locust (*Robinia pseudoacacia* L., *Fabaceae*). Seed Science Research. 2017. Vol. 27 (3). P. 243–250.

11. Yudaev I., Ivushkin D., Belitskaya M., Gribust I. Pre-sowing treatment of *Robinia pseudoacacia* L. seeds with electric field of high voltage. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry. 2019. P. 012078.

12. Bessonova V.P., Ivanchenko O.E. Analysis of seminal production and seed quality *Robinia pseudoacacia* L. in the parks Dnepropetrovsk. Питання біоіндикації та екології. 2014. № 19 (1). P. 92–106.

13. Лазарев С.Е., Семенютина А.В. Перспективность видов и форм рода *Robinia* L. для лесозащитных и озеленительных насаждений // Успехи современного естествознания. 2020. № 8. С. 11–17.

Lazarev S.E., Semenyutina A.V. Prospects of species and forms of the genus *Robinia* L. for forest protection and planting of greenery // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2020. № 8. P. 11–17 (in Russian).

14. Лазарев С.Е. Механизмы адаптации и жизненные стратегии видов рода *Robinia* L. в условиях интродукции // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. 2020. Т. 10. № 1. С. 48–67.

Lazarev S.E. Mechanisms of adaptation and life strategies of species of the genus *Robinia* L. in the conditions of introduction // Nauka. Mysl': elektronnyy periodicheskiy zhurnal. 2020. Vol. 10. № 1. P. 48–67 (in Russian).

15. Жукова О.И. Перспективы использования хозяйственно ценных форм робинии лжеакация в защитных лесных насаждениях на крайнем юго-востоке Европейской территории России: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Волгоград, 1995. 20 с.

Zhukova O.I. Prospects for the use of economically valuable forms of robinization of false acacia in protective forest plantations in the extreme south-East of the European territory of Russia: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. Volgograd, 1995. 20 p.

СТАТЬИ

УДК 911.3:314.88(470.61)

**ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ
РАЗВИТИЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ****Бессмертный И.В., Латун В.В., Меринова Ю.Ю., Хованский А.Д.***ФГБОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону,**e-mail: bessmertny74@gmail.com*

Равномерность пространственного развития территории, выраженная в том числе особенностями системы расселения, концентрации жителей, уровнем демографического потенциала отдельных муниципальных образований, определяет возможности и интенсивность социального и экономического роста субъекта. В контексте данного исследования демографический потенциал территории рассматривается авторами как совокупный показатель, учитывающий динамику численности населения в результате естественного и механического прироста, изменения в возрастной структуре населения и балансе трудовых ресурсов. Основной целью работы стало определение демографического потенциала Ростовской области и оценка возможностей воспроизводства населения в разрезе отдельных муниципальных образований и территориальных природно-антропогенных комплексов региона. Ростовская область – один из наиболее экономически развитых и социально устойчивых регионов Юга России. С конца XX века в области отмечается депопуляция, определяемая как естественными, так и причинами социально-экономического характера. Данный процесс ведет к постепенному сокращению численности населения области, которое не компенсируется стабильным, но незначительным миграционным приростом. В условиях старения населения, депопуляции и дефицита рабочей силы в одних секторах и нарастающей безработицы в других в области отмечаются существенные территориальные диспропорции в демографической нагрузке. В результате исследования было выявлено, что пространственная дифференциация по сложности демографической ситуации меняется от экономически привлекательного и постоянно увеличивающего численность юго-запада, с опорным центром в городе, с населением более миллиона человек, Ростове-на-Дону, к все более стагнирующим, малозаселенным периферийным северной, северо-восточной и юго-восточной частям области, выделяющимся наименьшим демографическим потенциалом.

Ключевые слова: демографический потенциал, демографическая нагрузка, Ростовская область, пространственное развитие, интегральная оценка демографического потенциала

**DEMOGRAPHIC POTENTIAL AND SPATIAL DEVELOPMENT
OF THE ROSTOV REGION****Bessmertnyi I.V., Latun V.V., Merinova Yu.Yu., Khovanski A.D.***Southern Federal University, Rostov-in-Don, e-mail: bessmertny74@gmail.com*

Abstract: The uniformity of territory spatial development, expressed, among other things, by the peculiarities of settlement system, the concentration of residents, the level of demographic potential of individual municipalities, determines the opportunities and intensity of socio-economic growth of the region. In the context of this study, the demographic potential of territory is seen as a cumulative indicator that considers population dynamics in natural population growth and migration gain, changes in population age structure and the balance of labor resources. The main goal of the work was to determine the demographic potential of the Rostov region and assess the possibilities of population reproduction in the context of individual municipalities and territorial natural and anthropogenic complexes of the region. Rostov Region is one of the most economically developed and socially stable regions of the South of Russia. Since the end of the XX century, depopulation has been noted in the region, determined by both natural and socio-economic reasons. This process leads to a gradual decrease in the region's population, which is not compensated by a stable, but insignificant migration increase. With an aging population, depopulation and labor shortages in some sectors and growing unemployment in other sectors, there are significant territorial disparities in the demographic load in the region. The study revealed that the spatial differentiation in terms of the complexity of the demographic situation is changing from the economically attractive and increasing population of the southwest to the stagnant northern, north-eastern and south-eastern parts of the region, with the lowest demographic potential.

Keywords: demographic potential, dependency ratio, Rostov region, spatial development, integral assessment of demographic potential

Пространственная организация населения является одним из важнейших факторов устойчивого развития региона. Система расселения и размещения производительных сил в ее территориальном проявлении представляет собой отправную точку, от которой формируются векторы дальнейшего социально-экономического роста субъектов.

В настоящее время региональные исследования приобретают все большую

значимость в контексте сложившейся демографической ситуации, так как именно человеческий капитал отражает возможности развития экономики, кадровый, научный и производственный потенциал, благосостояние жителей и в конечном счете является основным двигателем экономического прогресса.

Для комплексной оценки демографической ситуации городов и муниципальных районов используется демографический

потенциал территории. Этот показатель активно применяется в науке и практической деятельности, но, несмотря на это, единого общепризнанного подхода к его оценке среди исследователей нет.

Целью данной работы является оценка демографического потенциала Ростовской области и определение пространственных особенностей его формирования на современном этапе.

муниципальных образований вычисляется как отношение числа пенсионеров к числу трудоспособных.

Для оценки демографического потенциала муниципальных районов Ростовской области была использована методика балльной оценки, включающая ранжирование вышеуказанных демографических показателей по 5-балльной шкале. Критерии оценивания представлены в табл. 1.

Таблица 1

Критерии оценки демографического потенциала (составлено авторами)

Балл	ЧН, тыс. чел.	ЕП, ‰	МП, ‰	ДН, чел. на 1000 населения	ЧР, тыс. чел.
1	Менее 20.0	Менее -10	Менее -10	Более 900	Менее 5
2	20.1-50.0	(-10) : (-5)	(-10) : (-5)	801-900	5-10
3	50.1-250.0	(-5) : 0	(-5) : 0	701-800	10-50
4	250.1-1000	0 : +10	0 : +10	601-700	50-100
5	Более 1000	Более +10	Более +10	Менее 600	Более 100

Материалы и методы исследования

В контексте данного исследования демографический потенциал (далее – ДП) понимается как интегральный показатель, включающий совокупность величин, отражающих текущую численность населения и её изменение под влиянием естественного и механического движения, трудовые ресурсы и демографическую нагрузку в зависимости от возрастной структуры населения на определенной территории.

Для оценки демографического потенциала территории, с учётом возможных экономических последствий от сложившейся ситуации, рассматриваются особенности распределения численности постоянных жителей (далее – ЧН) и численности работающих (далее – ЧР). Исследование воспроизводства должно учитывать изучение динамики естественного (далее – ЕП) и миграционного прироста (далее – МП), выраженных показателями рождаемости, смертности, эмиграции и иммиграции.

Под демографической нагрузкой (далее – ДН) понимается обобщенная количественная характеристика возрастной структуры населения, характеризующая нагрузку со стороны неработающей части жителей на работающую [1]. Она складывается как сумма потенциальной и пенсионной нагрузки. Коэффициент потенциальной нагрузки рассчитывается как отношение количества населения в возрасте от 0 до 15 лет к числу трудоспособного населения определенной территории. Пенсионная нагрузка для всех

Все показатели рассматриваются в разрезе муниципальных районов и территориальных природно-антропогенных комплексов (далее – ТПАК) области. Районирование региона включает в себя 7 ТПАК: Юго-Западный, Донецкий, Центральный, Северо-Западный, Северо-Восточный, Южный и Юго-Восточный. Выделение семи вышеуказанных ТПАК обусловлено природно-ресурсным потенциалом ландшафтов, общностью структуры экономики, демографических тенденций, развития социальной сферы и экологической ситуации входящих в них районов [2].

В исследовании использовались данные официальных статистических сборников по распределению населения Ростовской области в разрезе муниципальных образований, населенных пунктов различного ранга и людности, обработанные в соответствии с общепринятыми методиками. В процессе расчета и анализа демографических показателей применялись статистические и картографические методы исследования, метод комплексной оценки демографического потенциала.

Результаты исследования и их обсуждение

Численность населения. Ростовская область – регион со сложной демографической ситуацией, испытывающий с 1990-х годов сокращение численности постоянных жителей и централизацию располагаемого населения, что может привести к достаточно неблагоприятным последствиям

в долгосрочной перспективе (табл. 1). Среднегодовая убыль населения области достигает 10,5 тыс. человек, с 1998 по 2018 г. население сократилось в общей сложности на 167 тысяч (3,8%). Уровень урбанизации в регионе с традиционно высоким развитием аграрного хозяйства стабильно ниже среднероссийского значения (68,2%), при этом прирост населения наблюдается почти исключительно в городах Ростовской агломерации, а доля селян ежегодно снижается (за 20 лет его доля упала с 32,3 % до 31,8 %), табл. 2.

Изменения численности населения происходят за счет естественного и миграционного движения населения, которые характеризуются показателями рождаемости, смертности, эмиграции и иммиграции.

Рождаемость. Наибольшая рождаемость (14‰) отмечена в Батайске за счет повышенной доли молодых возрастов (до 40 лет) в общей структуре населения и высокой брачности. Среди муниципальных районов высокая рождаемость, превышающая среднеобластные значения, характерна для Кагальницкого и Мартыновского районов.

Повышенные показатели рождений (от 12,1‰ до 10,9‰) наблюдаются в 12 административных единицах, что составляет четверть от всех муниципальных образований области. В основном они сконцентрированы в Юго-Западном комплексе (Ростов-на-Дону, Азов, Таганрог, Аксай и Мясниковский район), что объясняется более благоприятными социально-экономическими условиями для воспитания де-

тей, нежели в более отдаленных районах области.

Пониженная рождаемость характерна для 19 районов области, 7 из которых расположены в Донецком комплексе (Донецк, Каменск, Шахты и др.), что объясняется большой долей пенсионеров и ухудшающимися социально-экономическими условиями, связанными с сокращением угледобывающего сектора, который является промышленной основой данного ТПАК. Наименьшие показатели рождаемости (6,4–7,9‰) отмечены в Гуково, Новошахтинске, Кашарском, Усть-Донецком, Чертковском районах.

Таким образом, оптимальными значениями рождаемости характеризуются Юго-Западный и Южный ТПАК, наименьшие значения свойственны для Донецкого и Северо-Западного комплексов, промежуточное положение занимают Северо-Восточный, Центральный и Юго-Восточный ТПАК (табл. 3).

Смертность. Рассматривая смертность населения, можно выделить муниципалитеты с наиболее благоприятной по этому показателю обстановкой (9,7–11,2‰), к которым относятся Ростов-на-Дону, Волгодонск, Аксайский, Заветинский и Мясниковский районы. Все они, за исключением Заветинского района, расположены в Юго-Западном комплексе.

Пониженные показатели смертности (11,4–13‰) характерны для 7 административных образований (Батайск, Веселовский, Волгодонской, Зимовниковский, Октябрьский, Орловский и Ремонтненский районы).

Таблица 2

Динамика численности населения Ростовской области [3; 4]

Годы	Всего	В том числе	
		городское	сельское
1998	4387,6	2969,3	1418,3
1999	4367,9	2953,1	1414,8
2000	4340,8	2930,5	1410,3
2002	4286,2	2892,0	1394,2
2003	4396,7	2973,4	1423,3
2004	4365,6	2952,4	1413,2
2005	4334,4	2892,7	1441,7
2010	4283,9	2879,1	1404,8
2012	4260,6	2876,3	1381,3
2013	4254,6	2878,3	1376,3
2014	4243,8	2878,7	1365,1
2015	4239,0	2875,5	1363,5
2016	4233,7	2873,1	1360,6
2017	4231,3	2874,0	1357,3
2018	4220,4	2871,4	1349,0

Таблица 3

Балльная оценка демографического потенциала в городских округах
и административных районах Ростовской области, 2017 г. (составлено авторами)

Районы	ЧН, тыс. человек	балл	ЕП, ‰	балл	МП, ‰	балл	Численность работающих, тыс. человек	балл	ДН, чел.	балл	Сред- ний балл
Юго-Западный	2169,7	2,8	-2,87	2,8	4,10	3,6	679,9	2,8	741	2,6	3
г. Ростов-на-Дону	1125,3	5	0	3	4,42	4	423,3	5	694	4	4,2
г. Азов	81,3	3	-1,9	3	-5,66	2	23,4	3	849	2	2,6
г. Багайск	124,7	3	2,6	4	13,93	5	25,9	3	759	3	3,8
г. Новочеркасск	168,8	3	-4	3	-0,42	3	47,9	3	673	4	3,2
г. Таганрог	250,3	4	-4,5	3	2,71	4	79,3	4	878	2	3,4
Азовский	97	3	-3,4	3	2,99	4	12,5	3	821	2	3,0
Аксайский	113,3	3	0,8	4	11,41	5	33,5	3	713	3	3,6
Куйбышевский	13,9	1	-5,8	2	-3,38	3	2,0	1	882	2	1,8
Матвеево-Курганский	40,6	2	-6,4	2	-7,98	2	7,0	2	871	2	2,0
Мясниковский	46,8	2	0,5	3	22,76	5	10,8	3	755	3	3,4
Неклиновский	85,5	3	-5,4	2	-1,92	3	10,8	3	887	2	2,6
Родионово-Несветайский	22,2	2	-6,9	2	-3,74	3	3,5	1	827	2	2,0
Донецкий	916,6	2,4	-6,79	2,2	-1,88	2,9	179,5	2,5	877	1,8	2,4
г. Шахты	235,5	3	-4,7	3	-2,46	3	43,0	3	833	2	2,8
г. Новошахтинск	108,8	3	-6,4	2	2,40	4	15,0	3	814	2	2,8
г. Каменск-Шахтинский	89,6	2	-6,4	2	-1,02	3	27,8	3	846	2	2,4
г. Гуково	66,3	3	-8,7	2	-13,38	1	9,3	2	914	1	1,8
г. Донецк	48,4	2	-6,2	2	-7,46	2	6,8	2	897	2	2,0
г. Зверево	21,1	2	-7,4	2	-12,37	1	5,5	2	843	2	1,8
Белокалитвенский	92	3	-6,8	2	-6,92	2	20,0	3	973	1	2,2
Каменский	41,8	2	-8,6	2	-4,64	3	7,9	2	944	1	2,0
Красносулинский	75,4	3	-7,3	2	0,17	4	14,9	3	893	2	2,8
Октябрьский	71,2	2	-4	3	14,24	5	16,6	3	705	3	3,2
Тацинский	34,7	2	-7,8	2	-4,78	3	7,2	2	863	2	2,2
Усть-Донецкий	31,8	2	-7,2	2	5,06	4	5,0	2	886	2	2,4
Центральный	415,4	2,1	-2,55	2,9	-2,37	2,5	87,2	1,8	861	1,9	2,3
г. Волгодонск	171,5	3	-0,7	3	2,17	4	50,3	4	855	2	3,4
Багаевский	34,7	2	-1	3	-10,1	1	4,3	1	885	2	1,8
Веселовский	25,5	2	-2,9	3	-1,88	3	4,3	1	798	3	2,4
Волгодонской	33,8	2	-1,6	3	-6,89	2	3,4	1	832	2	2,0
Константиновский	31,6	2	-5,1	2	-6,90	2	5,5	2	822	2	2,0
Мартыновский	34,5	2	-2	3	-2,78	3	4,8	1	911	1	2,0
Пролетарский	34,5	2	-3,4	3	-9,39	2	5,8	2	836	2	2,2
Семикаракорский	49,3	2	-3,7	3	-1,89	3	8,6	2	939	1	2,2
Северо-Западный	209,1	1,9	-7,5	2	-2,94	2,6	41,1	1,6	861	1,9	2
Боковский	14,2	1	-5,1	2	-5,49	2	2,5	1	876	2	1,6
Верхнедонской	18,1	1	-8,6	2	-6,08	2	3,3	1	923	1	1,4
Кашарский	23,7	2	-9	2	-6,71	2	3,7	1	825	2	1,8
Миллеровский	65	3	-5,9	2	-0,49	3	15,7	3	847	2	2,6
Тарасовский	28,4	2	-8,7	2	1,83	4	4,7	1	869	2	2,2
Чертковский	33,8	2	-8,7	2	-4,32	3	6,0	2	869	2	2,2
Шолоховский	25,9	2	-6,5	2	-5,48	2	5,2	2	885	2	2,0
Северо-Восточный	109,4	1,4	-6,02	2,4	-5,16	2,6	21,6	1,4	892	1,6	1,9
Милютинский	13,3	1	-8,5	2	-9,40	2	2,6	1	934	1	1,4
Морозовский	38,8	2	-4,9	3	-8,51	2	8,4	2	893	2	2,2
Обливский	17,6	1	-6,2	2	-5,51	2	2,8	1	812	2	1,6
Советский	6,3	1	-4,9	3	-4,29	3	0,9	1	819	2	2,0
Цимлянский	33,4	2	-5,6	2	0,45	4	6,9	2	932	1	2,2
Южный	277,2	2,3	-4,17	2,7	-8,04	1,7	54,6	2,3	879	1,8	2,2
Егорлыкский	33,7	2	-1,4	3	-9,20	2	5,0	2	866	2	2,2
Зерноградский	53,7	3	-5,0	2	-5,55	2	11,5	3	871	2	2,4

Окончание табл. 3

Районы	ЧН, тыс. человек	балл	ЕП, ‰	балл	МП, ‰	балл	Численность работающих, тыс. человек	балл	ДН, чел.	балл	Средний балл
Кагальницкий	28,2	2	-3,1	3	-12,77	1	6,2	2	882	2	2,0
Песчанокоспский	28,2	2	-7,8	2	-14,75	1	5,0	2	939	1	1,6
Сальский	102,7	3	-3,9	3	-4,48	3	21,2	3	869	2	2,8
Целинский	30,7	2	-3,8	3	-12,57	1	5,7	2	883	2	2,0
Юго-Восточный	131,2	1,6	-1,86	3	-6,56	2,6	21,0	1,4	826	2,2	2,2
Дубовский	21,9	2	-1,7	3	-9,59	2	3,1	1	852	2	2,0
Заветинский	16,7	1	-0,6	3	-4,61	3	2,2	1	776	3	2,2
Зимовниковский	36,4	2	-1,4	3	-6,98	2	6,2	2	830	2	2,2
Орловский	38,1	2	-2,7	3	-8,64	2	6,4	2	797	3	2,4
Ремонтненский	18,1	1	-2,9	3	0,50	4	3,1	1	903	1	2,0

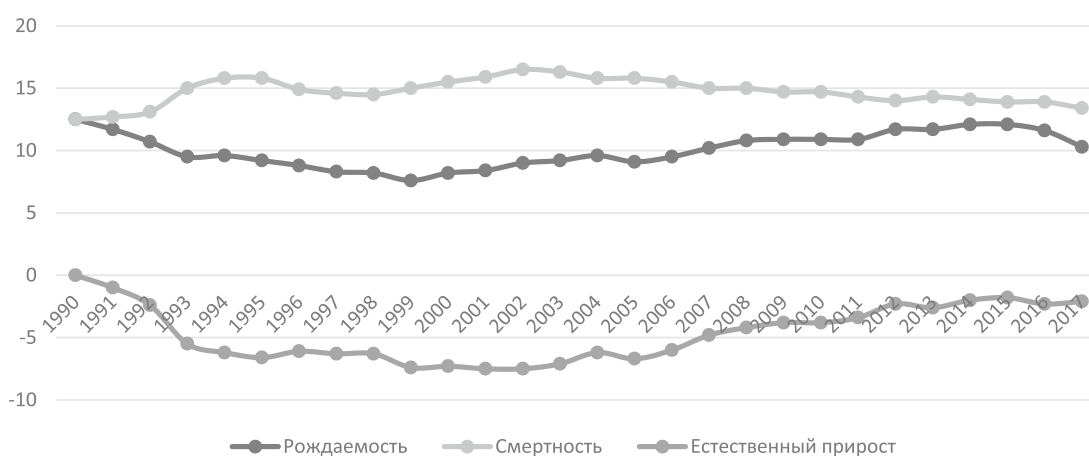


Рис. 1. Динамика показателей естественного движения населения Ростовской области, ‰, 1990-2017 гг. (составлено авторами по материалам [3; 4])

Повышенная смертность характерна для Гуково, Каменска-Шахтинского, Таганрога и 14 районов, расположенных преимущественно в Донецком, Северо-Западном и Южном комплексах. Самая негативная (до 18,1‰) ситуация имеет место в Звереве, Белокалитвинском, Верхнедонском, Каменском, Милютинском, Песчанокоспском, Тарасовском районах, расположенных соответственно в Донецком, Северо-Западном Северо-Восточном и Южном ТПАК.

В Юго-Западном и Южном ТПАК высокие показатели рождаемости совпадают с низкими значениями смертности населения. В то же время преобладание высокой смертности и низкой рождаемости характерно для одного из наиболее депрессивных – Донецкого ТПАК.

Естественный прирост. Для Ростовской области в последние десятилетия характерная естественная убыль населения

(рис. 1). Рассматривая пространственную дифференциацию естественного прироста (убыли) населения области, необходимо отметить, что в регионе нет ни одного муниципального образования, характеризующегося высоким естественным приростом. Прирост населения характерен для Батайска (2,6‰) за счет самого высокого показателя рождаемости в области и относительно низкого уровня смертности, а также для Аксайского (0,8‰) и Мясниковского (0,5‰) районов, являющихся частью интенсивно развивающейся Ростовской агломерации. Наибольшая естественная убыль характерна для Гуково, Кашарского, Тарасовского и Чертковского районов (-9, -8,7‰).

Наиболее благоприятная ситуация по совокупности демографических данных наблюдается в Юго-Восточном (-1,86‰), Юго-Западном (-2,87‰) и Центральном комплексах (-2,55‰), а территории с самой

высокой убылью расположены на северо-востоке области (-6,02‰) и в Донецком ТПАК (-6,79‰), что требует пристального внимания и выработки комплексных мер по развитию социально-экономической сферы их городов и районов.

Миграционный прирост. Основным показателем, отражающим востребованность региона на рынке мобильных трудовых ресурсов, является миграционный прирост населения, который для области в 2017 г. составил 1 907 человек, или 2,92‰ (17-е место в России). В динамике с 2012 по 2015 г. миграция в Ростовскую область многократно возросла за счет увеличения количества прибывших, после чего наблюдается возвращение прироста к показателям 2012 г. вследствие роста количества выбывших (рис. 2).

Ростовская область отстает от коэффициента миграционного прироста в целом по России в среднем на 1–1,5‰, она следует в общей со всей страной динамике (табл. 4). Миграционные потоки в Ростовскую об-

ласть в основном направлены из стран СНГ, наибольший вклад в миграцию вносят Украина и Армения, а также Узбекистан, Таджикистан и Казахстан [5].

Пространственная дифференциация миграционных потоков в Ростовской области ярко выражена. Наибольший коэффициент миграционного прироста наблюдается в Мясниковском (22,7‰) и Аксайском (11,4‰) районах, а также в Батайске (13,9‰) и Ростове-на-Дону (4,4‰). Наибольшая убыль (от (-10) до (-14,7‰)) отмечается в Гуково, Зверево, Песчанокопском, Кагальницком, Целинском и Багаевском районах.

Единственным территориальным природно-антропогенным комплексом с миграционным приростом является Юго-Западный, что объясняется наибольшей концентрацией городов и высоким уровнем экономического развития. Миграционная убыль наблюдается во всех остальных ТПАК, самыми убывающими являются Южный (-8,04‰) и Юго-Восточный (-6,6‰).

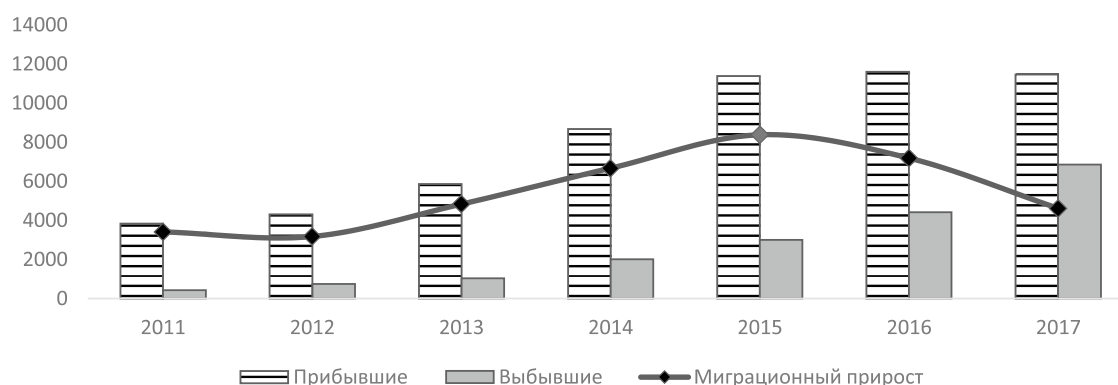


Рис. 2. Динамика миграционного прироста в Ростовской области из стран СНГ, тыс. чел., 2011–2017 гг. (составлено авторами по материалам [3; 4])

Таблица 4

Сравнительная динамика миграционного прироста в Ростовской области и Российской Федерации (составлено авторами по материалам [3; 4])

Прирост, ‰	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ростовская область							
МП из СНГ	0,9	1,01	1,38	2,04	2,68	2,74	2,71
МП Общий	1,05	1,2	1,61	2,23	2,9	2,92	2,92
Российская Федерация							
МП из СНГ	2,17	2,55	2,95	3,68	3,66	3,48	3,57
МП Общий	2,49	2,92	3,36	4,11	4,09	3,91	4,01

В совокупности показателей естественного и механического прироста наблюдается сокращение числа жителей, затронувшее с 2003 по 2017 год большинство городов и районов области. Исключением являются только Ростов-на-Дону, Багайск, Аксайский и Мясниковский районы, которые входят в зону Ростовской агломерации, занимающей 5,3% территории и концентрирующей около 40% населения региона, а также Юго-Западный ТПАК, являющийся наиболее развитой частью области.

Наиболее выраженная депопуляция населения за рассмотренные 14 лет наблюдалась в Зверево (30,8%), Милютинском (25,4%), Верхнедонском (22,7%), Зерноградском (19,5%) и Тацинском (19%) районах. Существенная убыль населения (от 10 до 18%) также зафиксирована в Бокновском, Кагальницком, Каменском, Кашарском, Константиновском, Мартыновском, Морозовском, Октябрьском, Песчанокпском, Ремонтненском, Советском, Тарасовском, Целинском, Чертковском и Шолоховском районах.

Трудоспособное население. В Юго-Западном ТПАК наблюдается самая высокая доля трудоспособного населения по Ростовской области, составляющая 57,4%. Наибольшее число трудоспособных отмечается в Новочеркасске (59,8%), Ростове-на-Дону (59%) и Аксайском районе (58,4%). В это же время в Неклиновском, Куйбышевском и Матвеево-Курганском сельских районах данные показатели не превышают 53,5% из-за оттока трудоспособного населения в близко расположенные крупные города в поисках лучших условий жизни.

Вторым ТПАК с высокими показателями трудоспособного населения является Северо-Западный со средним значением, равным 57%, в котором в положительную сторону (54-54%) выделяются Кашарский и Миллеровский районы, а самая низкая доля (52%) отмечена в Верхнедонском районе.

Повышенные показатели доли трудоспособного населения характерны для Донецкого (53,9%), Центрального (53,7%) и Юго-Восточного (54,7%) комплексов. В представленных ТПАК высокая доля трудящихся (55-59%) свойственна Октябрьскому, Веселовскому и Заветинскому районам, а низкая (51-53%) – Белокалитвинскому, Семикаракорскому и Ремонтненскому. Наименьшая доля трудоспособного населения прослеживается в Южном (53,2%) и Севе-

ро-Восточном ТПАК (38,6%), что на 16,8% меньше, чем средние показатели по области.

Демографическая нагрузка. Коэффициент общей демографической нагрузки является важнейшим индикатором, отображающим общую социально-экономическую ситуацию в Ростовской области. На его дифференциацию внутри области оказывают влияние различные факторы, среди которых важнейшими являются дисбаланс в социально-экономическом развитии, различная степень транспортной доступности, природные условия и факторы. Повышенная демографическая нагрузка наблюдается в Юго-Западном ТПАК (741 чел. на 1000 населения), и в частности в Ростове-на-Дону (694). Нагрузка на трудоспособное население здесь самая низкая, поскольку рассматриваемая территория является ядром центрального ареала расселения, генерируя основную часть экономического потенциала области и привлекая в большом количестве рабочую силу. В остальных ТПАК Ростовской области наблюдается высокая демографическая нагрузка, наибольших значений (932-973) она достигает в Белокалитвинском, Каменском, Семикаракорском, Песчанокпском, Милютинском и Цимлянском районах.

Демографический потенциал. По итогам анализа отдельных показателей (численность населения, естественный прирост, миграционный прирост, численность работающих, демографическая нагрузка) проведена оценка демографического потенциала территории Ростовской области по состоянию на 2017 год. Полученные результаты представлены в разрезе ТПАК и отдельных муниципальных образований (табл. 3, рис. 3).

Полученное пространственное распределение демографического потенциала демонстрирует наиболее перспективные и депрессивные территории региона. В целом можно сказать, что полученные результаты соответствуют центрально-периферийной модели развития. Центру соответствует Ростовская агломерация, ядром которой является г. Ростов-на-Дону и прилегающие города, и районы с развитой социальной сферой и диверсифицированной структурой экономики. Закономерно, что при таких условиях данная территория привлекает население и обладает самым высоким демографическим потенциалом в регионе.

Практически все остальные территории области обладают пониженным демографическим потенциалом. В свою очередь

самый низкий демографический потенциал наблюдается в наименее развитых районах севера области: Боковском, Верхнедонском, Кашарском, Миллеровском и Обливском. Данная ситуация обусловлена периферийностью их положения: слабой транспортной доступностью, не диверсифицированной экономикой, отсутствием перспективных рабочих мест, низким доходом жителей и неразвитой социальной инфраструктурой.

Ряд районов крайнего юго-востока имеют относительно высокий демографический потенциал, что может объясняться специфической структурой местного

сельскохозяйственного производства, основу которого составляет овцеводство, что привлекает в эти места сельских жителей Кавказа, традиционно занятых в данной отрасли и отличающихся повышенными коэффициентами рождаемости.

Относительно высокий демографический потенциал Миллеровского и Сальского районов связан с тем, что городские поселения Миллерово и Сальск представляют собой агропромышленные центры с развивающейся относительно диверсифицированной экономикой и транспортной инфраструктурой.



Рис. 3. Демографический потенциал городских округов и административных районов Ростовской области, 2017 г. (составлено авторами)

Выводы

1. Ростовская область является регионом, на протяжении последних десятилетий испытывающим процессы депопуляции, которые не компенсируются стабильным, но незначительным миграционным приростом. Большинство депрессивных территорий расположены в северной, северо-восточной и юго-восточной частях Ростовской области. Стабильная демографическая ситуация наблюдается в юго-западной части региона.

2. В условиях старения населения, депопуляции и дефицита рабочей силы в области отмечается существенная территориальная дифференциация демографической нагрузки. Относительно благоприятная ситуация сложилась в Юго-Западном ТПАК, экономическом лидере области, создающем новые рабочие места и предлагающем карьерные перспективы для молодежи. В остальных территориях области, напротив, развивающаяся безработица, отток квалифицированных кадров при одновременном росте пожилого населения приводят к возрастанию нагрузки на трудоспособное население.

3. Демографический потенциал Ростовской области характеризуется значительной территориальной дифференциацией по принципу «центр – периферия». Центром выступает г. Ростов-на-Дону и прилегающие к нему муниципальные районы, полупериферия включает в себя города и районы на удалении в 200–250 километров от центра, а к периферии относятся наиболее удаленные районы крайнего севера и восто-

ка области, качественно выделяющиеся по всем рассматриваемым индикаторам.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-35-90094.

Список литературы / References

1. Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. 6-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2011. 512 с.

Raizberg B.A., Lozovsky L.Sh., Starodubtseva E.B. Modern economic dictionary. 6th ed., Rev. and additional. M.: INFRA-M. 2011. 512 p. (in Russian).

2. Иванченко А.М., Коновалов А.Н., Бессмертный И.В., Хованский А.Д., Латун В.В., Меринова Ю.Ю. Природный потенциал ландшафтов Ростовской области // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2019. № 4. С. 62–70.

Ivanchenko A.M., Kononov A.N., Bessmertnyi I.V., Khovanskiy A.D., Latun V.V., Merinova Yu.Yu. Natural potential of the landscapes of the Rostov region // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Estestvennye nauki. 2019. N. 4. P. 62–70 (in Russian).

3. Статистический сборник «Сравнительные показатели социально-экономического положения городских округов и муниципальных районов Ростовской области. 2014»: Стат. сб./Ростовстат. Ростов н/Д., 2015. 395 с.

Statistical Bulletin «Comparative indicators of socio-economic status of urban districts and municipal districts of the Rostov region. 2014»: Stat. sb./Rostovstat. Rostov n/D., 2015. 395 p. (in Russian).

4. Статистический сборник «Сравнительные показатели социально-экономического положения городских округов и муниципальных районов Ростовской области. 2017»: Стат. сб./Ростовстат. Ростов н/Д., 2018. 395 с.

Statistical Bulletin «Comparative indicators of socio-economic status of urban districts and municipal districts of the Rostov region. 2017»: Stat. sb./Rostovstat. Rostov n/D., 2018. 395 p. (in Russian).

5. Денисова Г.С., Шурыгина Е.Г. Миграционная ситуация в регионах Юга России в 2019 г. в оценках экспертов // Гуманитарий Юга России. 2019. № 6. С. 277–289.

Denisova G.S., Shurygina E.G. The migration situation in the regions of the South of Russia in 2019 in the estimates of experts // Gumanitarniy Yuga Rossii. 2019. No. 6. P. 277–289 (in Russian).

УДК 528.06

ИТЕРАЦИОННЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ОБОБЩЕННОЙ СРЕДНЕЙ РЕЗУЛЬТАТОВ КОРРЕЛИРОВАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**Волков В.И., Волков Н.В., Волкова Т.Н.***ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Санкт-Петербург, e-mail: volkov.nikita@yahoo.com*

Увеличение объемов и темпов строительства на современном этапе, необходимость сооружения прецизионных и уникальных объектов – ядерных реакторов АЭС, линейных и кольцевых ускорителей, антенн измерительных систем, промышленных комплексов, связанных единым технологическим процессом, – повысили требования как к точности, так и к срокам выполнения инженерно-геодезических изысканий. Это в свою очередь потребовало дальнейшего совершенствования методов обработки результатов повторных геодезических наблюдений. В статье рассмотрены вопросы оперативной математической обработки результатов повторного высокоточного нивелирования, которое выполняется в широко разветвленных наблюдательных геодезических сетях, получающих развитие на изыскательских, прогностических и техногенных геодинамических полигонах, предназначенных для изучения экзогенных геомеханических и эндогенных процессов. Так, на стадиях проектирования объектов АЭС в пределах перспективных площадок под строительство сооружений изучаются деформационные процессы, проявляющиеся в их основаниях, и современные вертикальные движения приповерхностных слоев земной коры по результатам повторного высокоточного нивелирования. При этом в пределах перспективных площадок создаются широко разветвленные, характеризующиеся высокой плотностью, нивелирные сети. Математическая обработка результатов нивелирования таких сложных высотных сетей представляет собой громоздкий и сложный процесс, сопровождающийся значительными по объемам вычислениями. В статье предлагается метод, который позволяет упростить математическую обработку результатов нивелирования разветвленных геодезических сетей, на основе применения при расчетах разработанного авторами итерационного метода получения обобщенной средней из неравнозначных результатов коррелированных измерений без обращения ковариационной матрицы. Такой новый метод обладает универсальностью в применении и значительно упрощает математическую обработку результатов нивелирования разветвленных сетей.

Ключевые слова: прецизионные сооружения, разветвленная нивелирная сеть, обработка рядов результатов нивелирования, обобщенная средняя, итерационный метод, рекуррентный алгоритм

ITERATIVE METHOD OF GENERALIZED AVERAGE OF CORRELATED MEASUREMENTS**Volkov V.I., Volkov N.V., Volkova T.N.***Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, e-mail: volkov.nikita@yahoo.com*

The increase in the volume and pace of construction at the present stage, the need to build precision and unique facilities – nuclear reactors of nuclear power plants, linear and ring accelerators, antennas of measuring systems, industrial complexes connected by a single technological process – have increased the requirements for both accuracy and timing of engineering and geodetic surveys. This, in turn, required further improvement of methods for processing the results of repeated geodetic observations. The article deals with the issues of operational mathematical processing of the results of repeated high-precision leveling, which is performed in widely branched observational geodetic networks, which are developed on survey, prognostic and technogenic geodynamic polygons designed to study exogenous geomechanical and endogenous processes. Thus, at the design stages of NPP facilities within the prospective sites for the construction of structures, the deformation processes manifested in their bases and modern vertical movements of the near-surface layers of the earth's crust are studied based on the results of repeated high-precision leveling. At the same time, widely branched, high-density leveling networks are being created within the prospective sites. Mathematical processing of the results of leveling such complex high-altitude networks is a cumbersome and complex process, accompanied by significant amounts of calculations. The article proposes a method that simplifies the mathematical processing of the results of leveling of branched geodetic networks, based on the application of the iterative method developed by the authors to obtain a generalized average from non-uniform results of correlated measurements without inverting the covariance matrix. This new method has a universal application and greatly simplifies the mathematical processing of the results of leveling branched networks.

Keywords: precision structures, branched leveling network, processing of series of leveling results, generalized mean, iterative method, recurrent algorithm

На стадии проектирования прецизионных сооружений атомных станций в перспективных пунктах их размещения создаются изыскательские геодинамические полигоны для изучения экзогенной и эндогенной геодинамики. Геодинамические полигоны создаются на местности в виде

разветвленных высокоточных нивелирных сетей. Результаты повторного нивелирования таких сетей позволяют изучить в сжатые сроки (2–4 года) устойчивость оснований фундаментов проектируемых прецизионных объектов и кинематические характеристики современной геодинамики

сооружений в сложившихся природных или природно-техногенных условиях.

При этом предъявляются особые требования как к совершенствованию постановки повторного нивелирования, так и к дальнейшему повышению уровня математической обработки рядов результатов нивелирования на основе разработки универсальных методов, обеспечивающих наилучшее приближение к неизвестной [1–3].

Целью исследования, представленного в статье, является разработка нового итерационного метода получения обобщенной средней (наилучшего приближения к неизвестной) из неравноточных результатов коррелированных измерений без обращения ковариационной матрицы, обладающего универсальностью при упрощении и снижении объемов вычислений по сравнению со стандартным подходом [4–6].

Материалы и методы исследования

Суть метода состоит в том, что обобщенная средняя неравноточных измерений $l_1, l_2, \dots, l_n$, как известно [4], определяется аналитическим выражением:

$$l_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \pi_i l_i}{\sum_{i=1}^n \pi_i},$$

где π_i – обобщенный вес, равный сумме элементов i -й строки матрицы $Q_i^{-1} \left(Q_i = \frac{K_i}{D_0} \right)$;

K_i – ковариационная матрица результатов измерений; D_0 – дисперсия единицы веса.

Рассмотрим один из вариантов представления погрешностей результатов измерений, представленных выражением: $\Delta l_i = \Delta_i + \eta$, где Δ_i и η – случайные некоррелированные погрешности (Δ_i – индивидуальная погрешность, принадлежащая i -му результату l_i , а η – общая погрешность, входящая во все результаты наблюдений). Для такого случая разработан метод [4] установления обобщенной средней с оценкой ее точности.

В статье рассматривается итерационный метод получения обобщенной средней без обращения матрицы Q_i^{-1} , отличающийся универсальностью по отношению к методу, описанному в работах [4–6].

Результаты исследования и их обсуждение

Представим погрешность результатов наблюдений следующим аналитическим выражением:

$$\Delta l_i = \Delta_i + \sum_{r=1}^S \Delta_{\Omega_r} + \eta,$$

где Δ_{Ω_r} – погрешность, входящая в множество наблюдений Ω_r .

При этом условно, в качестве примера рассмотрим разветвленную нивелирную сеть (рисунок). В данной сети превышения между нивелирными пунктами i и A представлены величиной l_i ; Δ_i – представляют ошибки превышений, полученных в секциях d_i ; η – ошибка превышения в секции d_{16} ; Δ_{Ω_1} – ошибки нивелирования в секции d_{10} и входящая в множество наблюдений $\Omega_1 (l_1, l_2, l_3)$.

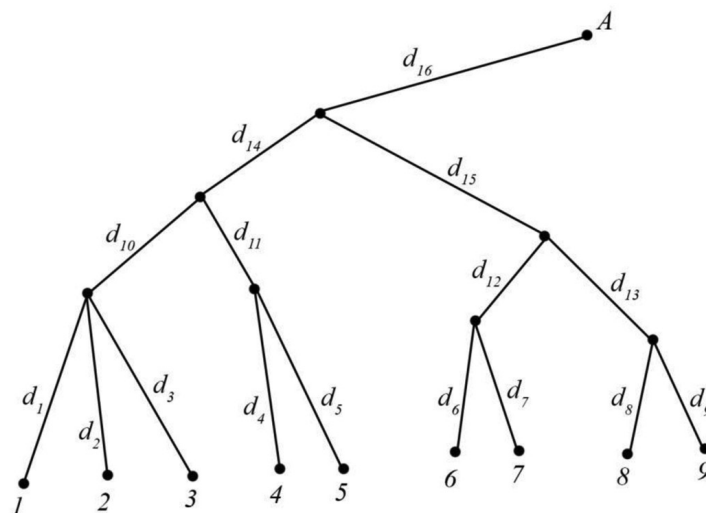


Схема разветвленной нивелирной сети

Рассмотрим матрицы Q_l , Q_Δ , Q_{Ω_r} и Q_η :

$$Q_l = \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1n} \\ q_{21} & q_{22} & \dots & q_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{n1} & q_{n2} & \dots & q_{nn} \end{pmatrix}, q_{ij} = \begin{cases} q_{li} = \frac{1}{P_{li}} = \frac{D_{li}}{D_0}, i=j \\ \frac{1}{P_{li}} = \frac{K_{li}}{D_0}, i \neq j \end{cases},$$

$$Q_{\Omega_r} = \begin{pmatrix} q_{11}^2 & q_{12}^2 & \dots & q_{1n}^2 \\ q_{21}^2 & q_{22}^2 & \dots & q_{2n}^2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{n1}^2 & q_{n2}^2 & \dots & q_{nn}^2 \end{pmatrix}, q_{ij}^2 = \begin{cases} 0, & i \notin \Omega_r \\ 0, & j \notin \Omega_r \\ q_r = \frac{1}{P^2} = \frac{D_{\Delta_{\Omega_r}}}{D_0}, & i, j \in \Omega_r \end{cases},$$

$$Q_\Delta = \begin{pmatrix} q_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & q_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & q_n \end{pmatrix}, q_{ij} = \frac{1}{P_i} = \frac{D_{\Delta_i}}{D_0}, Q_\eta = \begin{pmatrix} q_\eta & q_\eta & \dots & q_\eta \\ q_\eta & q_\eta & \dots & q_\eta \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_\eta & q_\eta & \dots & q_\eta \end{pmatrix}, q_\eta = \frac{1}{P_\eta} = \frac{D_\eta}{D_0}.$$

При этом: $Q_l = Q_\Delta + \sum_{r=1}^S Q_{\Omega_r} + Q_\eta$.

Известно [4], что $Q_l \pi = I$, где $\pi = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n)$; I – единичный вектор-столбец. Принимая это во внимание, получаем:

$$\begin{pmatrix} q_1 \pi_1 \\ q_2 \pi_2 \\ \dots \\ q_n \pi_n \end{pmatrix} + \sum_{r=1}^S q^r \left(\sum_{j \in \Omega_r} \pi_j \right) \begin{pmatrix} \chi_r^1 \\ \chi_r^2 \\ \dots \\ \chi_r^n \end{pmatrix} + \left(\sum_{i=1}^n \pi_i \right) q^n \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ \dots \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ \dots \\ 1 \end{pmatrix},$$

где $\chi_r^i = \begin{cases} 1, & i \in \Omega_r \\ 0, & i \notin \Omega_r \end{cases}$ – характеристическая функция множества Ω_r .

Из аналитического выражения следует, что при каждом значении $i = 1, 2, \dots, n$ справедливо равенство:

$$q_i \pi_i + \sum_{r=1}^S q^r \left(\sum_{j \in \Omega_r} \pi_j \right) \chi_r^i + \left(\sum_{i=1}^n \pi_i \right) q^n = I. \quad (1)$$

Обозначив $z_i = \frac{\pi_i}{1 - \left(\sum_{i=1}^n \pi_i \right) q^n}$ в результате суммирования по $i \in \Omega_\alpha$, преобразуя равенство (1), получим:

$$\sum_{i \in \Omega_\alpha} z_i + \sum_{r=1}^S \frac{1}{P^r} \left(\sum_{j \in \Omega_r} z_j \right) \left(\sum_{i \in \Omega_\alpha} P_i \chi_r^i \right) = \sum_{i \in \Omega_r} P_i. \quad (2)$$

Из определения χ_r^i следует, что:

$$\sum_{i \in \Omega_\alpha} P_i \chi_r^i = \sum_{i \in \Omega_\alpha \cap \Omega_r} P_i, \quad (3)$$

где $\Omega_\alpha \cap \Omega_r$ представляет пересечение множеств Ω_α и Ω_r .

Применим обозначения: $B_{i,j} = \frac{\sum_{K \in \Omega_i \cap \Omega_j} P_K}{P^j}$, $i = 1, 2, \dots, S$; $j = 1, 2, \dots, S$; $c_i = \sum_{k \in \Omega_i} P_k$,
 $i = 1, 2, \dots, S$. В частности, $B_{rr} = \frac{\sum_{k \in \Omega_r} P_k}{P^r}$.

Исходя из выражений (2) и (3), находим S неизвестных сумм $\sum_{i \in \Omega_r} z_i$:

$$\begin{pmatrix} (1+B_{11}) & B_{12} & \dots & B_{1S} \\ B_{21} & (1+B_{22}) & \dots & B_{2S} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ B_{S1} & B_{S2} & \dots & (1+B_{SS}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sum_{i \in \Omega_1} z_i \\ \sum_{i \in \Omega_2} z_i \\ \dots \\ \sum_{i \in \Omega_S} z_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_S \end{pmatrix}. \quad (4)$$

После обращения матрицы B : $B = \begin{pmatrix} (1+B_{11}) & B_{12} & \dots & B_{1S} \\ B_{21} & (1+B_{22}) & \dots & B_{2S} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ B_{S1} & B_{S2} & \dots & (1+B_{SS}) \end{pmatrix}$ и подстановки

найденных решений $\sum_{i \in \Omega_r} z_i$ ($r = 1, 2, \dots, S$) системы (4) в выражение (1), находим общие веса z_i ($i = 1, 2, \dots, n$).

При этом отметим, что справедливо равенство $l_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \pi_i l_i}{\sum_{i=1}^n \pi_i} = \frac{\sum_{i=1}^n z_i l_i}{\sum_{i=1}^n z_i}$ и тот факт, что раз-

мерность B , равная S , значительно меньше размерности n -мерной матрицы Q .

Остановимся на предположении, что $\Omega_i \cap \Omega_j = \emptyset$, т.е. множества Ω_i и Ω_j дизъюнктные при $i \neq j$. В этом случае B становится диагональной, и обратная матрица B^{-1} явным образом

представляется как: $B^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{1+B_{11}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{1}{1+B_{22}} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{1}{1+B_{SS}} \end{pmatrix}.$

Рассмотрим решения системы уравнений (4) в следующем виде:

$$\sum_{j \in \Omega} z_j = \frac{c_r}{1+B_{rr}} = \frac{\sum_{i \in \Omega_r} P_i}{1 + \frac{\sum_{i \in \Omega_r} P_i}{P_r}}. \quad (5)$$

Представим формулу (1) с учетом выражения (5) в виде: $z_i = P_i \left(I - \sum_{r=1}^S \frac{B_{rr}}{1+B_{rr}} \chi_r^i \right)$.
Окончательно получим:

$$l_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n z_i B_i}{\sum_{i=1}^n z_i} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i l_i \left(1 - \sum_{r=1}^S \frac{B_{rr}}{1+B_{rr}} \chi_r^i \right)}{\sum_{i=1}^n P_i \left(1 - \sum_{r=1}^S \frac{B_{rr}}{1+B_{rr}} \chi_r^i \right)} = \frac{\sum_{r=1}^S \frac{1}{1+B_{rr}} \left(\sum_{i \in \Omega_r} P_i l_i \right)}{\sum_{r=1}^S \frac{1}{1+B_{rr}} \left(\sum_{i \in \Omega_r} P_i \right)}. \quad (6)$$

Рабочая формула (6) позволяет вычислить обобщённую среднюю в рассмотренном случае. В целях получения рекуррентной формулы для более общего случая, формулу (6) следует представить в другом виде. Для случая отсутствия ограничения общности предположим, что $l_i = l_i^1 + d$, где $\Delta_{l_i} = \Delta_i + \sum_{r=1}^S \Delta_{\Omega_r}$; $\Delta d = \eta$.

В данном случае справедливо равенство:

$$\frac{\sum_{i=1}^n z_i (l_i^1 + d)}{\sum_{i=1}^n z_i} = \frac{\sum_{i=1}^n z_i l_i^1}{\sum_{i=1}^n z_i} + d. \quad (7)$$

Приняв обозначение $l_{cp}^{\Omega_r}(l_i) = \frac{\sum_{i \in \Omega_r} P_i l_i}{\sum_{i \in \Omega_r} P_i}$, легко доказать:

$$\frac{1}{P l_{cp}^{\Omega_r}(l_i)} = \frac{1}{\sum_{i \in \Omega_r} P_i} + \frac{1}{P'} = \frac{1+B_{rr}}{\sum_{i \in \Omega_r} P_i}.$$

И следовательно:

$$l_{cp} = \frac{\sum_{r=1}^S P_{l_{cp}^{\Omega_r}(l_i)}^{\Omega_r} l_{cp}^{\Omega_r}(l_i^1)}{\sum_{r=1}^S P_{l_{cp}^{\Omega_r}(l_i)}^{\Omega_r}(l_i^1)} + d. \quad (8)$$

На основе формулы (8) можно построить для нахождения l_{cp} рекуррентный процесс в более общей ситуации. Из вычисления $P_{l_{cp}} = \frac{D_{l_{cp}}}{D_0}$ получаем:

$$\begin{aligned} \frac{1}{P_{l_{cp}}} &= \frac{D_{l_{cp}}}{D_0} = \frac{\sum_{r=1}^S \left(P_{l_{cp}}^{\Omega_r}(l_i^1) \right)^2 \frac{D_{l_{cp}}^{\Omega_r}(l_i^1)}{D_0}}{\left(\sum_{r=1}^S P_{l_{cp}}^{\Omega_r}(l_i^1) \right)^2} + \frac{D(d)}{D_0} = \frac{\sum_{r=1}^S P_{l_{cp}}^2 \Omega_r(l_i^1) \frac{1}{P_{l_{cp}} \Omega_r(l_i^1)}}{\sum_{r=1}^S \left(P_{l_{cp}} \Omega_r(l_i^1) \right)^2} + \frac{1}{P_\eta} = \\ &= \frac{1}{\sum_{r=1}^S P_{l_{cp}} \Omega_r(l_i^1)} + \frac{1}{P_\eta} = \frac{1}{\sum_{r=1}^S \frac{1}{\frac{1}{P_i} + \frac{1}{P'}}} + \frac{1}{P_\eta}. \end{aligned}$$

Предположим, что имеется двухиндексное семейство множеств наблюдений $\Omega_i^r, i = 1, 2, \dots, k; r = 1, 2, \dots, S$ и при фиксированном r при различных нижних индексах множества Ω_i^r не пересекаются, т.е. $\Omega_i^r \cap \Omega_j^r = \emptyset$, при $i \neq j, r = 1, 2, \dots, S$. Обозначим $\Omega^r(k)$ – единственное множество семейства $\{\Omega_i^r\}_{i=1}^k$, содержащее наблюдение l_k .

Пусть:

$$\begin{aligned} l_k &= l_k^0 + d_k^1 + \Delta_k + d_{\Omega(k)} + \Delta_{\Omega(k)} + d_{\Omega^2(k)} + \Delta_{\Omega^2(k)} \dots + d_{\Omega^S(k)} + \Delta_{\Omega^S(k)} = \\ &= l_k^0 + d_k + d_{\Omega(k)} + d_{\Omega^2(k)} + \dots + d_{\Omega^S(k)}, \end{aligned}$$

где $l_i^0, d_{\Omega^r(k)}$ вычисляются точно, а $\Delta_{\Omega^r(k)}$ (при $r = 1, 2, \dots, S$) – ошибки, принадлежащие множеству наблюдений $\Omega^r(k)$.

Наконец, предположим, что $\Omega^r(k) \subset \Omega^{r+1}(k)$ для $r = 1, 2, \dots, S-1$ и $k = 1, 2, \dots, n$. Примем также, что $\Omega^S(k)$ означает все множество наблюдений $\{l_1, l_2, \dots, l_n\}$.

Алгоритм вычислений

1. Вычисляем для усеченных наблюдений вида: $l_k^{\Omega^1(k)} = l_k^0 + \Delta_k + d_{\Omega^1(k)} + \Delta_{\Omega^1(k)}$. К обобщенных средних по множествам:

$$l_{cp}(\Omega_i^1) = \frac{\sum_{j \in \Omega_i^1} P_{\Delta_j} l_j^{\Omega_i^1}}{\sum_{j \in \Omega_i^1} P_{\Delta_j}} = \frac{\sum_{j \in \Omega_i^1} P_{\Delta_j} (l_j^0 + d_j)}{\sum_{j \in \Omega_i^1} P_{\Delta_j}} + d_{\Omega_i^1}; \text{ при } i = 1, 2, \dots, k.$$

Далее вычисляем:

$$P_{l_{cp}(\Omega_i^1)} = \frac{1}{\frac{1}{\sum_{j \in \Omega_i^1} P_{\Delta_j}} + \frac{1}{P_{\Omega_i^1}}}; \quad \frac{1}{P_{\Delta_i}} = \frac{D_{\Delta_i}}{D_0}; \quad \frac{1}{P_{\Omega_i^1}} = \frac{D_{\Delta_{\Omega_i^1}}}{D_0}.$$

2. Вычисляем на основании формулы (8):

$$l_{cp}(\Omega_i^2) = \frac{\sum_{\Omega_j^1 \in \Omega_i^2} P_{l_{cp}(\Omega_j^1)} l_{cp}(\Omega_j^1)}{\sum_{\Omega_j^1 \in \Omega_i^2} P_{l_{cp}(\Omega_j^1)}} + d_{\Omega_i^2}, \text{ при } i = 1, 2, \dots, k.$$

$$P_{l_{cp}(\Omega_i^r)} = \frac{1}{\frac{1}{\sum_{\Omega_j^{r-1} \in \Omega_i^r} P_{l_{cp}(\Omega_j^{r-1})}} + \frac{1}{P_{\Omega_i^r}}}, \text{ и так далее до последнего } S\text{-го шага.}$$

Приведем пример расчета для нивелирной сети вида (рисунок).

На участках с превышением d_i число станций равно $\frac{1}{P_i}$. Выпишем систему множеств:

$$\Omega_1^1 \{l_1, l_2, l_3\}; \Omega_2^1 \{l_4, l_5\}; \Omega_3^1 \{l_6, l_7\}; \Omega_4^1 \{l_8, l_9\};$$

$$\Omega_1^2 \{l_1, l_2, l_3, l_4, l_5\}; \Omega_2^2 \{l_6, l_7, l_8, l_9\}; \Omega_1^3 \{l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6, l_7, l_8, l_9\}.$$

Вычисляем $l_{cp}^{-\Omega_1}, l_{cp}^{-\Omega_2}, l_{cp}^{-\Omega_3}, l_{cp}^{-\Omega_4}$:

$$l_{cp}^{\Omega_1} = \frac{P_1(H_1 + d_1) + P_2(H_2 + d_2) + P_3(H_3 + d_3)}{P_1 + P_2 + P_3} + d_{10}; \quad P_{l_{cp}}^{\Omega_1} = \frac{1}{\frac{1}{P_1 + P_2 + P_3} + \frac{1}{P_{10}}};$$

$$l_{cp}^{\Omega_2} = \frac{P_4(H_4 + d_4) + P_5(H_5 + d_5)}{P_4 + P_5} + d_{11}; \quad P_{l_{cp}}^{\Omega_2} = \frac{1}{\frac{1}{P_4 + P_5} + \frac{1}{P_{11}}};$$

$$l_{cp}^{\Omega_3} = \frac{P_6(H_6 + d_6) + P_7(H_7 + d_7)}{P_6 + P_7} + d_{12}; \quad P_{l_{cp}}^{\Omega_3} = \frac{1}{\frac{1}{P_6 + P_7} + \frac{1}{P_{12}}};$$

$$l_{cp}^{\Omega_4} = \frac{P_8(H_8 + d_8) + P_9(H_9 + d_9)}{P_8 + P_9} + d_{13}; \quad P_{l_{cp}}^{\Omega_4} = \frac{1}{\frac{1}{P_8 + P_9} + \frac{1}{P_{13}}}.$$

На втором этапе вычисляем $l_{cp}^{\Omega_1^2}, l_{cp}^{\Omega_2^2}, P_{l_{cp}}^{\Omega_1^2}, P_{l_{cp}}^{\Omega_2^2}$:

$$l_{cp}^{\Omega_1^2} = \frac{P_{l_{cp}}^{\Omega_1}(l_{cp}^{\Omega_1}) + P_{l_{cp}}^{\Omega_2}(l_{cp}^{\Omega_2})}{P_{l_{cp}}^{\Omega_1} + P_{l_{cp}}^{\Omega_2}} + d_{14}; \quad P_{l_{cp}}^{\Omega_1^2} = \frac{1}{\frac{1}{P_{l_{cp}}^{\Omega_1} + P_{l_{cp}}^{\Omega_2}} + \frac{1}{P_{14}}};$$

$$l_{cp}^{\Omega_2^2} = \frac{P_{l_{cp}}^{\Omega_3}(l_{cp}^{\Omega_3}) + P_{l_{cp}}^{\Omega_4}(l_{cp}^{\Omega_4})}{P_{l_{cp}}^{\Omega_3} + P_{l_{cp}}^{\Omega_4}} + d_{15}; \quad P_{l_{cp}}^{\Omega_2^2} = \frac{1}{\frac{1}{P_{l_{cp}}^{\Omega_3} + P_{l_{cp}}^{\Omega_4}} + \frac{1}{P_{15}}}.$$

Наконец, на последнем, третьем этапе вычисляем:

$$l_{cp} = l_{cp}^{\Omega_1^2} = \frac{P_{l_{cp}}^{\Omega_1^2}(l_{cp}^{\Omega_1^2}) + P_{l_{cp}}^{\Omega_2^2}(l_{cp}^{\Omega_2^2})}{P_{l_{cp}}^{\Omega_1^2} + P_{l_{cp}}^{\Omega_2^2}} + d_{16}; \quad P_{l_{cp}} = \frac{1}{\frac{1}{P_{l_{cp}}^{\Omega_1^2} + P_{l_{cp}}^{\Omega_2^2}} + \frac{1}{P_{16}}}.$$

В завершение заметим, что в соответствии с работой [4]:

$$m_{l_{cp}}^2 = \frac{\mu^2}{P_{l_{cp}}},$$

где $\mu^2 = \frac{v^r Q_c^{-1} v}{n-1}$, поэтому:

$$m_{l_{cp}}^2 = \frac{\mu}{\sqrt{P_{l_{cp}}}} = \sqrt{\frac{\mu^2}{P_{l_{cp}}^{\Omega_1^2} + P_{l_{cp}}^{\Omega_2^2}} + \frac{\mu^2}{16}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{m_{l_{cp}}^2 \Omega_1^2} + \frac{1}{m_{l_{cp}}^2 \Omega_2^2}} + m^2(\Delta\Omega_1^3)}.$$

В заключение следует отметить, что получены новые формулы для расчета обобщенной средней коррелированных измерений, не требующие обращения ковариационной матрицы измерений. При этом для разветвленных сетей нивелирования разработан итерационный метод расчета обобщенной средней, также не требующий обращения ковариационной матрицы.

Список литературы / References

1. Волков В.И., Севергин С.М. Исследование влияний вертикальных движений земной коры на устойчивость энергетических объектов // Геодезия и картография. 1989. № 2. С. 23–26.
Volkov V.I., Severgin S.M. Investigation of the influence of vertical movements of the earth's crust on the stability of energy objects // Geodeziya i kartografiya. 1989. № 2. P. 23–26 (in Russian).
2. Волков В.И., Волкова Т.Н., Митягин С.Д. Новый подход к математической обработке результатов повторных геодезических наблюдений, используемых в архитектурно-строительной практике // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 6 (53). С. 216–221.
Volkov V.I., Volkova T.N., Mityagin S.D. A new approach to the mathematical processing of the results of repeated geodetic observations used in architectural and construction practice // Vestnik grazhdanskih inzhenerov. 2015. № 6 (53). P. 216–221 (in Russian).
3. Герасименко М.Д., Каморный В.М. Уравнивание повторных геодезических измерений при наличии систематических ошибок // Геодезия и картография. 2014. № 9. С. 6–8.
Gerasimenko M.D., Kamornyj V.M. Adjustment of repeated geodetic measurements in the presence of systematic errors // Geodeziya i kartografiya. 2014. № 9. P. 6–8 (in Russian).
4. Гордеев А.В. Об обобщенной средней результата измерений // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 1986. № 2. С. 30–35.
Gordeev A.V. About the generalized average measurement result // Izvestiya vuzov «Geodeziya i aerofotosiemka». 1986. № 2. P. 30–35 (in Russian).
5. Губбайдуллина Р.А. Модельное определение координат точек геодезических сетей на основе использования относительных значений их элементов: дис. ...канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2020. 171 с.
Gubbajdullina R.A. Model determination of coordinates of points of geodetic networks based on the use of relative values of their elements: dis. ...kand. tekhn. nauk. Sankt-Peterburg, 2020. 171 p.
6. Маркузе Ю.И., Лэ Ань Куонг, Чан Тиен Ранг. Исследование исходной матрицы обратных весов неизвестных при рекуррентном способе уравнивания измерений // Геодезия и картография. 2016. № 11. С. 7–10.
Markuze Y.I., Le An' Kuong, CHan Tien Rang. Investigation of the original matrix of inverse weights of unknowns with a recursive method of equalizing measurements // Geodeziya i kartografiya. 2016. № 11. P. 7–10 (in Russian).

УДК 624.13:624.15

К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ С УЛУЧШЕННЫМИ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫМИ, ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМИ И МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ КРИОГЕЛЕЙ

¹Дудникова С.А., ²Дудников В.Ю., ²Осадчая Г.Г.¹*Сосногорский газоперерабатывающий завод филиал ООО «Газпром переработка»,
Сосногорск, e-mail: kriogel@yandex.ru;*²*ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет»,
Ухта, e-mail: vdudnikov@ugtu.net, galgriosa@yandex.ru*

Проведен обзор опыта использования криотропных композиций. Обозначена необходимость разработки составов криогелей с регулируемыми свойствами и технологии укрепления грунтов и оснований сооружений с их применением в зависимости от состава грунтов и внешних условий. Основной объем содержания статьи посвящен выявлению в Арктической зоне России природных ситуаций, связанных с разрушением поверхности, уменьшением устойчивости грунтов оснований, диктующих необходимость разработки новых материалов и их внедрения в практику с целью расширения возможностей по освоению и использованию арктических пространств и ресурсов. Даются рекомендации по использованию криогеля на территории криолитозоны для широкого спектра изменчивости мерзлотных инженерно-геологических условий (для скрепления пылеватых грунтов, для восстановления растительного покрова и обеспечения устойчивости пологих склонов, подверженных солифлюкционным процессам прибрежных территорий, легко подвергаемых размыву водой и эоловым процессам на незадернованных участках; для стабилизации сильнольдистых грунтов повсеместно развитых на Севере участков с подземными пластовыми и полигонально-жильными льдами; по стабилизации криогелями сильноувлажненных талых пучинистых грунтов котловин спущенных озер; на участках развития эрозионных (термоэрозионных) процессов, на участках активизации термокарста вдоль трасс линейных сооружений). Приводится оценка перспектив использования криогелей, в том числе с твердодисперсными нерастворимыми наполнителями (с зольным остатком установок плазменной утилизации мусора, а также с марками технического углерода, выпускаемого Сосногорским газоперерабатывающим заводом). Формулируются задачи, стоящие перед исследователями, решение которых будет способствовать расширению перечня направлений применения технологии криоструктурирования почвы.

Ключевые слова: криогель, криоструктурирование почвы, криолитозона, технический углерод (сажа)

TO THE QUESTION OF CREATION OF SOIL BASES WITH IMPROVED WATERPROOFING, THERMAL INSULATING AND MECHANICAL PROPERTIES BY APPLICATION OF POLYMER CRYOGELS

¹Dudnikova S.A., ²Dudnikov V.Yu., ²Osadchaya G.G.¹*Sosnogorsk gas processing plant of LLC «Gazprom Pererabotka», Sosnogorsk, e-mail: kriogel@yandex.ru;*²*Ukhta State Technical University, Ukhta, e-mail: vdudnikov@ugtu.net, galgriosa@yandex.ru*

A review of the experience of using cryotropic compositions is carried out. The need to develop cryogel compositions with adjustable properties and technology for strengthening soils and foundations of structures with their use, depending on the composition of soils and external conditions, is indicated. The main volume of the article is devoted to identifying natural situations in the Arctic zone of Russia associated with surface destruction, a decrease in the stability of foundation soils, which dictate the need to develop new materials and put them into practice in order to expand opportunities for the development and use of Arctic spaces and resources. Recommendations are given on the use of cryogel in the permafrost zone for a wide range of variability of permafrost engineering and geological conditions (for bonding silty soils, for restoring vegetation cover and ensuring the stability of gentle slopes subject to solifluction processes in coastal areas, which are easily exposed to erosion by water and aeolian processes in non-sodded areas; for stabilization of highly icy soils of ubiquitous developed in the North areas with underground stratal and polygonal-wedge ice; for stabilization with cryogels of highly moistened thawed heaving soils of depressions of drained lakes; in areas of development of erosion (thermal erosion) processes, in areas of activation of thermokarst along the routes of linear structures). An assessment of the prospects for the use of cryogels, including those with solid-dispersed insoluble fillers (with the ash residue of plasma waste disposal plants, as well as with grades of carbon black produced by the Sosnogorsk gas processing plant) is given. The tasks facing researchers are formulated, the solution of which will contribute to the expansion of the list of areas of application of soil cryostructuring technology.

Keywords: cryogel, soil cryostructuring, cryolithozone, carbon black (soot)

В настоящее время отечественные исследователи сориентированы различными стратегиями развития страны на поиск инновационных решений, в том числе в области разработки новых составов ком-

позиционных материалов, которые будут способствовать созданию устойчивых оснований сооружений в районах криолитозоны. Укрепление (увеличением прочности оснований) участков с неравномерной осад-

кой и деформацией под воздействием нагрузок является актуальной проблемой [1; 2], а в силу того что применение криотропных композиций является перспективным направлением в закреплении подвижных грунтов, создание грунтовых оснований с улучшенными гидроизоляционными, теплоизоляционными и механическими свойствами применением полимерных криогелей является не менее актуальной задачей.

Целью исследования является выявление в Арктической зоне России природных ситуаций, связанных с разрушением поверхности, уменьшением устойчивости грунтов оснований и т.п., диктующих необходимость разработки новых материалов и их внедрения в практику с целью расширения возможностей по освоению и использованию арктических ресурсов и пространств, а также оценка перспектив использования криогеля различного состава и для различных мерзлотно-грунтовых условий.

*Опыт использования криогелей
и предложения по его расширению*

В настоящее время имеется опыт использования криотропных композиций, в том числе в нефтегазовом комплексе [3]. Однако этот опыт ограничен единичными случаями применения, причем и его нужно адаптировать для территорий перспективного освоения, в том числе криолитозоны. Так, например, в ПАО «Газпром» на Бованенково в 2016 г. был удачно проведен эксперимент по укреплению грунтов откосов и насыпей применением криогелей, кроме этого, известна технология укрепления устьев скважин на территориях распространения многолетнемерзлых грунтов; озвучиваются предложения по использованию криогелей в околотрубном пространстве линейных объектов, а также для нагнетания в грунт оснований сооружений с целью создания опорной системы [1].

Предложения по использованию криогелей на объектах трубопроводного транспорта, расположенных в криолитозоне, видятся вполне уместными. При ведении производственной деятельности на данных территориях необходимо учитывать все потенциально опасные геологические процессы. Так, в северной тайге преобладает заболачивание, которое зачастую образует водные скопления вдоль трасс трубопроводов, разрушая их обвалование, что может привести к всплыванию объекта и отслоению тепло- и гидроизоляции. На этой территории встречаются бугры пучения, особенно

в торфяниках. Зимой насыщенный влагой грунт замерзает и увеличивается в объеме, а затем приподнимается в виде бугра, что приводит к деформации линейного объекта. Термокарст является типичным процессом для лесотундры, сопутствующим процессом здесь становится термоэрозия, приводящая к оголению трубопровода, эрозии, осадке свайных оснований и элементов транспортной системы. В тундре высокие деревья и кустарники встречаются только в речных долинах, снежный покров незначителен, и поэтому на повышенных поверхностях возникает широкое проявление процессов морозобойного растрескивания, а на низких уровнях появляются полигональные образования с ледяными жилами (пятна-медальоны, каменные полигоны). В связи с этим в летний период времени развивается термоэрозия, которая формирует овражную сеть на участках примыкания к долинам рек и ручьев. При оттаивании жил развиваются обводненные термокарстовые канавы вдоль трубопровода. Это способствует боковой речной эрозии и озерной эрозии. Как следствие, происходит разрушение обвалования, изменение напряженно-деформированного состояния и деформация объекта.

Сегодня для выявления общих зональных и региональных предпосылок использования криогелей в криолитозоне часто имеется достаточная информационная база:

- система ландшафтной дифференциации региона;
- репрезентативные урочища для каждой геоэкологической подзоны;
- основные геолого-геоэкологические характеристики приповерхностных отложений этих урочищ;
- морфологические характеристики региональных ландшафтов для каждой геоэкологической подзоны.

На основе этой базы знаний специалистами для широкого спектра изменчивости мерзлотных инженерно-геологических условий даются рекомендации по использованию криогеля на территории криолитозоны, в том числе и представленные в таблице и далее.

Информация о морфологической структуре ландшафтов региона позволяет оценить, в какой степени в том или ином ландшафте определенной природной зоны/подзоны возможно применение криогелей. Для удобства предлагается использовать индекс, обозначающий потенциал применения криогелей (ППК). ППК равен частному от деления площади той части ландшафта,

на которой целесообразно применять криогели для решения конкретных проблем, возникающих при освоении криолитозоны ($S_{кр}$), на общую площадь этого ландшафта ($S_{ланд}$):

$$ППК = \frac{S_{кр}}{S_{ланд}} \cdot 100, \%$$

Рассмотрим в общем виде природные ситуации, предполагающие использование криогелей.

Проблема стабилизации грунтовых оснований объектов, повышения их несущей способности, а также в целом улучшение инженерной защиты производственных объектов в области развития ММП, с территориальной точки зрения напрямую увязана с площадями, занятыми ММП.

Для криолитозоны характерен широкий набор экзогенных процессов, развитие которых может привести к деструкции как технических сооружений, так и (локально) природных экосистем.

Рекомендации по использованию криогеля на территории криолитозоны для широкого спектра изменчивости мерзлотных инженерно-геологических условий [4]

№ п/п	Характер приповерхностных грунтов участков развития многолетнемерзлых пород (ММП)	Географическая приуроченность экзогенного процесса
1	Характерные для прибрежных территорий Севера пылеватые пески	
2	Сильнольдистые грунты участков с подземными полигонально-жильными и пластовыми льдами	
3	Талые сильноувлажненные пучинистые грунты котловин хасыреев	

Окончание таблицы		
№ п/п	Характер приповерхностных грунтов участков развития многолетнемерзлых пород (ММП)	Географическая приуроченность экзогенного процесса
4	Участки развития термоэрозионных процессов при подземной прокладке объектов трубопроводного транспорта	

Эрозионные процессы в наибольшем масштабе развиваются в песчаных грунтах и отмечены главным образом на участках переходов линейных сооружений (главным образом трубопроводов) через водотоки. При подземной или наземной прокладке трубопроводов эрозия может развиваться также в дисперсных грунтах на склоновых участках водоразделов. Такая проблема характерна для южной криолитозоны.

К участкам развития с поверхности песков относятся и другие процессы. Наиболее значимая среди них – *дефляция*, которая развивается в природных условиях, но активизируется также и в результате техногенного нарушения поверхности. Она характерна для плоских участков урочищ, сложенных с поверхности песками, и для прибрежных частей террас.

Развитие *термокарстовых процессов* приурочено преимущественно к северной криолитозоне и характерно для участков, сложенных с поверхности торфом, то есть к высокольдистым грунтам. Максимальная степень потенциального развития термокарста характерна для полигональных торфяников, где развиты полигонально-жильные льды.

Необходимо отметить, что использование криогелей для стабилизации поверхностей с развитием термокарста еще требует своего изучения.

Потенциал развития *солифлюкции* часто, например в Большеземельской тундре, не очень высок. Солифлюкционные процессы фиксируются в основном в тундре на участках пологих склонов, сложенных с поверхности тиксотропными суглинками. Следует отметить, что ППК для солифлюкции сильно отличается от реальных пло-

щадей её развития. Однако, учитывая положительный климатический тренд, можно ожидать увеличение глубины сезонно-талого слоя, что спровоцирует более широкое проявление солифлюкционных процессов. Техногенное воздействие, ведущее к нарушению целостности мохово-растительного покрова, тоже может стать толчком к развитию этого процесса.

Возможности стабилизации *процессов пучения* с применением криогелей еще недостаточно изучены. В любом случае многолетнее пучение в разной степени развивается в торфяных грунтах в центральной и южной частях криолитозоны. Площади многолетнего пучения приурочены, главным образом, к некоторым урочищам болот и выпуклобугристым торфяникам, в основном характерны для южной криолитозоны. В северной криолитозоне, кроме выпуклобугристых торфяников, пучение наблюдается в пределах хасыреев.

Проблемы оптимизации *фильтрационных свойств грунтов природно-технических систем, а также формирования теплоизоляционного экрана* возникают практически повсеместно. Они актуальны в любых типах ММП (теплоизоляционный экран) при размещении объектов наземно или подземно, а также когда криогели позволяют создать дополнительный барьер безопасности как в талых, так и в ММП, например при обустройстве различных природоохранительных сооружений.

При организации и проведении *рекультивационных мероприятий* применение криогелей целесообразно при развитии с поверхности пылеватых грунтов (чаще суглинков) или песков. Криоструктурирование почвы может помочь адаптации

растений к климатическим условиям криолитозоны, удерживая влагу в засушливый период и защищая их от вымерзания в зимний [5]. Таким образом, из-за широкого развития пылеватых суглинков и песков практически для всех тундровых урочищ северной криолитозоны можно использовать криогели при проведении рекультивационных работ. В южной криолитозоне это целесообразно применять к участкам, сложенным с поверхности песками.

Оценка ландшафтно-территориального потенциала использования криогелей на примере территории Большеземельской тундры

Авторами статьи произведена оценка ландшафтно-территориального потенциала использования криогелей в Большеземельской тундре, результаты которой будут освещены в следующих публикациях, однако, предваряя их, отметим, что в зависимости от зональной принадлежности участка освоения диапазон применения криогелей и площадь возможного их использования – ППК – неодинаковы, а также, что для этой территории потенциал применения криогелей очень высок, причем с юга на север увеличиваются площади, применимость на которых криотропного гелеобразования видится более чем целесообразной. В ландшафтном отношении ППК для стабилизации, а также повышения несущей способности грунтовых оснований объектов имеет нечеткую тенденцию увеличения с понижением абсолютных отметок поверхности ландшафтов. Подобная тенденция выявлена для вариантов использования криогелей для предотвращения развития ряда экзогенных процессов (эрозия, пучение в южной криолитозоне, термокарст – за исключением тундры), для оптимизации фильтрационных свойств грунтов природно-технических систем (за исключением тундровой зоны), а для крайне северной тайги – и для формирования теплоизоляционного экрана, для рекультивации нарушенных участков в крайне северной тайге. Обратная тенденция выявлена для таких криогенных процессов, как солифлюкция, для рекультивации нарушенных участков в лесотундре и тундре.

Можно уверенно заявлять о широких перспективах применения криогелей в районах распространения ММП как для целей предотвращения и остановки деградации почв, рекультивации земель северных территорий, стабилизации и повышения несущей способности грунтовых оснований

объектов, так и для использования в качестве противофильтрационного, теплоизоляционного элемента природно-технических систем. Возможность использования композиционных материалов на основе криогеля как дополнительного барьера безопасности при обустройстве различных природоохранительных сооружений, предназначенных для сбора, обезвреживания и захоронения нефтесодержащих и прочих отходов, является не менее значимым направлением использования нового материала.

К вопросу о создании составов криотропных полимерных композиций с новыми регулируемыми свойствами, открывающих новые перспективы использования криогелей

Известно, что в настоящее время для решения проблемы отходов, особенно для отдаленных и труднодоступных районов, в которых невелика вероятность организации полноценных мусоросортировочных комплексов, активно внедряется термострукция как способ утилизации мусора. По этой теме не утихают споры экологов и операторов по обращению с твердыми коммунальными отходами, однако когда речь идет об использовании отечественного метода плазменной утилизации мусора, специалистами экологами поддерживается внедрение установок, в которых нет горения, а мусор подвергается газификации ионизованным газом температурой в несколько тысяч градусов. При такой температуре в зоне реактора не образуется вредный газ (нет горения и кислорода, поэтому нет условий для образования диоксинов, фуранов и пр.), отходы превращаются в золу, которую авторам видится перспективным использовать в качестве нерастворимого наполнителя самоупрочняющегося полимерного криогеля. Отметим, что свою заинтересованность в исследовании с зольным остатком уже обозначили представители региональных операторов по обращению с твердыми коммунальными отходами.

Кроме этого, обращает на себя внимание исследование СО РАН по использованию в качестве наполнителя криогеля мелкодисперсного технического углерода (марок П 145, 161, 245, 514 и N339). Криогели созданного ими состава обладали «улучшенными эксплуатационными характеристиками, а именно, повышенной прочностью и гидрофобностью, которые, в свою очередь, зависят от морфологии технического углерода и функционального покро-

ва его поверхности» [5]. Вывод о том, что сильное влияние на прочностные характеристики углеродных суспензий оказывают морфологические параметры технического углерода, позволяет рассчитывать, что продолжение исследований с некоторыми уникальными марками техуглерода, выпускаемыми Сосногорским газоперерабатывающим заводом, могут дать достаточно интересный результат, а беспрецедентно высокий рН водной вытяжки, например, печной сажи также «сыграет» свою роль в экспериментах. Эксперименты, объединяющие интересы уникального заводского производства по поиску новых направлений использования, сбыта своей продукции и исследователей, еще только предстоят, однако использованием технического углерода в качестве нерастворимого наполнителя криогеля уже получен материал нового состава и функциональных свойств.

Придание криогелям гидрофобности свидетельствует о перспективности применения его в качестве гидроизолирующего материала. С учетом противифильтрационных свойств видится уместным его использование в качестве дополнительного барьера безопасности, например при обустройстве сооружений для сбора, обезвреживания и захоронения отходов. Для строительства противифильтрационных элементов гидротехнических сооружений и решения актуальнейшей проблемы современности в области мелиорации – большие потери воды из каналов и водоемов, 90% из которых происходят вследствие фильтрации из оросительной сети – однозначно могут быть рекомендованы композиционные криогели, содержащие технический углерод. Актуальность рекомендации подтверждается анализом «свежих» изданий по проблематике, который ожидаемо не выявил предложений по использованию криотропных композиций в качестве противифильтрационного мероприятия [6]. Видится, что как минимум в качестве дополнения к малонадежным (порывы и пр. нарушения целостности) пленочным противифильтрационным устройствам использование нового материала будет более чем уместно.

Выводы

1. Проведен обзор опыта использования криотропных композиций; отмечено, что опыт ограничен единичными случаями применения, причем и его нужно адаптировать для территорий перспективного освоения, в том числе криолитозоны.

2. Даются рекомендации по использованию криогеля на территории криолитозоны для широкого спектра изменчивости мерзлотных инженерно-геологических условий.

3. Обозначена необходимость разработки составов криотропных полимерных композиций с регулируемыми гидрофобными свойствами и технологии укрепления грунтов и оснований сооружений с применением криогелей в зависимости от состава грунтов и внешних условий.

4. Предлагается развить исследования томских коллег с твердодисперсными нерастворимыми наполнителями криогеля опытами с зольным остатком установок плазменной утилизации мусора, а также с уникальными марками печного техуглерода, выпускаемого Сосногорским ГПЗ.

Список литературы / References

1. Бурков П.В., Дудников В.Ю., Кочуров Б.И., Осадчая Г.Г. К вопросу о направлениях использования композиционных материалов на основе криогеля и методики криоструктурирования почвы в Арктической зоне России // Проблемы региональной экологии. 2020. № 1. С. 34–40.
2. Burkov P.V., Dudnikov V.Yu., Kochurov B.I., Osadchaya G.G. On the question of the directions of using composite materials based on cryogel and methods of cryostructuring soil in the Arctic zone of Russia // Problemy regional'noy ekologii. 2020. № 1. P. 34–40 (in Russian).
3. Минкин М.А. Техногенные геокриологические процессы на трассах магистральных трубопроводов // Природные опасности России. Геокриологические опасности. М.: Изд-во фирма «Крук», 2000. С. 158–163.
4. Minkin M.A. Technogenic geocryological processes on the routes of main pipelines // Prirodnyye opasnosti Rossii. Geokriologicheskiye opasnosti. M.: Izd-vo firma «Kruk», 2000. P. 158–163 (in Russian).
5. Манжай В.Н., Фуфаева М.С. Свойства криогелей и их применение в технологиях добычи и транспорта нефти // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2011. № 6. С. 104–109.
6. Manzhai V.N., Fufaeva M.S. Properties of cryogels and their application in technologies for oil production and transportation // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Neft' i gaz. 2011. № 6. P. 104–109 (in Russian).
7. Алтунина Л.К., Бурков П.В., Бурков В.П., Дудников В.Ю., Овсянникова В.С., Осадчая Г.Г., Фуфаева М.С. Применение криогелей для решения задач рационального природопользования и эксплуатации объектов магистральных трубопроводов в условиях Арктики России // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2020. Т. 10. № 2. С. 173–185.
8. Altunina L.K., Burkov P.V., Burkov V.P., Dudnikov V.Yu., Ovsyannikova V.S., Osadchaya G.G., Fufaeva M.S. Application of cryogels for solving problems of rational nature management and operation of trunk pipeline facilities in the Arctic of Russia // Nauka i tekhnologii truboprovodnogo transporta nefiti i nefteproduktov. 2020. Vol. 10. № 2. P. 173–185 (in Russian).
9. Алтунина Л.К., Сваровская Л.И., Фуфаева М.С., Филатов Д.А., Овсянникова В.С. Криогели для защиты почв от дефляции и создание зеленого покрова // Северный регион: наука, образование, культура. 2015. Т. 2. № 2 (32). С. 216–221.
10. Altunina L.K., Svarovskaya L.I., Fufaeva M.S., Filatov D.A., Ovsyannikova V.S. Cryogels for soil protection from deflation and the creation of a green cover // Severnyy region: nauka, obrazovaniye, kul'tura. 2015. Vol. 2. № 2 (32). P. 216–221 (in Russian).
11. Косиченко Ю.М., Баев О.А. Противифильтрационные покрытия из геосинтетических материалов: монография. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. 239 с.
12. Kosichenko Yu.M., Baev O.A. Anti-filtration coatings from geosynthetic materials: monografiya. Novocheerkassk: RosNIIPM, 2014. 239 p. (in Russian).

УДК 911.3(571.53)

ОБЪЕКТЫ ПРИТЯЖЕНИЯ ТУРИСТОВ В СЛЮДЯНСКОМ РАЙОНЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Евстропьева О.В., Попов П.Л., Черенев А.А., Сараев В.Г.

ФГБУН «Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН», Иркутск, e-mail: plp@irigs.irk.ru

В статье рассматриваются факторы, делающие Слюдянский район Иркутской области привлекательным местом для туристов, и объекты, находящиеся на территории этого района, особенно важные в данном отношении. К числу указанных факторов отнесены: положение на берегу Байкала, относительная транспортная доступность, развитость инфраструктуры, как собственно рекреационной, так и создающей предпосылки для организованной рекреации, территориальная близость Китая как крупнейшего туристского рынка; соседство с Иркутским районом и близость поселка Листвянка – одного из наиболее посещаемых туристами в Иркутской области; сопредельное положение по отношению к районам Республики Бурятия (Тункинский, Прибайкальский), имеющим свои привлекательные для туристов объекты, которые могут посещаться в рамках одного тура с объектами Слюдянского района. Природные условия Слюдянского района разнообразны, в нем находятся объекты различного типа: зоологические, ботанические, спелеологические, гидрологические, палеонтологические, геоморфологические, ландшафтные, геологические, что благоприятствует развитию различных видов познавательного туризма. На территории района имеются объекты, с которыми связан спорт (альпинизм, лыжи) и спортивный туризм. Особую роль в притяжении туристов играют ландшафтно-архитектурный комплекс Кругобайкальской железной дороги и горнолыжный курорт «Гора Соболиная», обеспечивающие круглогодичный приток туристов в Слюдянский район. Природные и историко-культурные достопримечательности Слюдянского района являются брендами Иркутской области, что делает их особенно значимыми. Часть разведанных рекреационных ресурсов района не освоены и не вовлечены в систему экологического туризма Иркутской области. Объекты притяжения туристов требуют обустройства территории с учетом природных и законодательно-правовых ограничений.

Ключевые слова: объекты притяжения туристов, Слюдянский район, Байкал, Кругобайкальская железная дорога, гора Соболиная, бренды Иркутской области

OBJECTS OF ATTRACTION OF TOURISTS IN THE SLYUDYANSKY DISTRICT OF THE IRKUTSK REGION

Evstropieva O.V., Popov P.L., Cherenov A.A., Saraev V.G.

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: plp@irigs.irk.ru

The article examines the factors that make the Slyudyansky district of the Irkutsk region an attractive place for tourists, and the objects located on the territory of this district, which are especially important in this regard. These factors include: the position on the shore of Lake Baikal, relative transport accessibility, the development of infrastructure, both recreational and creating the preconditions for organized recreation, the territorial proximity of China as the largest tourist market; proximity to the Irkutsk region and the proximity of Listvyanka village – one of the most visited by tourists in the Irkutsk region; adjacent position in relation to the regions of the Republic of Buryatia (Tunkinsky, Pribaikalsky), which have their own attractive objects for tourists, which can be visited within the same tour with the objects of the Slyudyansky region. The natural conditions of the Slyudyansky district are diverse, it contains objects of various types – zoological, botanical, speleological, hydrological, paleontological, geomorphological, landscape, geological, which favors the development of various types of educational tourism. On the territory of the region there are objects with which sports (mountaineering, skiing) and sports tourism are associated. A special role in attracting tourists is played by the landscape and architectural complex of the Circum-Baikal Railway and the Sobolinaya Mountain ski resort, which provide a year-round influx of tourists to the Slyudyansky District. Natural, historical and cultural attractions of the Slyudyansky region are brands of the Irkutsk region, which makes them especially significant. Most of the explored recreational resources of the region are not developed and are not involved in the system of ecological tourism in the Irkutsk region. Objects of attraction for tourists require the arrangement of the territory, taking into account natural and legal restrictions.

Keywords: Objects of attraction for tourists, Slyudyansky district, Baikal, Circum-Baikal railway, Mount Sobolinaya, brands of the Irkutsk region

Туризм – очень сложное, поликомпонентное и разноплановое явление, интегрирующее в себе интересы различных сфер и отраслей теории и практики. Одной из важнейших среди них является география как наука, комплексно рассматривающая природные и антропогенные ресурсы в целях их туристско-рекреационного освоения. Рекреационно-географическая характеристика территории включает об-

зор ведущих природно-экологических и социально-экономических факторов территориальной организации туристско-рекреационной деятельности, в том числе социально-экономические, законодательно-правовые и институциональные, природно-ландшафтные, климатические, земельные, инфраструктурные и др. [1]. Для Иркутской области, и особенно для прибайкальских районов, туризм является сферой жизнеде-

тельности местного населения. Системообразующим рекреационным ресурсом Байкальского региона является оз. Байкал.

Слюдянский административный район расположен на юго-востоке Иркутской области, выходит к южной акватории оз. Байкал (образован 23.07.1930 г., в современных границах с 1966 г.). Граничит с Иркутским, Шелеховским, Усольским районами Иркутской области и Тункинским, Закаменским, Кабанским районами Республики Бурятия. Общая площадь территории 6301,11 км², включая 31,4% водного фонда (26-е место в Иркутской области) [2].

Район связан с историей освоения Байкальской Сибири. Интерес для туристов представляют пос. Култук и г. Слюдянка, а также 80-километровый участок старой Кругобайкальской железной дороги (пос. Култук – порт Байкал), известный как природно-архитектурный памятник строительства Транссибирской железной дороги. В последнее десятилетие туристическое развитие получил город Байкальск, где на склонах хребта Хамар-Дабан функционирует горнолыжный курорт «Гора Соболиная».

Слюдянский район является одним из традиционных мест отдыха населения Иркутской области. Район характеризуется выгодным экономико-географическим положением: круглогодичное транспортное сообщение (железнодорожное и автомобильное) с городами Иркутской области и Иркутским международным аэропортом. Пос. Култук является транзитным пунктом при движении туристов в Тункинскую долину (Республика Бурятия) и к российско-монгольской границе.

В среднем за год район принимает порядка 370 тыс. туристов, что в 9,5 раз больше, чем численность местного населения. Наиболее популярными объектами посещения являются горнолыжный курорт «Гора Соболиная» (126-128 тыс. чел.), ландшафтно-архитектурный комплекс «Кругобайкальская железная дорога» (70-87 тыс. чел.), хребет Хамар-Дабан (около 15 тыс. чел.). Событийные мероприятия привлекают 15,6 тыс. чел., пляжный отдых – 42 тыс. чел. [3]. В г. Байкальске, в недавнем прошлом известном бумажно-целлюлозным комбинатом (закрыт в 2013 г.), создана особая экономическая зона туристско-рекреационного типа «Ворота Байкала».

Основные рекреационные свойства Слюдянского района обусловлены его положением на берегу оз. Байкал, сложной ландшафтной структурой, в значительной мере

сохранившей свой первозданный облик. Территория района расположена на стыке хребта Хамар-Дабан, Олхинского плоскогорья и отрогов Восточного Саяна [4; 5]. Многообразие геолого-морфологических объектов велико. Природные и исторические особенности Слюдянского района благоприятствуют развитию различных видов рекреации: спортивного, спортивно-промышленного, познавательного туризма и т.д.

Цель исследования – рассмотреть объекты (природные, культурно-исторические) Слюдянского района Иркутской области (в границах Центральной экологической зоны Байкальской природной территории), представляющие наибольший интерес для развития туризма, отметить их многообразие и ценность, в некоторых случаях – недостаточное использование в данном отношении; обосновать положение о большой перспективности туристической деятельности в этом районе.

Практическая значимость

Байкал приобрел статус туристской дестинации мирового уровня, что подтверждают резко возросшие потоки как отечественных, так и иностранных туристов. В 2016 г. турпоток в Иркутскую область достиг полутора миллиона человек, и непосредственно Слюдянский район посетило 300–400 тыс. туристов. Данное обстоятельство требует актуализации информации об имеющихся ресурсах в соответствии с современными требованиями. Байкал активно позиционируется как территория для развития экологического туризма, что требует особых акцентов при оценке туристско-рекреационных ресурсов (тех, на которых основан экологический туризм). Экономическая переориентация Слюдянского района с промышленной на туристическую специализацию, связанная в т.ч. с закрытием Байкальского целлюлозно-бумажного комбината, требует расширения спектра туристских услуг и ресурсов и нового учета и анализа этих ресурсов. В настоящее время в районе применяются новые кластерные и программно-целевые подходы для организации туризма и отдыха. На национальном уровне тренды развития туризма связаны с усилением развития внутреннего туризма. Эти тренды связаны со стремлением государства перенаправить финансовые потоки, связанные с туризмом, внутрь страны и с ограничениями во внешнем туризме, вызванными пандемией. Многоуровневый анализ развития туристско-рекреационной

деятельности позволяет выявить практическую значимость работы.

Объект исследования

В качестве модельной территории исследования выбран Слюдянский муниципальный район Иркутской области, расположенный на юго-западном побережье озера Байкал. Важность проведения рекреационно-географических исследований в Слюдянском муниципальном районе определяется высокой востребованностью территории среди отечественных и иностранных туристов, потребностью в реализации высокого ресурсного, инфраструктурного и интеллектуального потенциала, который унаследован районом от его недавнего индустриального прошлого.

Слюдянский район – один из наиболее посещаемых туристами в Иркутской области. К основным факторам, формирующим туристский облик Слюдянского района, относятся следующие:

1. Положение на берегу Байкала – уникального озера, вызывающего интерес во всем мире.

2. Относительная транспортная доступность – через Слюдянский район проходит Транссибирская железная дорога и федеральная автомобильная дорога общего пользования федерального значения Р-258 «Байкал» Иркутск – Улан-Удэ – Чита. Здесь начинается автомобильная дорога федерального значения Култук – Монды А333 (Тункинский тракт), ведущая к российско-монгольской границе.

3. Территориальная близость крупных административных центров (областной центр г. Иркутск, города Иркутской агломерации, столица Республики Бурятия г. Улан-Удэ), население которых имеет спрос на рекреационные услуги.

4. Территориальная близость Китая как крупнейшего туристского рынка.

5. Близость к трансграничному российско-монгольскому коридору (пограничный переход Монды – Ханх), являющемуся системообразующим для маршрута «Великие озера Азии Байкал и Хубсугул».

6. Сопредельное положение по отношению к районам Республики Бурятия (Тункинский, Прибайкальский), имеющим свои привлекательные для туристов объекты, которые могут посещаться в рамках одного тура с объектами Слюдянского района.

7. Соседство с Иркутским районом и близость поселка Листвянка – одним из наиболее посещаемых туристами в Иркутской области.

8. Относительная развитость инфраструктуры, как собственно рекреационной, так и создающей предпосылки для организованной рекреации.

Новизна исследования заключается в систематизации современных, соответствующих состоянию на 2020 г., сведений, относящихся к объектам притяжения туристов в Слюдянском районе и факторам, делающим туристическую сферу особо важной для данной территории.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено с использованием сравнительно-географического, исторического, статистического, картографического, а также других традиционных географических методов и подходов. Для анализа туристских потоков к объектам притяжения (показа) использовались статистические материалы, предоставленные администрацией Слюдянского района, и данные проведенных социологических опросов на ключевых туристических объектах.

Результаты исследования и их обсуждение

На территории Слюдянского административного района располагаются особо охраняемые территории различного статуса и видов. В том числе район является частью территории с международным статусом – участок Всемирного природного наследия ЮНЕСКО, здесь располагается ключевая орнитологическая территория. Среди особых территорий федерального значения – государственный национальный парк «Прибайкальский» и, конечно, ландшафтно-архитектурный комплекс «Кругобайкальская железная дорога» [6]. На территории Слюдянского района находится часть имеющего региональный статус государственного заказника «Иркутный».

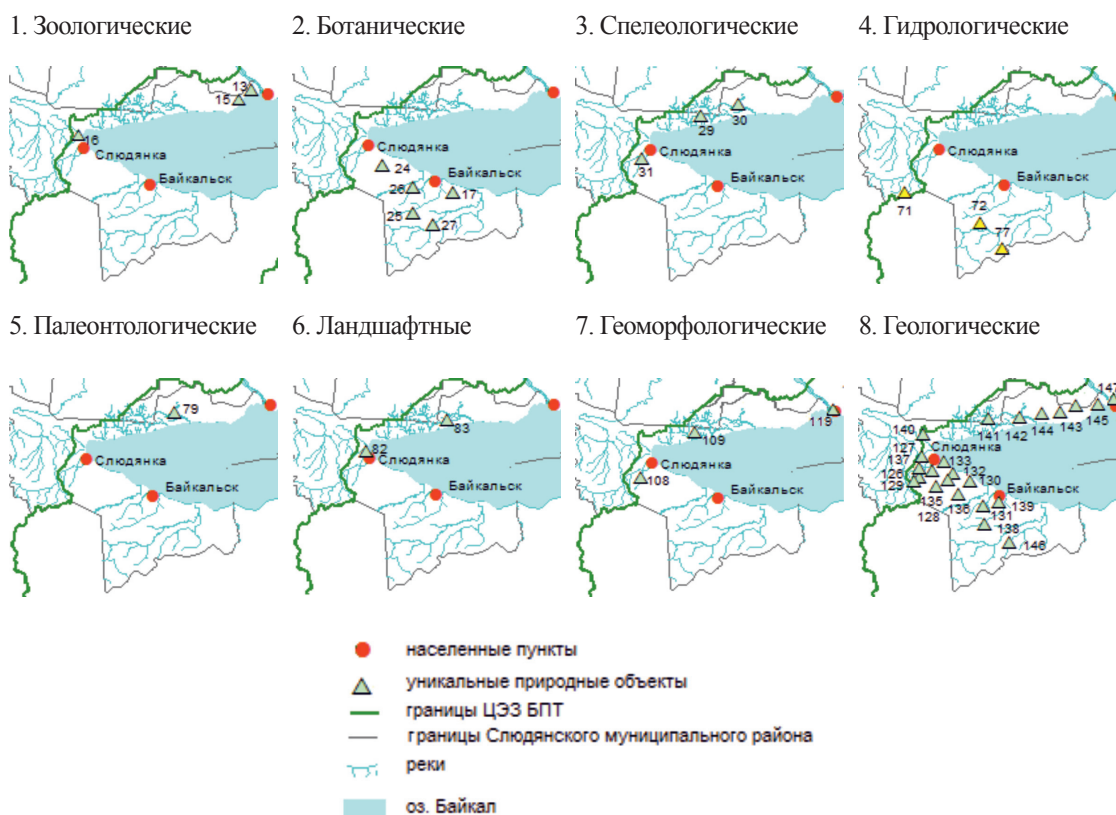
Любая деятельность на территории связана с отношением людей к земле, к ее различным участкам, видам природопользования, владению, аренде, охране от негативных последствий, восстановлению потенциала, т.е. ко всему, что так или иначе воспринимается в системе отношений собственности на землю. Зачастую один и тот же земельный участок попадает под действие нескольких правовых режимов: конкретной категории земель, территориальной зоны и зоны с особыми условиями использования территорий [7; 8], вызывая сложности в определении его приоритетного правового режима.

Главным туристским ресурсом прибайкальских территорий является само озеро – самое древнее, самое глубоководное. Интерес туристов вызывают уникальные памятники природы, множество археологических объектов, животный и растительный мир, самобытная культура проживающих на побережье народов. Имеющаяся сеть особо охраняемых природных территорий постепенно превращается в основной организационный ресурс экологического туризма в ЦЭЗ БПТ. Экологический туризм, являющийся приоритетным направлением туристско-рекреационного развития в ЦЭЗ БПТ, претендует на роль одного из инструментов охраны природы и социально-экономического развития на байкальском побережье. В связи с этим необходимо сформулировать некоторые положения, касающиеся представлений о ресурсах экологического туризма.

Объекты туристского показа, как и рекреационные ресурсы в целом, принято дифференцировать по их происхождению: природные, исторические, культурные и т.д. Кроме этого, в фантастическом изо-

билии разведанных природных и историко-культурных объектов, представляющих интерес для туристов, можно выделить: 1 – наиболее известные, ставшие брендом (визитной карточкой территории), 2 – наиболее посещаемые (активно используемые), 3 – представляющие интерес, но в настоящее время наименее используемые для туристского показа.

Агентство по туризму Иркутской области в качестве брендов региональной туристской системы представляет следующие объекты, в том числе расположенные на территории Слюдянского района: озеро Байкал – самое глубокое пресноводное озеро в мире; байкальская нерпа – живой символ Байкала; байкальский омуль – одно из главных богатств Байкала, уникальный деликатес; Кругобайкальская железная дорога (КБЖД) – ландшафтно-архитектурный комплекс являющийся памятником архитектуры федерального значения. Символом Байкала был и остается Шаман-Камень – выступающая из-под воды горная вершина в истоке р. Ангара, с которой связана самая известная легенда о Байкале и Ангаре.



Уникальные объекты природы в ЦЭЗ БПТ Слюдянского района Иркутской области (см. табл. 1)

Таблица 1

Уникальные объекты природы в ЦЭЗ БПТ Слюдянского района Иркутской области

Тип объектов показа	Название объекта	Код на рисунке
1. Зоологические	Исток Ангары	13
	Южнобайкальский миграционный (сезонные перелеты) коридор соколообразных	15,16
2. Ботанические	Пихтовые леса с участием реликтов неморальной растительности	24
	Кедровые леса с участием реликтов неморальной растительности	25
	Темнохвойные леса с участием сибирской голубой ели	26
	Пихтовые леса с дикрановым (моховым) напочвенным покровом	27
3. Спелеологические	Пещера местности Шарыжалгай	29
	Пещера на мысу Половинном	30
	Пещера в устье р. Слюдянка	31
4. Гидрологические	Водопады на р. Подкомарная	71
	Водопад на р. Серебрянка	72
	Озеро Соболиха	77
5. Палеонтологические	Половинкинский разрез	79
6. Ландшафтные	Шаманский мыс	82
	Кругобайкальская железная дорога	83
7. Геоморфологические	Скала Чапаевка	108
	Мыс Бакланий	109
	Шаман-камень	119
8. Геологические	Слюдянский опорный разрез	126
	Карьер рудника № 3 (Веринский рудник, или Семивалка)	127
	Карьер рудника № 2 (рудник Дальний, или Производственная гора)	128
	Карьер Перевал	129
	Карьер Буровщина	130
	Мангутайское месторождение	131
	Выемка 117 км тракта Иркутск – Улан-Удэ	132
	Шаманский мыс	133
	Копь Пилипенко	134
	Копь Якунина	135
	Копь Вернадского	136
	Копь Кабера	137
	Безымянское Проявление	138
	Ручей Голанский	139
	Чертова гора	140
	Перидотиты Крутой губы	141
	Мыс Бакланий	142
	112-120 км Кругобайкальской ж/д	143
	Белая Выемка	144
	Падь Шумиха	145
	«Мраморные ванны» на р. Бабха	146
	Мраморы порта Байкал	147

В Слюдянском районе сформирован перечень наиболее популярных объектов показа [9; 10]. На его основе, с дополнениями тех объектов, которые потенциально могут быть использованы для создания турпродуктов или информационных блоков для экскурсионных программ (при надлежащей подготовке), разработан вариант кадастра туристских объектов. Многие из них занимают свое место в утвержденных перечнях памятни-

ков природы. Данный кадастр со временем должен уточняться и пополняться. Вошедшие в него объекты подлежат картографированию – создание на основе информации о ресурсах туризма тематических карт является одним из компонентов формирования имиджа территории. В табл. 1 и на рисунке представлены уникальные объекты природы, расположенные на юго-западном берегу оз. Байкал в границах Слюдянского района.

Таблица 2

Перечень планируемых ООПТ в Слюдянском районе

№	Название планируемой ООПТ	Площадь, тыс. га	Примечание
Природные парки			
1	Пик Черского	1,84	Популярный туристический пеший маршрут, развивается скайранинг. Водопады, озера, высокие вершины гор. Колонии восточного воронка. Произрастает сибирская голубая ель
2	Утулик-Бабха	Не установлена	Кластерный (2 кластера)
3	Теплые озера	6,24	Развитие экологического туризма
4	Верхнебыстринский	53,65	
Памятники природы			
Геологические			
5	Буртуйское месторождение	Не установлена	
6	Проявление Гондитовое	Не установлена	Редчайшие метаморфические марганецсодержащие породы
7	Террасы р. Тибельти	Не установлена	Комплекс низких террас верхнего эоплейстоцена. В почве – орудия, керамика неолита
8	Ручей Ильича	Не установлена	Палеосток р. Иркут
9	Пещера в пади Улунтуй	Не установлена	
Ботанические			
10	Места произрастания голубых елей	Не установлена	Произрастает сибирская голубая ель
11	Горные тундры с филлодоце голубой	Не установлена	Произрастание филлодоце голубой (растение семейства вересковых), образующей изолированный остров ареала, основная часть которого находится в Европе и на Дальнем Востоке

К особой категории объектов, составляющих туристско-рекреационный потенциал Слюдянского муниципального района, относятся объекты историко-культурного наследия, большая часть которых пока не разведана в качестве рекреационных ресурсов (исключая инженерные сооружения КБЖД и некоторые другие) и, следовательно, не подготовлена к туристскому использованию. В данном случае туристское использование нельзя трактовать узко и связывать лишь с прямым соприкосновением посетителей с культурными ценностями. В табл. 2 представлены объекты планируемых особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Создание данных ООПТ позволит регламентировать туристическое посещение и занятия отдыхающих.

Выводы

Уникальные и привлекательные природные и историко-культурные объекты Слюдянского муниципального района требуют

тщательной подготовки для туристского показа, включающей обустройство территории с учетом природных и законодательно-правовых ограничений, а также предварительные эколого-экономические оценки.

Часть разведанных рекреационных ресурсов района нельзя считать освоенными и вовлеченными в систему экологического туризма Иркутской области.

В районе располагаются природные и историко-культурные достопримечательности, с которыми связаны сложившиеся представления о регионе – визитные карточки (бренды) региональной системы туризма. Такие объекты требуют особенно бережного отношения, поскольку от их сохранения зависит туристская и инвестиционная привлекательность региона в целом.

Исследование выполнено в рамках научного проекта АААА-А19-119122490007-4 «Общественно-географические факторы безопасности регионов Сибири с позиций устойчивого развития» и при финансовой поддержке РФФИ и правительства Ир-

кутской области в рамках научного проекта № 20-45-380012 p_a.

Список литературы

1. Афанасьев О.Е., Корытный Л.М., Евстропьева О.В. Байкал – голубое око планеты: географические аспекты развития туризма в Прибайкалье // Современные проблемы сервиса и туризма. 2018. Т. 12. № 3. С. 5–6.
1. Afanasyev O.E., Korytny L.M., Evstrop'yeva O.V. Baikal is the blue eye of the planet: geographical aspects of tourism development in the Baikal region // Sovremennye problemy servisa i turizma. 2018. Vol. 12. No. 3. P. 5–6 (in Russian).
2. Официальный сайт Слюдянского района [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sludyanka.ru> (дата обращения: 25.02.2021).
2. Official site of the Slyudyansky region. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sludyanka.ru> (дата обращения: 25.02.2021) (in Russian).
3. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области. [Электронный ресурс]. URL: <http://irkutskstat.gks.ru> (дата обращения: 25.02.2021).
3. Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Irkutsk Region. [Electronic resource]. URL: <http://irkutskstat.gks.ru> (дата обращения: 25.02.2021) (in Russian).
4. Суворов Е.Г., Антипов А.Н., Семенов Ю.М. и др. Экологически ориентированное планирование землепользования в байкальском регионе. Слюдянский район. Иркутск.: Издательство ИГ СО РАН, 2002. 141 с.
4. Suvorov E.G., Antipov A.N., Semenov Yu.M. et al. Environmentally oriented land use planning in the Baikal region. Slyudyansky district. Irkutsk: Izdatelstvo IG SO RAN, 2002. 141 p. (in Russian).
5. Предбайкалье и Забайкалье. М.: Наука, 1965. 492 с.
5. Prebaikalia and Transbaikalia. M.: Nauka, 1965. 492 p. (in Russian).
6. Евстропьева О.В. Эколого-географические основы территориальной организации рекреационной деятельности (на примере инженерно-архитектурного комплекса Кругобайкальской железной дороги): дис. ... канд. географ. наук. Иркутск, 2002. 210 с.
6. Evstrop'yeva O.V. Ecological and geographical foundations of the territorial organization of recreational activities (on the example of the engineering and architectural complex of the Circum-Baikal Railway): dis. ... cand. geograph. nauk. Irkutsk, 2002. 210 p. (in Russian).
7. Борисов А.А. Значение зонирования территорий при определении правового режима земель: автореф. дис. ... канд. юрид. наук. Москва, 2014. 204 с.
7. Borisov A.A. The value of the zoning of territories in determining the legal regime of land: author. dis. ... cand. yurid. nauk. Moskva, 2014. 204 p. (in Russian).
8. Лесных С.И. Правовое экологическое зонирование как инструмент устойчивого развития туризма на уникальных природных территориях // Современные проблемы сервиса и туризма. 2018. Т. 12. № 3. С. 22–30.
8. Lesnykh S.I. Legal ecological zoning as a tool for sustainable tourism development in unique natural areas // Sovremennye problemy servisa i turizma. 2018. Vol. 12. No. 3. P. 22–30 (in Russian).
9. Унифицированный туристский паспорт Иркутской области. Иркутск: Агентство по туризму Иркутской области, 2017. 220 с.
9. Unified tourist passport of the Irkutsk region. Irkutsk: Tourism Agency of the Irkutsk region, 2017. 220 p. (in Russian).
10. Перечень объектов культурного наследия (памятников истории, архитектуры) местного, регионального и федерального значения Иркутской области. Служба по охране объектов культурного наследия Иркутской области. [Электронный ресурс]. URL: <https://irkobl.ru/sites/oknio/nerecen/> (дата обращения: 25.02.2021).
10. List of cultural heritage sites (historical monuments, architecture) of local, regional and federal significance of the Irkutsk region / Service for the protection of cultural heritage sites of the Irkutsk region. [Electronic resource]. URL: <https://irkobl.ru/sites/oknio/nerecen/> (дата обращения: 25.02.2021) (in Russian).

УДК 528.482.4:528.541

ИССЛЕДОВАНИЕ ШТРИХ-КODOVЫХ РЕЕК ПРИ ВЫСОКОТОЧНОМ НИВЕЛИРОВАНИИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Куликовский Д.Р., Фунг Чунг Тхань

ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»,
Москва, e-mail: jordi1111@mail.ru

Для решения специальных инженерно-технических задач при высокоточном нивелировании применяется система – «Цифровой нивелир – штрих-кодовая рейка». Вместе с тем монтаж уникального оборудования в труднодоступных местах (подвалы, паттерны в ГЭС, условия с низкими потолками, узкими коридорами), высокоточный геодезический мониторинг за деформацией зданий и сооружений в местах уплотненной застройки, строительство различных уникальных объектов – все это краткий перечень специальных инженерно-технических задач, где применение нивелирных комплектов со стандартными штрих-кодовыми рейками затруднительно либо вообще невозможно. В статье описаны исследования нивелирного комплекта «Нивелир Dini-03 и штрих-кодовая рейка». Проведены три исследования приборного нивелирного комплекта: 1) влияние горизонтального поворота штрих-кодовой рейки; 2) влияние вертикального угла наклона штрих-кодовой рейки; 3) диапазон охватываемой части штрих-кодовой рейки в поле зрительной трубы прибора. Одной из основных характеристик нивелира является средняя квадратическая ошибка на 1 км двойного хода (характеристика указывается в техническом паспорте прибора). При этом стоит отметить, что в инженерно-техническом нивелировании одним из важнейших показателей является средняя квадратическая ошибка на станции. Таким образом, по величине ошибки на станции можно оценить пригодность нивелира к выполнению работ требуемой точности. Перечисленные исследования направлены на изучение влияния нестандартного положения штрих-кодовой рейки на среднюю квадратическую ошибку на станции, а также условия возможности выполнения измерений при использовании нивелирного комплекта «Нивелир Dini-03 и штрих-кодовая рейка».

Ключевые слова: цифровой нивелир – штрих-кодовая рейка, средняя квадратическая ошибка на станции

EXAMINATION OF BARCODE RAILS FOR HIGH-PRECISION LEVELING FOR SPECIAL ENGINEERING TASKS

Kulikovsky D.R., Phung Trung Thanh

State University of Land Management, Moscow, e-mail: jordi1111@mail.ru

To solve special engineering and technical problems in high-precision leveling, a system is used – «Digital level – barcode rail». At the same time, the installation of unique equipment in hard-to-reach places (basements, patterns in hydroelectric power plants, conditions with low ceilings, narrow corridors), high-precision geodetic monitoring of the deformation of buildings and structures in places of dense development, construction of various unique objects – all this is a short list of special engineering technical tasks where the use of leveling kits with standard barcode rails is difficult, or even impossible. The article describes the research of the leveling kit «Dini-03 level and barcode rail». Three studies of the instrument leveling set have been carried out: 1) the influence of horizontal rotation of the barcode rail; 2) the influence of the vertical angle of inclination of the barcode rail; 3) the range of the covered part of the barcode rod in the field of the telescope of the device. One of the main characteristics of the level is the root mean square error per 1 km of double stroke (the characteristic is indicated in the technical passport of the device). It should be noted that in engineering and technical leveling, one of the most important indicators is the root-mean-square error at the station. Thus, by the magnitude of the error at the station, it is possible to assess the suitability of the level to perform work of the required accuracy. The above studies are aimed at studying the influence of the non-standard position of the barcode rail on the average quadratic error at the station, as well as the conditions for the possibility of performing measurements when using the leveling kit «Level Dini-03 and barcode rail».

Keywords: digital level – bar code rail, root mean square error at the station

В настоящее время имеется достаточное количество метрологических исследований системы (цифровой нивелир – штрих-кодовая рейка):

1. Влияние оседания штатива.
2. Определение зависимости СКО измерения превышения от длины плеч.
3. Исследование влияния освещенности на отсчеты по рейке.
4. Влияние вибрации на результаты нивелирования.

5. Влияние перепадов температуры окружающей среды на главное условие цифрового нивелира и др.

Существуют комплекты высокоточных цифровых нивелиров, которые укомплектованы нивелиром и инварными рейками (1; 1,7; 3 м). Данные комплекты пригодны для выполнения измерений при создании государственной высотной сети и проведении геодезического мониторинга в стандартных условиях [1].

Цель исследования:

1. Влияние горизонтального и вертикального отклонения штрих-кодовой рейки на точность отсчета.

2. Влияние диапазона видимости штрих-кодовой рейки в поле зрения трубы, цифрового нивелира Trimble Dini 0.3.

Материалы и методы исследования

В целях достижения указанной цели было проведено три опыта с использованием приборного нивелирного комплекта «Нивелир Trimble Dini 0.3 и штрих-кодвая рейка».

Опыт № 1. Исследование влияния горизонтального поворота штрих-кодвой рейки на точность взятия отсчета.

В инженерно-техническом нивелировании наиболее важным показателем является средняя квадратическая ошибка на станции [2]. В данном исследовании требовалось определить СКО на станции для различных углов поворота рейки, на различных расстояниях.

Прибор был установлен на бетонном жёстком основании, исключающем оседание штатива, так как перемещения штатива во время выполнения измерений проявляются в виде выпирания или оседания в зависимости от типа грунта [3].

Нивелир и штатив первоначально опускаются на минимально возможную высоту с таким расчётом, чтобы можно было измерить превышение, используя нижние части реек. После приведения нивелира в рабочее положение по рейке производится по 15–20 отсчётов, на основании которых вычисляется величина «ошибки взгляда», а также превышение для данного горизонта инструмента [4].

Рейка устанавливается на дюбель, имеющий сферическую форму. Дюбеля забиты в бетон. Рейка крепится к специальному удерживающему кронштейну.

Порядок исследования на станции.

1. Разбит базис в виде створа с шагом 5 м (рис. 1, а).

2. Рядом с дюбелями створа отмечены углы поворота 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 градусов (рис. 1, б).

3. Устанавливаем нивелир над точкой А, на дюбель точки 1. Плоскость рейки устанавливается перпендикулярно визирной линии ($i = 0^\circ$) (линии створа).

4. При $i = 0$ берем одиночный отсчет h .

5. Рейка с дюбеля снимается.

6. Нивелир наводится на заново установленную рейку при $i = 0^\circ$.

7. Берем одиночный отсчет h .

8. Ориентировка прибора сбивается, рейка с башмака снимается.

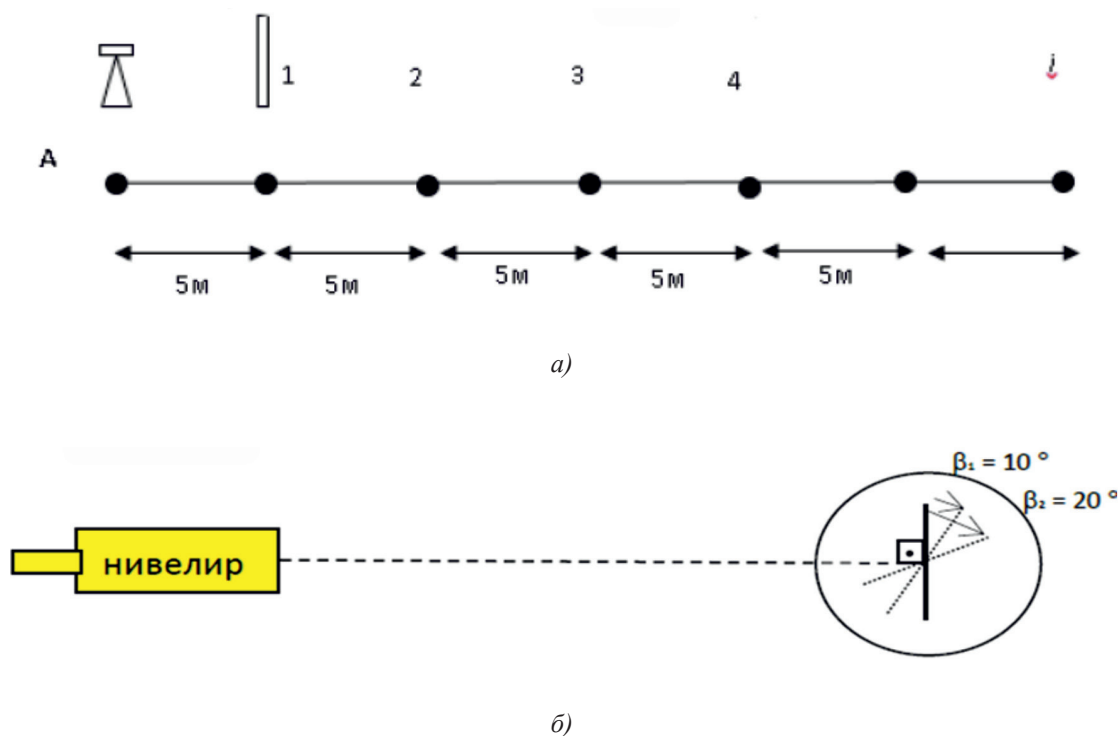


Рис. 1. а) базис-створ; б) схема расположения нивелира и кодвой рейки

9. Нивелир наводится на заново установленную рейку при $i = 0^\circ$.

10. Отсчеты h' , h'' , h''' записать в таблицу и найти из них среднее h_{cp}^0 .

11. Выполняем действия пунктов 4–11 при $i = 10^\circ$.

12. Выполняются действия пунктов 4–11 при $i = 20^\circ$.

13. Действия, аналогичные п. 12–13, выполняются до отказа прибора «взять отсчет».

14. Рейка переставляется на следующую точку (точка 2).

15. Выполняются действия, аналогичные п. 3–14, для каждой последующей точки.

В данном исследовании проведены исследования на 7 станциях, максимальное расстояние от нивелира до рейки составило 40 метров.

Изначально было получено h_{cp}^0 при линии визирования $i = 0^\circ$.

Далее вычислялись абсолютные погрешности при каждом измерении, но уже с отличным от нуля углом линии визирования.

$$\Delta_1 = h^\Delta - h_{cp}^0$$

$$\Delta_2 = h^\Delta - h_{cp}^0$$

$$\Delta_3 = h^\Delta - h_{cp}^0$$

Далее по формуле (1) вычислялась средняя квадратическая ошибка на станции при различном повороте рейки к линии визирования.

$$mh = \frac{\sqrt{\Delta^2}}{n} \quad (1)$$

Результаты исследований нивелира Dini-03 и штрих-кодовой рейки по данной методике для расстояния 5 м приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты исследований нивелира Dini-03 и штрих-кодовой рейки

Угол i – азимут разворота рейки (в град.)	h' h'' h''' (м)	h_{cp}^0 (при $i = 0^\circ$) _(м)	$\Delta_1 = h' - h_{cp}^0$ $\Delta_2 = h'' - h_{cp}^0$ $\Delta_3 = h''' - h_{cp}^0$ мм	Δ^2	$mh = \frac{\sqrt{\Delta^2}}{n}$
1	2	3	4	5	6
0	h' 1,43098 h'' 1,43090 h''' 1,43097	1,43095			
10	h' 1,43098 h'' 1,43096 h''' 1,43095	Δ_1 Δ_2 Δ_3	0,03 0,01 0,00	0,001 0,000 0,000	0,02
20	h' 1,43097 h'' 1,43095 h''' 1,43098	Δ_1 Δ_2 Δ_3	0,02 0,00 0,03	0,000 0,000 0,001	0,02
30	h' 1,43097 h'' 1,43097 h''' 1,43096	Δ_1 Δ_2 Δ_3	0,02 0,02 0,01	0,000 0,000 0,000	0,02
40	h' 1,43096 h'' 1,43096 h''' 1,43095	Δ_1 Δ_2 Δ_3	0,01 0,01 0,00	0,000 0,000 0,000	0,01
50	h' 1,43099 h'' 1,43096 h''' 1,43093	Δ_1 Δ_2 Δ_3	0,04 0,01 -0,02	0,002 0,000 0,000	0,03
60	h' 1,43094 h'' 1,43095 h''' 1,43094	Δ_1 Δ_2 Δ_3	-0,01 0,00 -0,01	0,000 0,000 0,000	0,01
70	h' 1,43098 h'' 1,43096 h''' 1,43096	Δ_1 Δ_2 Δ_3	0,03 0,01 0,01	0,001 0,000 0,000	0,02
80	h' 1,43094 h'' 1,43095 h''' 1,43094	Δ_1 Δ_2 Δ_3	-0,01 0,00 -0,01	0,000 0,000 0,000	0,01

Также хотелось сказать, что при каждом новом перемещении рейки проверялось изменение угла i нивелира.

В табл. 2 и на рис. 2 показаны конечные результаты СКО на станции при расстояниях 5–40 м.

Результаты исследования и их обсуждение

1. СКО измерения нивелиром Dini-03 не превышает 0,07 мм (рис. 2).

2. Угол поворота рейки влияет на СКО на станции. Максимальные значения ошибки были получены на расстояниях 30 и 40 метров до рейки.

3. Значения СКО на станции соответствуют по точности программам нивелирования I и II классов точности по ГОСТ 24846–81 [5].

1.2 Исследование влияния вертикального угла наклона штрих-кодовой рейки на точность взятия отсчета.

В данном исследовании предлагается рассмотреть влияние вертикального поворота штрих-кодовой рейки на точность взятия отсчета. Определить, при каком угле наклона рейки измерение на рейку становится невозможным, а также определить, как меняется значение отсчета на станции при различных углах наклона рейки и расстояние до рейки.

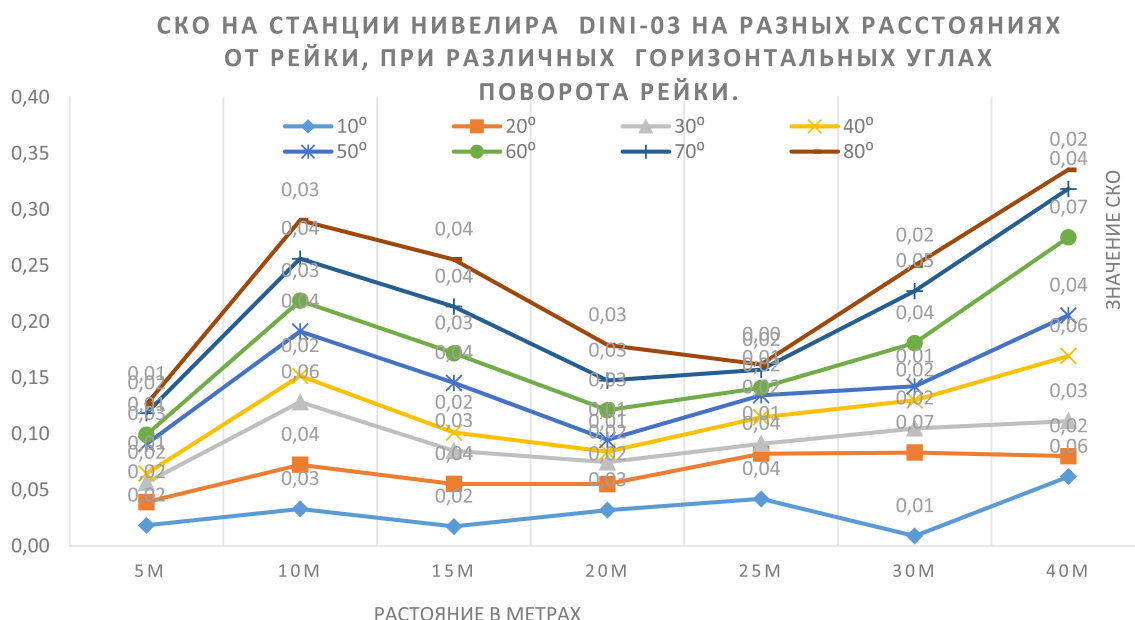


Рис. 2. График СКО на станции

Таблица 2

Конечные результаты СКО на станции при расстояниях 5–40 м

Угол i -азим. рейки (гр.)	Расстояние до рейки						
	5 м	10 м	15 м	20 м	25 м	30 м	40 м
10°	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04	0,01	0,06
20°	0,02	0,04	0,04	0,02	0,04	0,07	0,02
30°	0,02	0,06	0,03	0,02	0,01	0,02	0,03
40°	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,06
50°	0,03	0,04	0,04	0,01	0,02	0,01	0,04
60°	0,01	0,03	0,03	0,03	0,01	0,04	0,07
70°	0,02	0,04	0,04	0,03	0,02	0,05	0,04
80°	0,01	0,03	0,04	0,03	0,00	0,02	0,02

Исследования проводились на ровной поверхности, покрытой бетоном. Перед началом измерений цифровой нивелир Dini-03 был вынесен из теплого помещения на улицу и установлен на штативе. Спустя 10–15 минут цифровой нивелир принимал температуру окружающего воздуха, после чего начинались производиться измерения [6]. Для установки рейки и выверки ее в вертикальное и нужное эксперименту положение, при выполнении измерений применяли отвес и угломерный строительный электронный транспортир, а также специальные подпорки.

Дан детальный порядок исследования на станции.

1. Разбит базис-створ с шагом (1.5 м – 20 м) (рис. 3, а).

2. Устанавливаем нивелир над точкой А, на дюбель точки 1, рейка устанавливается перпендикулярно визирной линии ($i = 0^\circ$).

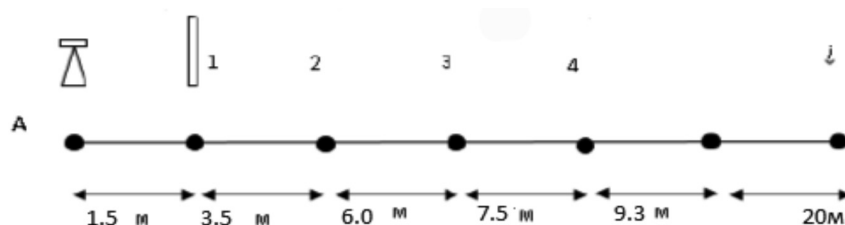
3. При $i = 0$ визируются на центр рейки и берут одиночный отсчет h и D .

4. Далее постепенно наклоняем рейку на 1 градус (рис. 3. б) в сторону наблюдателя, берем отсчет.

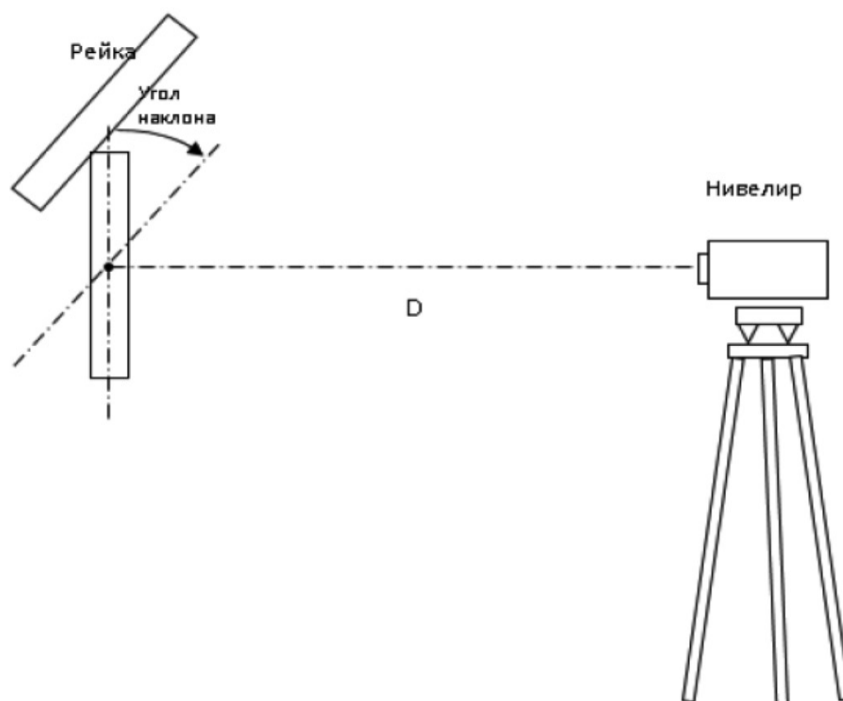
5. При каждом взятии отсчета фиксируется превышение и расстояние до штрих-кодовой рейки.

6. Действия, аналогичные п. 2–5, выполняются до отказа прибора «взять отсчет».

7. Выполняем действия пунктов 2–6 для расстояний (нивелир – штрих-кодвая рейка) 3.5–20 м. Действия также выполняются до отказа прибора «взять отсчет».



а)



б)

Рис. 3 а) базис-створ; б) схема наблюдения

В данном исследовании выполнены наблюдения на рейку на 10 станциях, на расстоянии до 20 м.

На каждом пункте брались три измерения и вычислялось среднее значение как превышений, так и расстояний. Результаты измерений при расстоянии 1.5 м представлены в табл. 3. Значение отсчета в таблице в мм.

На рис. 4 и 5 показаны результаты исследования при различных углах наклона штрих-кодовой рейки, а также зависимость изменения расстояний от наклона рейки.

Увеличение вертикального угла наклона рейки более существенно сказывается на отсчетах при близком положении рейки.

При угле наклона более 10 градусов и расстоянии более 6 метров от нивелира до рейки отсчеты не берутся, это, видимо, связано с тем, что штриховой код, записанный в память прибора, сравнивается с формируемым с помощью ПЗС-приемника сигналом. В данном случае сигнал из ПЗС-приемника очень искажен. Оптимизируются два параметра, а именно, высота и масштаб. Изменяется масштаб изображения штрихов кода как функция расстояния прибор-рейка.

Нивелир Dini-03 брал отсчет при угле наклона рейки в 21 градус и среднем расстоянии 9.3 метра.

Таблица 3

Результаты измерений при расстоянии 1.5 м

Угол наклона, град.	Отсчёт, мм		Отсчёт (средн.), мм	Расстояние D, мм
1	2		3	4
0	63	746	746	1492
		746		1492
		747		1492
1	63	739	739	1491
		740		1491
		738		1491
2	63	729	729	1490
		731		
		728		
3	63	720	715	1489
		715		
		710		
4	63	697	697	1487
		697		
		697		
5	63	685	685	1485
		685		
		685		
6	63	673	674	1483
		674		
		674		
7	63	661	661	1480
		661		
		661		
8	63	643	644	1477
		642		
		646		
9	63	631	623	1473
		619		
		620		
10	63	605	601	1468
		600		
		599		
11	63	588	592	1464
		593		
		595		

Окончание табл. 3				
1	2		3	4
12	63	579	572	1458
		566		
		572		
13	63	559	561	1453
		560		
		563		
14	63	548	545	1447
		545		
		543		
15	63	527	530	1441
		527		
		536		
16	63	508	504	1433
		501		
		504		
17	63	491	494	1427
		500		
		490		
18	63	480	486	1419
		489		
		489		
19	63	477	474	1411
		476		
		469		
20	63	454	448	1402
		446		
		445		
21	63	412	408	1393
		411		
		400		

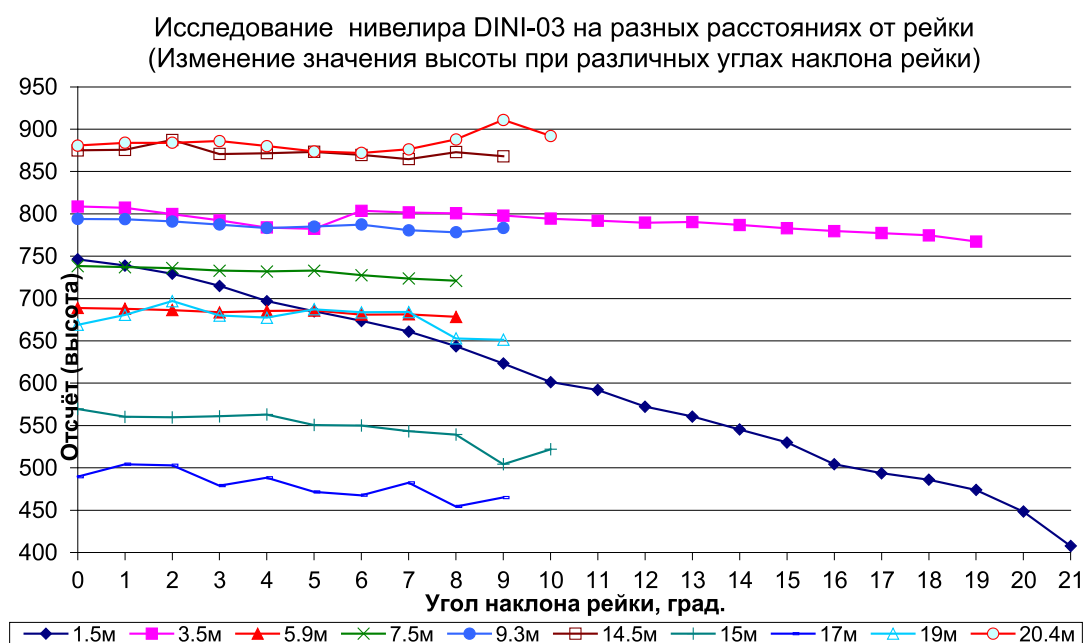


Рис. 4. Учет значений последних трех цифр в отсчете в мм

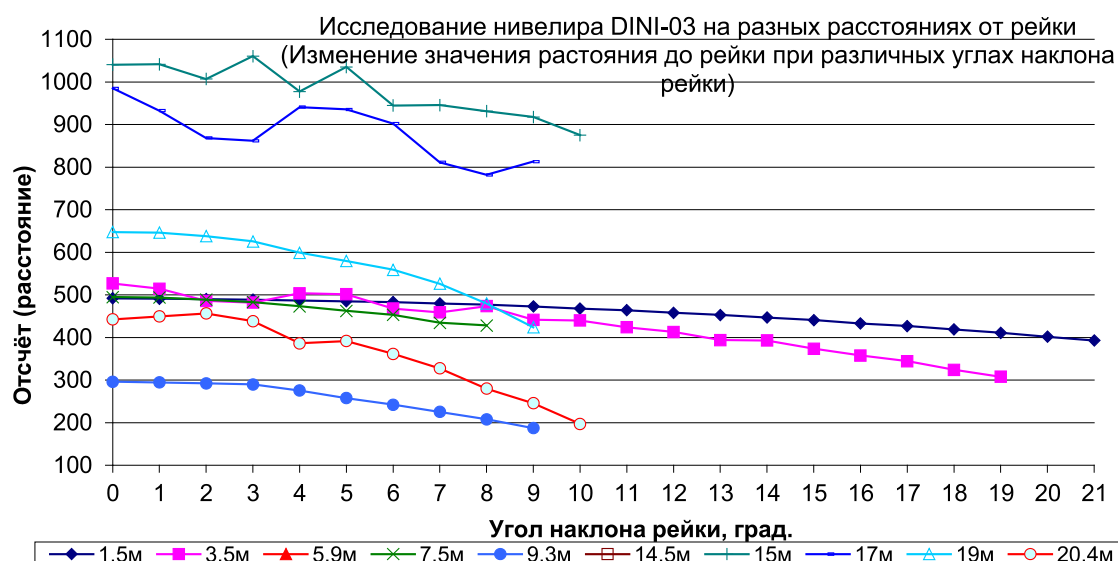


Рис. 5. Учет значений последних трех цифр в отсчете после запятой

Исследование диапазона видимости рейки в зависимости от расстояния до рейки, цифрового нивелира Dini-03

В данном исследовании предлагается исследовать диапазон использования рейки при взятии отсчета. Определить, какой диапазон рейки неприемлем для взятия отсчета. В руководстве пользователя [7] рекомендуется длина видимого участка 30 см. Данное исследование поможет нам при дальнейшем исследовании деформационных кодовых марок, а именно, выбор подходящей длины данной марки. Исследования проводились на ровной поверхности. Рейка устанавливалась на металлические дюбеля со сферической головкой, вбитые в бетонный пол на различном расстоянии от нивелира.

Разбит базис с шагом 1 м, куда устанавливалась рейка. На рейке брался минимальный диапазон видимости (рейка закрывалась двумя листами формата А4).

1. Мы разбили базис-створ с шагом 1 м на примере рис. 1.

2. Установлен нивелир над точкой А, на дюбель точка 1. Рейка устанавливается перпендикулярно визирной линии ($i = 0^\circ$).

3. При $i = 0$ визируем на центр рейки, закрываем плоскость рейки двумя листами, постепенно уменьшаем расстояние между ними до момента, когда прибор не может взять отсчет.

4. Далее выполняем те же действия, передвигая рейку дальше от нивелира.

Результаты исследования показаны в табл. 4.

Таблица 4

Результаты исследования

Расстояние в м	Диапазон видимости рейки в см
1	-
2	12
3	12
4	14
5	18
6	22
7	22
8	22
9	22
10	22
11	24
12	24
13	24
14	24
15	24
16	24
17	24
18	24
19	24
20	24
21	24
22	24
23	24
24	24
25	24

Выводы

По результатам исследования можно сделать вывод, что минимально видимый диапазон штрих-кодовой рейки цифрового нивелира Dini-03 равен 12 см.

Однако наиболее предпочтительным является диапазон не менее 24 см.

Также были проведены исследования по части выбора наиболее благоприятного участка штрих-кодовой рейки, однако разницы именно в части уменьшения видимости диапазона замечено не было.

Список литературы / References

1. Куликовский Д.Р., Баранов В.Н. Исследование высокоточного нивелирования для специальных инженерно-технических задач // Актуальные проблемы картографо-геодезического обеспечения землеустройства, кадастров и охраны земель: сборник трудов Международной научно-практической конференции. М.: ГУЗ, 2020. С. 100–106.
2. Kulikovskiy D.R., Baranov V.N. Research of high-precision leveling for special engineering and technical problems // Aktual'nyye problemy kartografo-geodezicheskogo obespecheniya zemleustroystva, kadaastrov i okhrany zemel': sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. M.: GUZ, 2020. P. 100–106 (in Russian).
3. Колесников Г.В., Киселев М.В. Некоторые аспекты измерения превышений методом анализа штрих-кода // Геопрофи. 2008. № 1. С. 16–20.
4. Kolesnikov G.V., Kiselev M.V. Some aspects of measuring elevations by barcode analysis // Geoprofi. 2008. № 1. P. 16–20 (in Russian).
5. Уставич Г.А. Некоторые вопросы технологии выполнения высокоточного нивелирования цифровыми нивелирами // Интерэкспо Гео-Сибирь: сборник статей по материалам международного научного конгресса. Новосибирск. 2014. № 1. С. 17–23.
6. Ustavich G.A. Some questions of the technology for performing high-precision leveling with digital levels // Interekspo Geo-Sibir': sbornik statey po materialam mezhdunarodnogo nauchnogo kongressa. Novosibirsk. 2014. № 1. P. 17–23 (in Russian).
7. Уставич Г.А., Рябова Н.М., Сальников В.Г., Теплых А.Н. Исследование штрих-кодовых реек цифровых нивелиров // Вестник сибирской государственной геодезической академии. 2010. № 2 (13). С. 3–8.
8. Ustavich G.A., Ryabova N.M., Salnikov V.G., Teplykh A.N. Study of barcode rails of digital levels // Vestnik sibirskoy gosudarstvennoy geodezicheskoy akademii. 2010. № 2 (13). P. 3–8 (in Russian).
9. ГОСТ 24846-81 «Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений». Госстандарт. 1981. 30 с.
10. Рябова Н.М., Чешева И.Н., Лифашина Г.В. Исследование величины изменения угла i цифрового нивелира в зависимости от изменения температуры // Вестник сибирской государственной геодезической академии. 2013. № 4 (24). С. 19–24.
11. Ryabova N.M., Chesheva I.N., Lifashina G.V. Investigation of the magnitude of the change in the angle i of the digital level depending on the temperature change // Vestnik sibirskoy gosudarstvennoy geodezicheskoy akademii. 2013. № 4 (24). P. 19–24 (in Russian).
12. Руководство пользователя Trimble DiNi, версия 01.00, артикул 57345002. Trimble Navigation Limited. 2006. С. 41–42.

УДК 550.422

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ВОДОРАСТВОРИМЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В ПОЧВОГРУНТАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**¹Лукашов С.В., ¹Надточей Е.П., ²Иванченкова О.А.**¹ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского»,
Брянск, e-mail: sergelukashov@yandex.ru;²ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет»,
Брянск, e-mail: oa-iva79@mail.ru

В данной работе проанализированы подходы к классификации и описанию химического состава нефтепродуктов и водорастворимых минеральных загрязнителей почвогрунтов. Обосновано выделение основных источников загрязнения почвогрунтов нефтепродуктами, бенз-а-пиреном и водорастворимыми минеральными солями. Выполнена сравнительная оценка методов определения суммарного содержания нефтепродуктов, определения остаточных количеств бенз-а-пирена и водорастворимых неорганических загрязнителей почвогрунтов урбанизированных территорий. Предложены критерии выбора оптимальных физико-химических методов количественного определения нефтепродуктов и минеральных загрязнителей в почвогрунтах. Усовершенствована методика количественного определения суммарного содержания нефтепродуктов в почвогрунтах. Показано, что предлагаемая нами методика отвечает требованиям экспрессности и позволяет определять суммарное содержание нефтепродуктов в различных типах почвогрунтов урбанизированных территорий. Достоверность предложенной методики доказана методами математической статистики. Определены остаточные количества нефтепродуктов, бенз-а-пирена, хлоридов, фосфатов и сульфатов в почвогрунтах, отобранных в четырех различных зонах урбанизированных территорий. Остаточные количества бенз-а-пирена определены методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Пробы для определения остаточных количеств бенз-а-пирена подготавливали по оригинальной методике: очищали на смеси окиси алюминия и сульфата натрия, элюирование проводили гексано-хлористометиленовой смесью. На конкретных примерах рассмотрено определение массовой концентрации ионов хлорида, сульфата и фосфата в пробах почвогрунтов (водорастворимая форма) методом ионной хроматографии. Результаты исследований были проанализированы в соответствии с нормируемыми показателями допустимого содержания в почвогрунтах по каждому виду загрязнителей. Показано, что полученные данные могут быть положены в основу экологического мониторинга почвогрунтов урбанизированных территорий с целью прогнозной оценки перспектив их использования.

Ключевые слова: нефтепродукты, почвогрунт, урбанизированная территория, бенз-а-пирен, минеральные загрязнители, нормируемые показатели, экологический мониторинг

DETERMINATION OF RESIDUAL AMOUNTS OF PETROLEUM PRODUCTS AND WATER-SOLUBLE MINERAL POLLUTANTS IN THE SOILS OF URBANIZED TERRITORIES**¹Lukashov S.V., ¹Nadtochey E.P., ²Ivanchenkova O.A.**¹Bryansk State University named after acad. I.G. Petrovskiy, Bryansk, e-mail: sergelukashov@yandex.ru;²Bryansk state engineering-technological University, Bryansk, e-mail: oa-iva79@mail.ru

In this paper, we analyze approaches classification and description chemical composition petroleum products and water-soluble mineral pollutants in soils. The main sources soil contamination with petroleum products, benz-a-pyrene and water-soluble mineral salts are identified. A comparative evaluation methods for determining total content petroleum products, determining residual amounts benz-a-pyrene and water-soluble inorganic pollutants soils urbanized territories was performed. Criteria selecting optimal physical and chemical methods quantitative determination petroleum products and mineral pollutants in soils are proposed. The method quantitative determination total content petroleum products in soils has been improved. It is shown that proposed method meets requirements expressiveness and allows us determine total content petroleum products in various types soils urbanized territories. The reliability proposed method proved by methods mathematical statistics. The residual amounts petroleum products, benz-a-pyrene, chlorides, phosphates and sulfates in soils selected in four different zones urbanized territories were determined. The residual amounts benz-a-pyrene were determined by high-performance liquid chromatography. Samples determination residual amounts benz-a-pyrene were prepared according original method-purified on a mixture aluminum oxide and sodium sulfate, elution was carried out with a hexano-chloromethylene mixture. The determination mass concentration chloride, sulfate and phosphate ions in soil samples (water-soluble form) by ion chromatography is considered using specific examples. The results studies were analyzed in accordance with the normalized indicators permissible content in soil for each type pollutants. It is shown that obtained data can be used as a basis for ecological monitoring soils urbanized territories for purpose predictive assessment prospects for their use.

Keywords: petroleum products, soil, urbanized territory, benz-a-pyrene, mineral pollutants, normalized indicators, environmental monitoring

Рост объемов промышленного производства на современном этапе развития общества напрямую связан с добычей

и потреблением углеводородного топлива. Различные виды жидких топлив, представляющих отдельный тип нефтепродуктов,

являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды. При этом следует отметить, что потери нефтепродуктов, приводящих к загрязнению окружающей среды, оцениваются приблизительно десятью миллионами тонн в год [1].

При транспортировке, хранении нефтепродуктов, эксплуатации автомобильного транспорта и котельных, работающих на жидком топливе, происходит загрязнение атмосферы, гидросферы и литосферы. Загрязнение почвогрунтов нефтепродуктами следует отнести к особо опасным видам загрязнений, так как оно сопряжено с загрязнением гидросферы – попадая из почвогрунта в грунтовые и подземные воды, углеводороды уже при концентрациях 0,5 мг/л делают невозможным их использование в качестве питьевых [2].

В состав нефтепродуктов входит большое число органических веществ (углеводороды, ароматические соединения, гетероциклы) и неорганических веществ (неорганические соли и микроэлементы), которые оказывают прямое и косвенное биогеохимическое воздействие на почвогрунты. Поскольку нефтепродукты имеют многокомпонентный состав, их токсичность нельзя определить исходя из вклада в загрязнение отдельных соединений, так как одни из них могут разрушать другие, например в процессе окислительно-восстановительных процессов, протекающих под воздействием микроорганизмов. В связи с этим при загрязнении почвогрунтов нефтепродуктами целесообразно выделять следующие экологические факторы: многокомпонентность состава нефтепродуктов; динамику экосистемы; абиотические факторы среды (температура, давление, освещенность и др.) [3; 4]. Результатом суммарного действия указанных экологических факторов является частичная деструкция нефтепродуктов, в результате которой образуются органические кислоты, изменяющие химический состав почвогрунтов и обуславливающие рост минерализации поровой влаги.

Поэтому геоэкологический мониторинг загрязнения почвогрунтов нефтепродуктами имеет важное практическое значение, так как позволяет оценить степень их загрязнения, изменение ее во времени, а также служит основой прогнозной оценки использования загрязненных территорий.

Основу геоэкологического мониторинга загрязнения почвогрунтов нефтепродуктами составляют физико-химические методы,

позволяющие определять суммарное содержание нефтепродуктов, сопутствующих особо опасных загрязнителей, таких как бенз-а-пирен и минеральные соли.

Так, например, для определения нефтепродуктов используют метод газовой хроматографии с применением детектора вакуумной ультрафиолетовой абсорбции (GC-VUV). Данный метод позволяет проводить определение по временным интервалам и обеспечивает высокую степень достоверности при идентификации совпадающих пиков в сложных углеводородных смесях. Метод изократической ВЭЖХ на колонке с неполярным гидрофобным сорбентом с детектором по поглощению света на 254 нм позволяет получать хроматографические фингерпринты нефтепродуктов и осуществлять процесс идентификации до того момента, когда она становится невозможной вследствие их деструкции [5]. Известны методы определения нефтепродуктов ИК-фотометрией. Анализ предшествует экстракция нефтепродуктов из почвогрунта четыреххлористым углеводородом (CCl_4) [6]. Количественное определение бенз-а-пирена выполняют различными методами: методом низкотемпературной люминесценции, методом экстракции субкритической водой и др. Для количественного определения минеральных солей в почвогрунтах применяют методы капиллярного электрофореза, комплексонометрического определения и др. [7; 8].

Следует отметить, что большинство применяемых в настоящее время методов определения нефтепродуктов, минеральных солей и бенз-а-пирена в загрязненных почвогрунтах характеризуются высокой стоимостью анализа, сложностью аппаратного оформления, низким пространственным разрешением. В связи с этим совершенствование известных методов определения нефтепродуктов в почвогрунтах, поиск новых методов является актуальной задачей.

Цель работы заключалась в описании на конкретных примерах методологии определения остаточных количеств нефтепродуктов, бенз-а-пирена и водорастворимых минеральных загрязнителей в почвогрунтах урбанизированных территорий в рамках геоэкологического мониторинга для прогнозной оценки возможности их использования в хозяйственной деятельности.

Материалы и методы исследования

Определение остаточных количеств нефтепродуктов, бенз-а-пирена и мине-

ральных солей в образцах почвогрунта выполняли в рамках геоэкологического мониторинга четырех районов г. Брянска и Брянской области с целью определения перспектив использования данных территорий в хозяйственной деятельности.

Пробы почвогрунта отбирали в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.4.02-2017.

Количественное определение суммарного содержания нефтепродуктов проводили с помощью усовершенствованной нами методики.

Бенз-а-пирен количественно определяли методом ВЭЖХ на флуориметрическом детекторе в соответствии с МУК 4.1.1274-03. Пробы почвогрунта подготавливали по оригинальной методике: очищали на смеси окиси алюминия и сульфата натрия, элюирование проводили гексано-хлористометиленовой смесью.

Определение массовой доли хлоридов, сульфатов, фосфатов в образцах почвогрунта (водорастворимая форма) проводили методом ионной хроматографии в соответствии с РД 52.18.572-96.

Прогнозную оценку возможности использования загрязненных территорий в хозяйственной деятельности выполняли с учетом СП 11-102-97.

Статистическую обработку результатов анализа проводили с использованием программы Mathcad.

Результаты исследования и их обсуждение

В соответствии с поставленными задачами на первоначальном этапе нами были проведены теоретические исследования, в ходе которых были проанализированы подходы к классификации нефтепродуктов и выделены основные источники загрязнения почвогрунтов нефтепродуктами.

За основу нами была выбрана иерархическая классификация нефтепродуктов, регламентированная ГОСТ 26098-84. В соответствии с данным источником нефтепродукты подразделяют на типы, группы, подгруппы, марки и сорта. При этом следует отметить, что в один тип объединяются нефтепродукты одинакового функционального назначения. Группа и подгруппа включают нефтепродукты, имеющие сходные свойства, показатели качества и области применения. Марка и сорт нефтепродуктов соответствуют индивидуальным нефтепродуктам, свойства и показатели качества которых регламентированы нормативно-технической документацией.

Поскольку в рамках данной работы выполнялось определение остаточных количеств нефтепродуктов в образцах почвогрунта, целесообразно взять за основу их тип, так как невозможно оценить по отдельности вклад группы, подгруппы, а тем более марки и сорта, в общее загрязнение территории.

Поскольку тип нефтепродуктов включает весь спектр потенциальных загрязнителей, целесообразно определять суммарное остаточное содержание нефтепродуктов в образцах почвогрунта, не подразделяя их на более узкие категории.

Выбор методов количественного контроля нефтепродуктов в почвогрунтах напрямую связан с определением источника загрязнения, так как от последнего зависит характер и степень загрязнения. В соответствии с данными [9] основными источниками загрязнения природных сред нефтепродуктами являются предприятия по нефтедобыче, производству, хранению и транспортировке нефтепродуктов, автомобильный транспорт, а также котельные, вырабатывающие тепловую энергию в результате сжигания жидкого углеводородного топлива. Отмечается, что атмосферный перенос следует выделять как отдельный источник загрязнения окружающей среды нефтепродуктами. Вклад данного источника в общее загрязнение обусловлен неполным сгоранием жидких нефтяных топлив, поступлением нефтепродуктов и особо опасных веществ, например бенз-а-пирена, в атмосферу. В газообразном состоянии нефтепродукты могут находиться в атмосфере от полугода до двух лет, попадая затем в почву. Так как в настоящей работе объектом исследования являются почвогрунты урбанизированной территории, то в качестве основных источников загрязнения целесообразно рассматривать предприятия по хранению, транспортировке нефтепродуктов, источники сжигания жидких нефтяных топлив и атмосферный перенос. Поскольку перечисленные источники загрязняют окружающую среду к тому же и неорганическими соединениями, например минеральными солями, нами также было проведено количественное определение данных соединений в образцах почвогрунта.

В качестве объекта исследования нами были выбраны почвогрунты четырех районов г. Брянска и Брянской области. Точки пробоботбора расположены в пределах урбанизированных территорий и характеризуются следующими особенностями: участок

1 – территория, прилегающая к нефтебазе (расстояние 450 м); участок 2 – территория, граничащая с автозаправочной станцией (расстояние 150 м); участок 3 – территория реконструкции аэропорта (расстояние 700 м); участок 4 – территория, примыкающая к автомобильной дороге (расстояние 350 м) (рис. 1).

В пределах каждого участка было отобрано по три усредненных образца почвогрунта с различной глубины: 0,2, 0,5, 1 м. Образцы проб почвогрунта были последовательно пронумерованы.

В ходе общего физического анализа и классификации установлено, что образцы, отобранные с участка 1, представляют несвязанный минеральный грунт (песок), содержащий включения твердых коммунальных отходов. Основным компонентом почвогрунта с участков 2, 3, 4 является суглинок.

В соответствии с принципами выбора методов исследования [6; 10] нами была усовершенствована методика определения суммарного количества нефтепродуктов в почвогрунтах. Методика основана на измерении массовой доли нефтепродуктов в почвогрунтах флуориметрическим методом. В качестве анализатора исполь-

зовали «ФЛЮОРАТ-02». Для определения брали навеску подготовленной пробы почвогрунта массой 1 г. Нефтепродукты экстрагировали гексаном в течение 15 минут при перемешивании и определяли на флюорате значение в мВ, соответствующее аликовоте полученного экстракта. Данное значение использовали в последующем расчете содержания нефтепродуктов в образце почвогрунта. Методика позволяет определять массовые доли нефтепродуктов в диапазоне 5-20000 мг/кг. Достоверность предлагаемой методики подтверждена статистическими методами (рис. 2).

Из данных, представленных на рис. 2, видно, что усовершенствованная нами методика характеризуется высокой степенью сходимости с известной методикой ПНД Ф 16.1:2.21-98. Рассчитанный коэффициент корреляции составил 0,94, что свидетельствует о высокой степени достоверности. Также следует отметить, что предлагаемая методика позволяет упростить ход анализа и отвечает требованиям экспресс-анализа и может быть использована в процессе геоэкологического мониторинга.

Данные по определению суммарного содержания нефтепродуктов и бенз-а-пирена представлены в таблице.

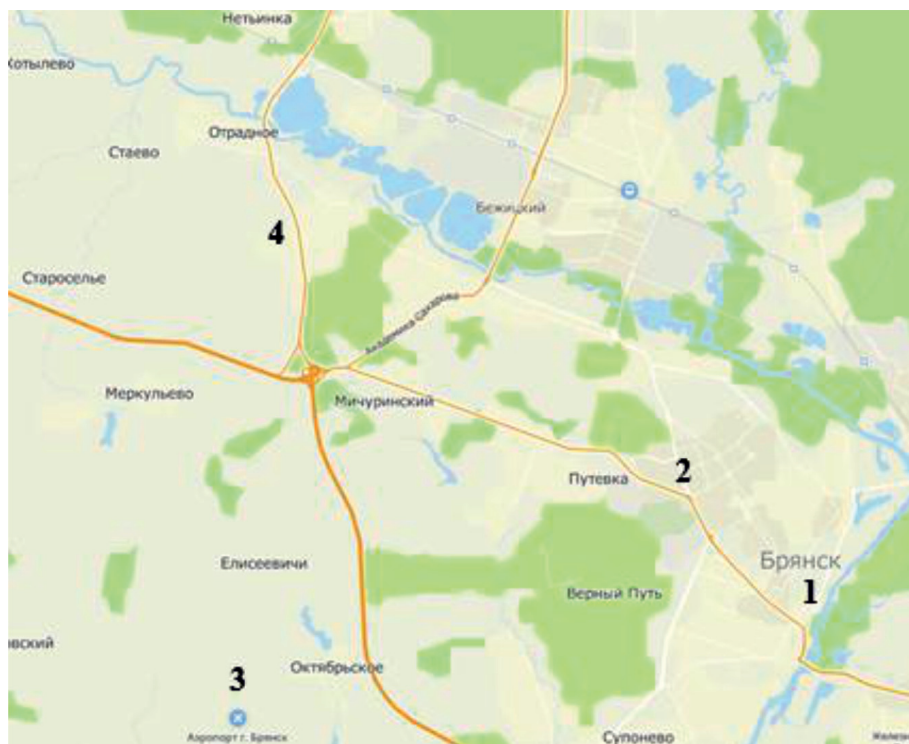


Рис. 1. Участки отбора почвогрунтов

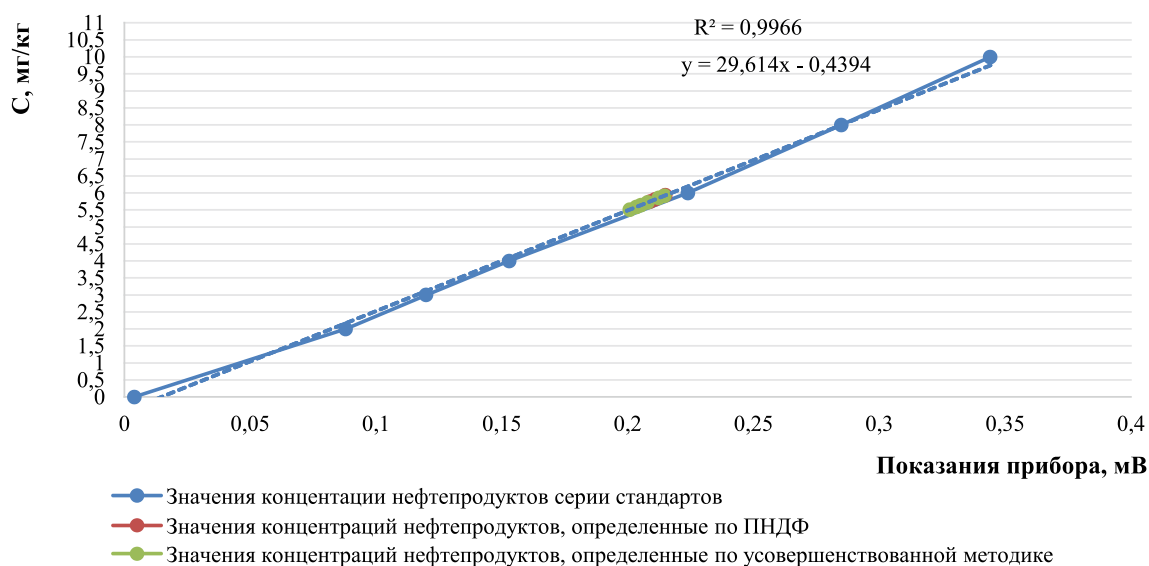


Рис. 2. Результаты определения концентрации нефтепродуктов в образцах почвогрунта различными методиками в сравнении с серией стандартов

Суммарное содержание нефтепродуктов и бенз-а-пирена в образцах почвогрунта

№ пробы	Содержание, мг/кг		№ пробы	Содержание, мг/кг	
	нефтепродуктов	бенз-а-пирена		нефтепродуктов	бенз-а-пирена
1	7,3	<0,005	7	125,4	0,012
2	7	<0,005	8	125,1	0,012
3	6,9	<0,005	9	124,7	0,010
4	31,9	0,007	10	312	0,014
5	31,6	0,006	11	307	1,013
6	30,9	<0,005	12	303	0,010

Допустимые концентрации бенз-а-пирена в образцах почвогрунта оценивали по ГН 2.1.7.2041-06, в соответствии с которыми ПДК бенз-а-пирена составляет 0,02 мг/кг. На основании данных, представленных в таблице, можно сделать вывод, что наименьшее содержание данного вещества (0,005-0,007 мг/кг) наблюдается в пробах почвогрунта с участка № 1 (пробы 1, 2, 3) и участка № 2 (пробы 4, 5, 6). По-видимому, это связано с тем, что данные участки удалены от автомобильных магистралей. Более высокие концентрации бенз-а-пирена (от 0,010 до 0,014) выявлены в пределах участков № 3 (пробы 7, 8, 9) и № 4 (пробы 10, 11, 12). По нашему мнению, это можно объяснить расположением данных территорий вблизи аэропорта и автомобильной дороги соответственно, так как загрязнение бенз-а-пиреном почвогрунтов происходит за счет продуктов сгорания топлива. В пределах участка № 1 содержание бенз-а-пирена равномерно распределено по всей

глубине и составляет <0,005 мг/кг, тогда как на участках № 2, 3, 4 более высокие концентрации наблюдаются в верхних слоях почвогрунта на глубине 0,2 м. Выявленную закономерность можно объяснить природой почвогрунта: в пределах участков № 2, 3 и 4 основным компонентом почвогрунта является суглинок, что препятствует миграции бенз-а-пирена по глубине. Вместе с тем следует отметить, что концентрация бенз-а-пирена в пределах обследованных участков не превышает ПДК.

По данным [6], для нефтепродуктов предельно допустимая концентрация не установлена, это связано с тем, что нефтепродукты содержат в своем составе соединения, которые характерны для различных типов почв. В настоящее время уровни загрязненности земель нефтью и нефтепродуктами определяются [11], на основании которого можно сделать вывод, что загрязнение почвогрунтов обследуемых территорий нефтепродуктами не превышает фоновых значений.

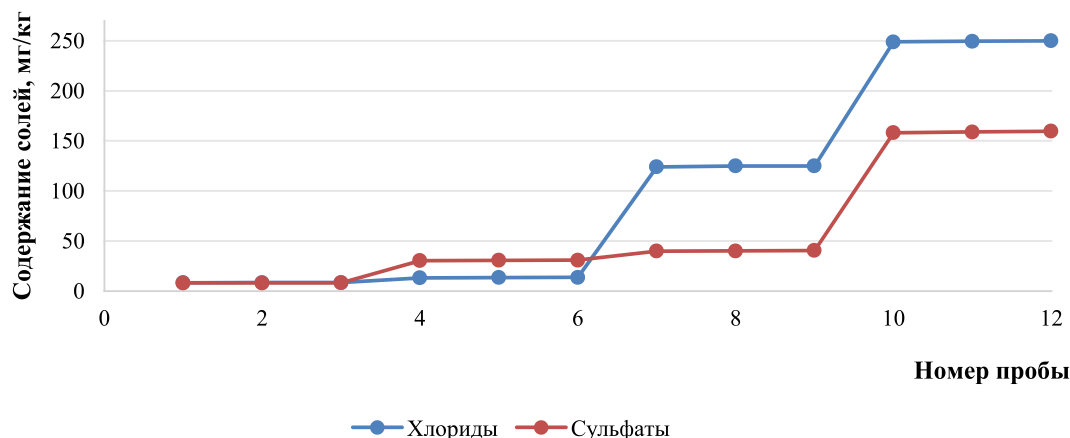


Рис. 3. Содержание минеральных солей в образцах почвогрунта

Данные по определению количественного содержания минеральных солей в образцах исследуемого почвогрунта представлены на рис. 3.

Предельно допустимые концентрации хлоридов, сульфатов и фосфатов в соответствии с ГН 2.1.7.2041-06 в почвогрунтах составляют соответственно 360, 160 и 200 мг/кг. Содержание фосфатов во всех исследуемых образцах почвогрунта не превысило 1 мг/кг. Из данных, представленных на рисунке 3, следует, что максимальное содержание хлоридов установлено в пределах участка № 4 (250 мг/кг), что объясняется расположением данной территории рядом с автомобильной дорогой. Содержание сульфатов (в пересчете на элементарную серу) находится в пределах ПДК.

Таким образом, по результатам проведенного анализа почвогрунтов на содержание нефтепродуктов и минеральных солей можно сделать вывод, что с учетом содержания данных загрязнителей в почвогрунте территории обследуемых участков пригодны для промышленной или жилищной застройки.

Выводы

Проанализированы подходы к классификации и описанию химического состава нефтепродуктов и водорастворимых минеральных загрязнителей почв. Обосновано выделение основных источников загрязнения почв нефтепродуктами, бенз-а-пиреном и водорастворимыми минеральными солями.

На конкретном примере описана методология определения остаточных количеств нефтепродуктов, бенз-а-пирена и водорастворимых минеральных загрязнителей в почвогрунтах урбанизированных территорий.

Усовершенствованы методики определения суммарного содержания нефтепродуктов в образцах почвогрунта и подготовки проб при анализе бенз-а-пирена.

Предлагаемый подход определения содержания нефтепродуктов, бенз-а-пирена и минеральных солей в почвогрунтах может быть использован в рамках геоэкологического мониторинга для прогнозной оценки возможности их использования в хозяйственной деятельности.

Список литературы

1. Тимергазина И.Ф., Переходова Л.С. К проблеме биологического окисления нефти и нефтепродуктов углеводородоокисляющими микроорганизмами // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2012. № 1. С. 1–28.
2. Timergazina I.F., Perekhodova L.S. On the problem of biological oxidation of oil and petroleum products by hydrocarbon-oxidizing microorganisms // Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika. 2012. № 1. P. 1–28 (in Russian).
3. Титов К.В., Ильин Ю.Т., Коносовский П.К., Муслимов А.В., Рыбальченко О.В., Орлова О.Г., Мено А. Изменение физических свойств загрязненного нефтепродуктами песка при бактериальном воздействии // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2012. № 5. С. 455–469.
4. Titov K.V., Ilyin Yu.T., Konosavsky P.K., Muslimov A.V., Rybalchenko O.V., Orlova O.G., Meno A. Changes in the physical properties of sand contaminated with petroleum products under bacterial exposure // Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya. 2012. № 5. P. 455–469 (in Russian).
5. Гаджиев Н.Г., Гакаев Р.А. Внедрение культурных фитоценозов с целью улучшения состояния нарушенных почв (на примере Чеченской Республики) // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сборник научных трудов (Москва, 10–12 апреля 2014 г.). М.: РУДН, 2014. С. 227–230.
6. Gadzhiev N.G., Gakaev R.A. Introduction of cultural phytocenoses to improve the state of disturbed soils (on the example of the Chechen Republic). In the collection // Aktual'nyye problemy ekologii i prirodopol'zovaniya: sbornik nauchnykh trudov (Moskva, 10–12 aprelya 2014 g.). M.: RUDN, 2014. P. 227–230 (in Russian).
7. Гакаев Р.А. Биоэкологические особенности реабилитации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами // Биоэкономика и экобиополитика. 2016. № 1 (2). С. 216–218.
8. Gakaev R.A. Bioecological features of rehabilitation of soils contaminated with oil and petroleum products // Bioekonomika i ekobiopolitika. 2016. № 1 (2). P. 216–218 (in Russian).

5. Астахов А. Анализ нефтепродуктов с помощью хроматографических методов // Аналитика. 2013. № 3. С. 48–52.
Astakhov A. Analysis of petroleum products using chromatographic methods // Analitika. 2013. № 3. P. 48–52 (in Russian).
6. Околева А.А., Капля В.Н., Лапченков А.Г. Оценка содержания нефтепродуктов в почвах // Научные ведомости. Серия: Естественные науки. 2019. Т. 43. № 1. С. 76–86.
Okolelova A.A., Kaplya V.N., Lapchenkov A.G. Assessment of the content of petroleum products in soils // Nauchnyye vedomosti. Seriya: Yestestvennyye nauki. 2019. Vol. 43. № 1. P. 76–86 (in Russian).
7. Сушкова С.Н., Минкина Т.М., Назаренко О.Г., Манджиева С.С., Лекарь А.В. разработка метода экстракции 3,4-бенз(а)пирена из почв субкритической водой // Плодородие. 2012. № 3. С. 44–46.
Sushkova S. N., Minkina T. M., Nazarenko O. G., Mandzhieva S. S., Lekar A.V. Development of a method for extracting 3,4-benz(a)pyrene from soils with subcritical water // Plodorodiye. 2012. № 3. P. 44–46 (in Russian).
8. Каменцев М.Я., Мамедова С.Н., Москвин Л.Н., Якимов Н.М. Определение хлорид- и сульфат-ионов в воде высокой чистоты методом капиллярного электрофореза // Журнал аналитической химии. 2015. Т. 70. № 2. С. 169–173.
Kamentsev M.Ya., Mamedova S.N., Moskvina L.N., Yakimova N.M. Determination of chloride and sulfate ions in high-purity water by capillary electrophoresis // Zhurnal analiticheskoy khimii. 2015. Vol. 70. № 2. P. 169–173 (in Russian).
9. Хаустов А.П., Редина М.М. Трансформация нефтепродуктов как источник токсичных загрязнений природных сред // Экология и промышленность России. 2012. № 12. С. 38–44.
Khaustov A.P., Redina M.M. Transformation of petroleum products as a source of toxic pollution of natural environments // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2012. № 12. P. 38–44 (in Russian).
10. Лукашов С.В., Иванченкова О.А. Анализ состояния почвогрунтов урбанизированной территории как элемент инженерно-экологических изысканий // Успехи современного естествознания. 2020. № 5. С. 56–62.
Lukashov S.V., Ivanchenkova O.A. Analysis of the state of soils of urbanized territories as an element of engineering and environmental surveys // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2020. № 5. P. 56–62 (in Russian).
11. Акт правительства Российской Федерации «Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» от 27 декабря 1993 № 04-25, № 61-5678 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9033369> (дата обращения: 15.03.2021).
Act of the Government of the Russian Federation «Procedure for determining the amount of damage from land pollution by chemical substances» dated December 27, 1993 № 04-25, № 61-5678 [Electronic resource]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9033369> (date of access: 15.03.2021) (in Russian).

УДК 502:504.54:911.2:911.52:519.876

**ДИНАМИКА ЗА 50 ЛЕТ ПЛОЩАДИ ЗЕМЕЛЬ ПО КАТЕГОРИЯМ
КАДАСТРА ВОЛЖСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ****¹Мазуркин П.М., ²Ефимова Е.А.**¹*Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, e-mail: kaf_po@mail.ru;*²*Управление Росреестра по Республике Марий Эл, Волжск, e-mail: efimovakalinina@mail.ru*

Выявлены волны динамики за 1970-2020 гг. по категориям земельного кадастра в Волжском районе РМЭ. Два первых члена из восьми образуют закон Вейбулла, показывающий снижение на 3292 га площади по закону Мандельброта. С 1970 г. снижение составило 3.60%. За 50 лет произошли два скачка уменьшения общей площади. После первого скачка прошло 20 лет, с 1978 по 1998 г., а после второго скачка – 21 год, с 1999 по 2020 г. По сельскохозяйственным землям двухчленный тренд показывает неуклонное снижение площади. Эта тенденция заметна для муниципалитетов страны. Первый член экспоненциального роста отражает стремление к расширению территории обитания. А второй член по закону степенной функции дает противодействие природы людям. Этот факт показывает, что экологического баланса между сельским хозяйством и природой нет. В территориальном планировании и прогнозировании в условиях РФ срочно необходимы массивы табличных данных по всем муниципалитетам страны с 1970 г. Особо сильную динамику по 18 составляющим в виде колебаний имеют земли сельскохозяйственного назначения. В Финляндии давно сложился экологический баланс даже на уровне фермерских хозяйств. В России в узаконенной минимальной территориальной единице (муниципалитет) по общей площади произошли сильные флюктуации. Резкий всплеск в земельном фонде Волжского района произошел в период социально-экономического кризиса с 1992 по 2005 г. Это и доказывает неосознанность лиц, принимающих решения в земельной политике. Дальше нужно осознанное поведение в распределениях земельного фонда муниципалитетов РФ по категориям и видам угодий.

Ключевые слова: муниципалитет, земли, категории, площадь, динамика за 50 лет, закономерности**DYNAMICS OVER 50 YEARS OF AREA OF LANDS BY CATEGORIES
OF THE INVENTORY OF THE VOLGA MUNICIPALITY
OF THE REPUBLIC OF MARIY EL****¹Mazurkin P.M., ²Efimova E.A.**¹*Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, e-mail: kaf_po@mail.ru;*²*Rosreestr Administration for the Republic of Mari El, Volzhsk, e-mail: efimovakalinina@mail.ru*

The waves of dynamics for 1970-2020 are revealed. by categories of land cadastre in the Volzhsky region of the RME. The first two terms out of eight form Weibull's law, showing a decrease of 3292 hectares in area according to Mandelbrot's law. Since 1970, the decline has been 3.60%. For 50 years, there have been two leaps in the reduction of the total area. After the first jump, 20 years have passed from 1978 to 1998, and after the second jump – 21 years from 1999 to 2020. For agricultural lands, the trend shows a steady decrease in area. This trend is noticeable for the country's municipalities. The first component of exponential growth reflects the desire to expand the habitat. And the second term, according to the law of the power function, gives the counteraction of nature to people. This fact shows that there is no ecological balance between agriculture and nature. In territorial planning and forecasting in the conditions of the Russian Federation, arrays of tabular data are urgently needed for all municipalities of the country since 1970. Agricultural lands have especially strong dynamics in 18 components in the form of fluctuations. In Finland, an ecological balance has long been formed, even at the farm level. In Russia, in the legalized minimum territorial unit (municipality) in the total area, strong fluctuations have occurred. A sharp surge in the land fund of the Volzhsky region occurred during the socio-economic crisis from 1992 to 2005. This proves the lack of awareness of decision-makers in land policy. Next, you need a conscious behavior in the distribution of the land fund of municipalities of the Russian Federation by categories and types of land.

Keywords: municipality, land, categories, area, dynamics over 50 years, patterns

«Земля – важнейшая часть окружающей природной среды, характеризующаяся пространством, рельефом, климатом, почвенным покровом, растительностью, недрами, водами...» [1]. В этой части определения закреплена первичность природы над человеком. А вторая часть «...являющаяся главным средством производства в сельском и лесном хозяйстве, а также пространственным базисом для размещения предприятий и организаций всех отраслей народного

хозяйства» позволяет сильно усомниться в первичности природы.

В статье 1.9 [2] отмечено, что происходит разграничение государственной собственности на землю на собственность России, субъектов Федерации и муниципальных образований, правовые основы и порядок разграничения устанавливаются федеральными законами. Угодья – это земли, систематически используемые или пригодные к использованию для конкретных хозяйственных

целей и отличающиеся по природно-историческим признакам [1; 2].

Однако в официальных данных [3] имеются площади земель Российской Федерации, федеральных округов [4] и субъектов Федерации. Но нет данных по муниципальным образованиям. В итоге трудно провести сопоставление территорий районов из разных субъектов Федерации. Нет также таблиц данных в динамике, например с 1970 г., даже по стране.

Всё это сдерживает изучение земель, например в климатической геоморфологии.

За рубежом проводятся интенсивные исследования земель как части природной среды.

Геоморфическая классификация понимается как категоризация и описание природных объектов, происхождения ландшафта и освоение форм рельефа. Фундаментальная основа классификации состоит в том, что геоморфическая единица может быть рассмотрена на основе ее происхождения и развития (процесс), а также общей структуры и формы рельефа, от морфометрических размеров и характеристик, наличия и состояния геоморфологической генерации. Первым типом геоморфических процессов считаются речные сети [5].

Цель исследования – выявить закономерности динамики 1970–2019 гг. распределения земель по категориям кадастра на примере Волжского района Республики Марий Эл (РМЭ).

Материалы и методы исследования

Из ежегодных отчетов о структуре земельного фонда были выписаны данные

по площади территории, а также по семи категориям кадастра (табл. 1).

Мы придерживаемся концепции колебательной адаптации в природе и обществе. Для выявления колебаний нужны данные по динамике земель, по меньшей мере длиной ряда за 50 лет, чтобы выявить поведение лиц, принимающих решения.

На многих примерах моделирования было установлено, что колебания (вейвлет-сигналы) идентифицируются формулой колебания [4] вида

$$y = \sum_{i=1}^m y_i \quad y_i = A_i \cos(\pi x / p_i - a_{8i}),$$

$$A_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}), \quad p_i = a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}, \quad (1)$$

где y – изучаемый показатель (зависимый фактор), i – номер составляющей уравнения (1), m – количество членов в (1), x – объясняющая переменная (влияющий фактор), $a_1 \dots a_8$ – параметры, принимающие значения при идентификации в программной среде CurveExpert-1.40, A_i – амплитуда (половина) колебания (ось y), p_i – половина периода колебания (ось x).

Динамика всех земель. После структурно-параметрической идентификации (1) были получены составляющие, параметры которых приведены в табл. 2 (рис. 1, 2).

Два члена образуют закон Вейбулла, показывающий предел и снижение на 3292 га площади по закону Лапласа (математика), Мандельброта (физика), Ципфа-Перла (биология) и Парето (эконометрика). С 1970 г. снижение площади составило $100 \times 3291.86 / 91315.5 = 3.60\%$.

Таблица 1

Динамика земель Волжского района РМЭ, га

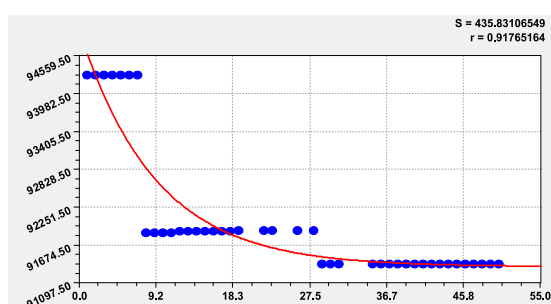
Год	Время, т лет	Площадь земель по категориям							Всего
		1	2	3	4	5	6	7	
1970	0	48597	2930	1121	-	38929	-	2694	94271
1971	1	50014	2930	1234	-	38893	-	2694	94271
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1992	22	44569	-	1200	17469	19563	2498	18	91895
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2018	48	41539	3404	1108	17502	24903	2578	352	91386
2019	49	41537	3404	1110	17502	24903	2578	352	91386
2020	50	41537	3404	1110	17502	24903	2578	352	91386

1 – сельхозназначения; 2 – населенных пунктов; 3 – промышленности...; 4 – особо охран. территорий...; 5 – лесного фонда; 6 – водного фонда; 7 – запаса. С 1992 г. выделены категории земельного кадастра 4 и 5.

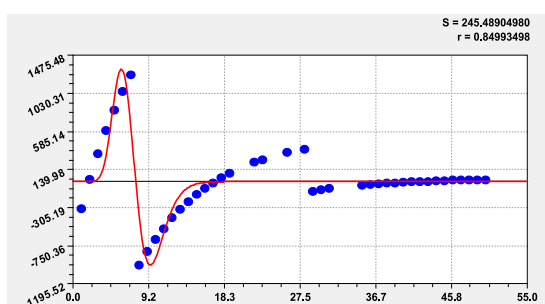
Таблица 2

Параметры (1) динамики площади Волжского района за 1970–2019 годы

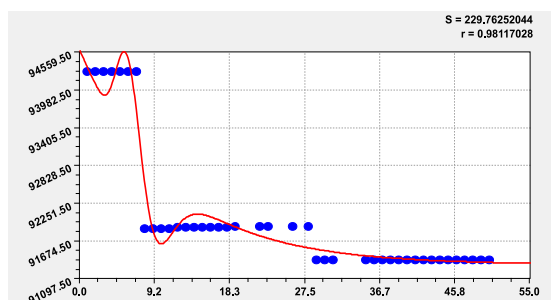
Но- мер <i>i</i>	Вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i}x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i}x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Коэф. корр. <i>r</i>
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}		
1	91315.506	0	0	0	0	0	0	0	0,9812
2	3291.8604	0	0.091494	1	0	0	0	0	
3	-0.052884	11.09664	1.60631	0.97955	6.82907	0.00039541	3.35307	-1.39915	
4	19.68937	5.90198	1.09985	1	0.010183	0.051563	0.83742	2.94403	0.8068
5	-0.00025907	6.58958	0.29896	1	-0.041829	1.09124	0.48228	5.60842	0.6858
6	-358.09544	0	0.434823	1	1.59887	-0.036815	1	0.51327	0.6506
7	-30.46909	0.40398	0.00018312	2.38707	3.20749	0.0021286	1.62585	0.75863	0.6513
8	1.15333e-121	122.6843	3.88055	1.04132	2.57343	0	0	-4.45910	0.7655



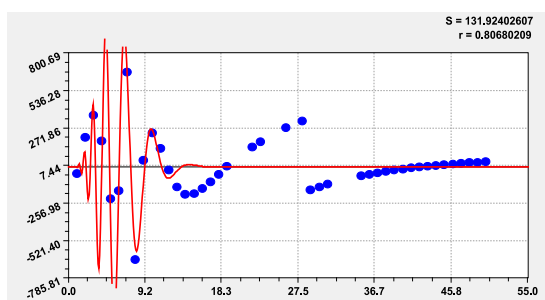
Тренд по закону Вейбулла до нижнего предела



Колебание в советское время



Вместе три составляющие



Вейвлет-сигнал советских времен

Рис. 1. Динамика распределения всех земель Волжского района Республики Марий Эл (в правом верхнем углу: S – стандартное отклонение; r – коэффициент корреляции)

За 50 лет произошли два скачка уменьшения общей площади. Каждый скачок показывает проведение работ по инвентаризации земель. После первого скачка прошло 20 лет, с 1978 по 1998 год, а после второго скачка – 21 год, с 1999 по 2020 год.

Даже в узаконенной минимальной территориальной единице (Волжский муниципалитет) по общей площади произошли сильные флюктуации. Пятый и седьмой вейвлеты показывают, что на динамику площади земель не оказали влияние социально-экономические изменения (с 1970 по 1991 г.

в советское время, с 1992 по 1998 г. в переходный период, с 1999 по 2020 г. в постсоветское время). Основные принципы землепользования остались неизменными.

Однако резкий всплеск произошел в период социально-экономического кризиса в 1992–2005 гг. По-видимому, такая пертурбация в земельном фонде была исторически последней. Дальше нужно осознанное поведение в распределениях земельного фонда всех муниципалитетов Российской Федерации по семи категориям и 13 видам угодий.

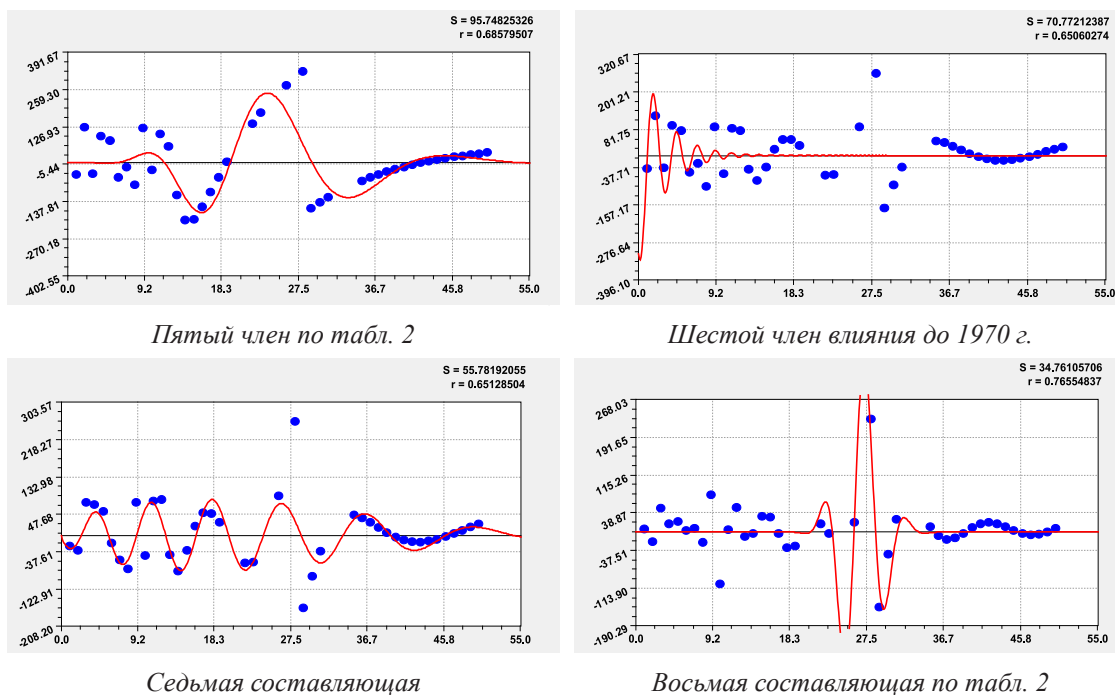


Рис. 2. Дополнительные графики динамики земельного фонда Волжского района РМЭ

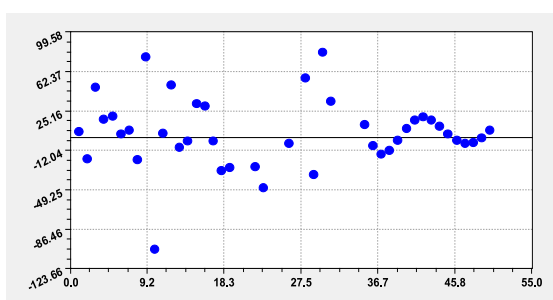


Рис. 3. Остатки после восьмой составляющей

Остатки после восьмого члена дают погрешность моделирования (рис. 3).

Относительная погрешность моделирования Δ вычисляется по формуле

$$\Delta = 100\epsilon_8 / y_f, \quad (2)$$

где ϵ_8 – абсолютная погрешность (остатки) после восьмой составляющей после табл. 1 (они показывают, что возможны и другие, но более мелкие, вейвлеты), y_f – фактические значения площади земельного фонда района.

Максимальная относительная погрешность моделирования равна -0.11% для 1980 г.

Малая погрешность разложения динамики земельного фонда муниципалитета на кванты поведения показывает, что колебательная адаптация присуща не только для общей площади, но и для динамики

за 50 лет площади по отдельным категориям земельного кадастра.

Динамика площади сельскохозяйственных земель (СХН). Первая категория кадастра оказалась с наибольшим количеством из 18 составляющих (рис. 4, табл. 3).

Двухчленный тренд показывает неуклонное снижение площади земель СХН с годами. Эта тенденция заметна для всех муниципалитетов страны. Из табл. 3 видно, что первый член является модифицированным законом Мандельброта экспоненциального роста в физике, и он отражает стремление людей, как и любого вида животного или растения, к обладанию все большей территорией обитания. А вот второй член тренда является негативным для человека (отрицательный знак) и по закону степенной функции характеризует противодействие природной среды стремлению людей к расширению места своего обитания. Этот факт показывает, что нет экологического баланса между сельским хозяйством и природной средой, как это достигнуто в Финляндии даже на уровне фермерских хозяйств. Тогда получается, что в России на уровне землепользователей экологический баланс даже не рассматривается: всё подчинено так называемой коммерческой выгоде. А надо бы земельный фонд рассматривать не только на уровне муниципалитетов, но и на мелком уровне земельного фонда – землепользователей.

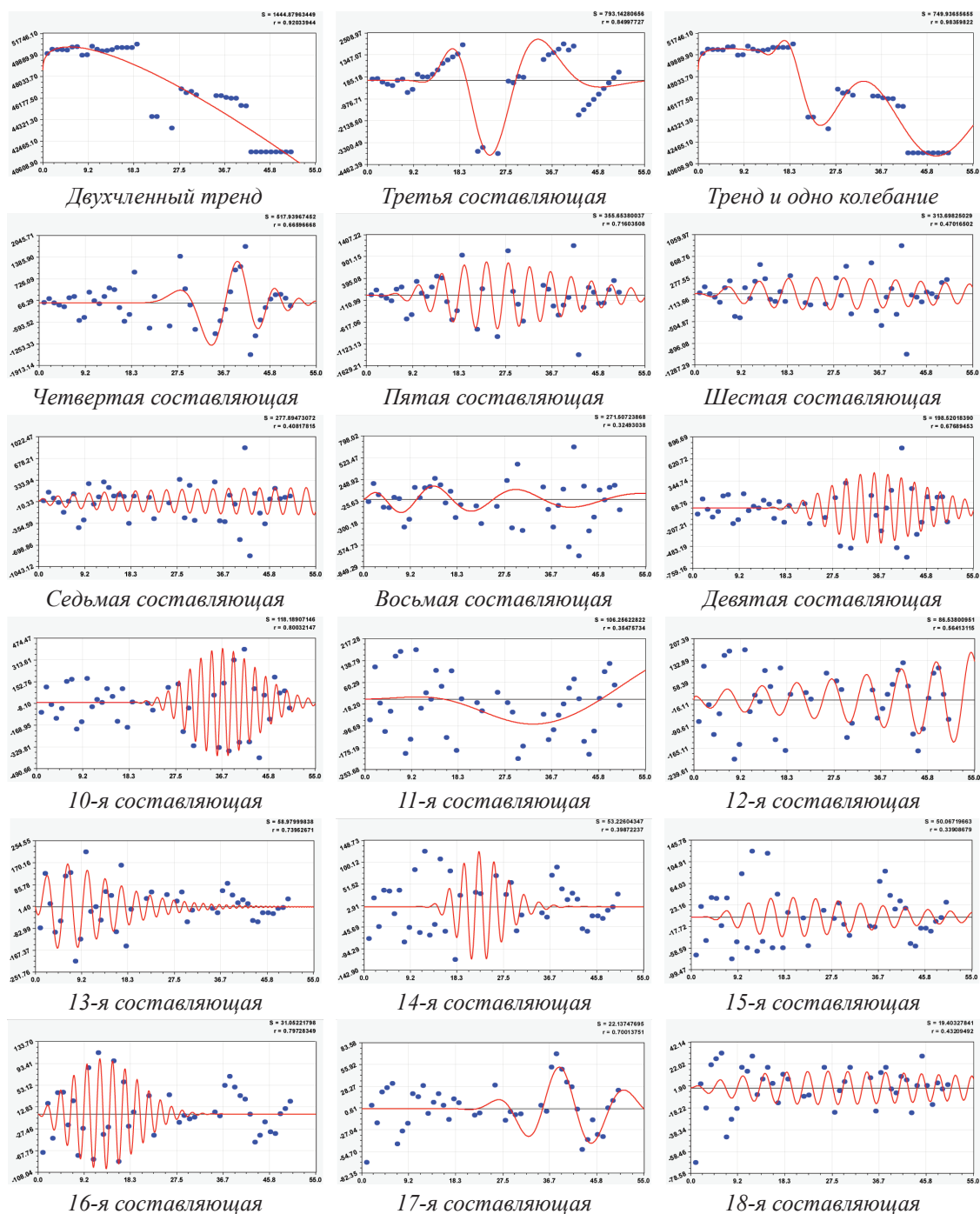


Рис. 4. Динамика земель сельскохозяйственного назначения Волжского района РМЭ

Так можно проанализировать поведение людей по каждому колебанию из табл. 3.

Динамика земель других категорий. Остальные модели динамики (кроме земель запаса) за 50 лет были выявлены при условии $a_2 = 0$ в (1), по формуле тренда из двух членов

$$y = a \exp(-bx^c) + dx^e \exp(-fx^g), \quad (2)$$

где y – зависимый от переменных показатель, x – влияющая переменная или фактор,

$a - g$ – параметры уравнения (2), идентифицируемые в среде программы CurveExpert-1.40.

Земли запаса получили один асимметричный вейвлет-сигнал. В табл. 4 и на рис. 5 приведены результаты идентификации модели (2). Заметим, что тренд образуется из колебания (1) при условии многократного превышения периода колебания над периодом измерений.

Таблица 3

Параметры (1) динамики площади земель сельскохозяйственного назначения

Но- мер <i>i</i>	Вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i}x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i}x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Коэф. корр. <i>r</i>
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}		
1	48605.154	0	-0.068670	0.49573	0	0	0	0	0.9836
2	-2057.1628	0.58454	0	0	0	0	0	0	
3	1.07320e7	35.75245	51.92701	0.26637	0.48543	0.014150	1.32616	4.70353	
4	-1.05652e-32	29.69545	0.42318	1.14424	28.50149	-1.12339	0.75158	-4.10578	0.6660
5	0.12378	3.96909	0.16114	1	2.68892	-0.069322	0.51090	0.48493	0.7160
6	13.30661	1.37972	0.054277	1	13.28174	-8.87503	0.042751	-0.76643	0.4702
7	-45.92247	0.47778	0.0066244	1	1.54110	0	0	-1.64850	0.4082
8	-2.89811e6	3.02723	11.04307	0.17983	5.52788	0.020222	1.26775	3.92816	0.3249
9	5.06179e-14	14.37291	0.43211	0.98595	1.55625	-0.00047032	1.46711	0.75304	0.6769
10	-1.26778e-31	29.70062	0.81135	1.00085	1.11429	-0.00020152	1.28213	-4.55356	0.8003
11	-0.36756	1.22677	-0.033215	1	19.69619	0.00029996	2.60563	-2.31461	0.3548
12	20.09584	0.30405	-0.00083484	1.73894	3.41353	0	0	-0.30562	0.5641
13	-81.94109	0.89394	0.14977	1	2.23998	-0.010230	1.24441	-0.016226	0.7395
14	-2.48651e-21	57.70709	31.14591	0.45245	1.47803	0	0	0.92905	0.3987
15	-54912.385	8.64364	15.10267	0.26284	2.19944	0	0	-6.00482	0.3391
16	-7.91802	1.16215	0.00027135	2.86581	1.32601	-0.00012881	1.99985	1.15404	0.7973
17	9.33025e-23	19.91563	0.35329	1.07698	5.80799	0.010796	0.93198	0.84538	0.7001
18	-1.70827	0.96517	0.036703	1	2.35418	-0.0079353	1	-1.73565	0.4321

Таблица 4

Параметры (1) динамики площади по другим категориям земель

Код категории	Тренд $y = a \exp(-bx^c) + dx^e \exp(-fx^g)$							Коэф. корр. r
	Экспоненциальный закон			Биотехнический закон [3]				
	a	b	c	d	e	f	g	
2	2915.4126	0.0016487	1.73803	11.29123	1.50401	6.30277e-5	2.23242	0.9918
3	1331.1763	0.0041297	1	0.00067889	6.04352	0.0011693	2.78852	0.9354
4	17431.393	-7.54436e-5	1	4.53873e-46	41.55598	0.95853	1.04313	0.8956
5	40349.602	0.0071075	1	-2.20553e-10	13.17073	0.43332	1	0.9635
6	2582.2862	0	0	-227.2107	0	0.00034368	2.51678	0.8770
7	2676.7168	2.26292e-5	3.09067	-8.98135e-44	48.15864	1.95127	0.99707	0.9793

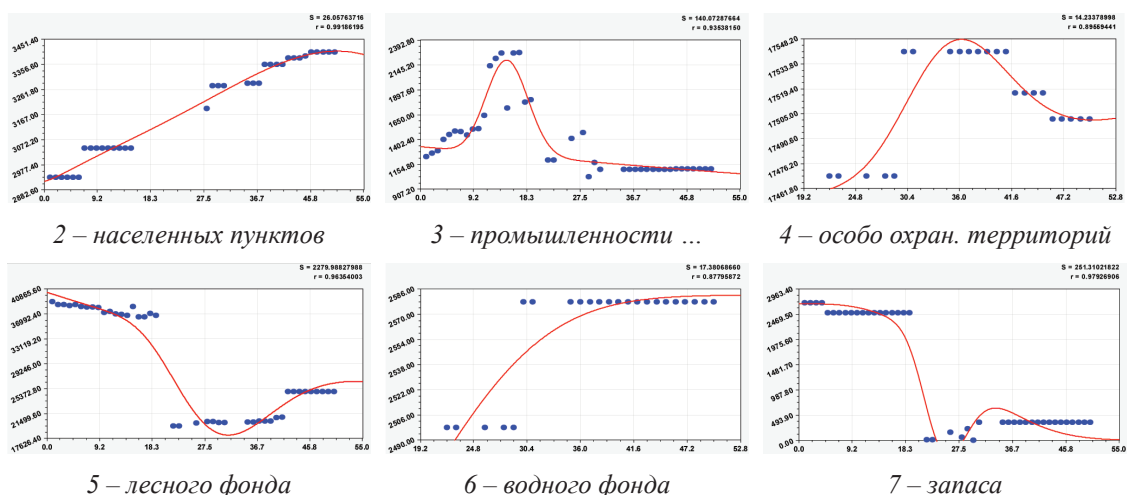


Рис. 5. Графики динамики категорий земельного фонда Волжского района РМЭ с 1970 по 2020 г.

Первый член формулы (2) является физически естественной, а второй член показывает стрессовое возбуждение лиц, принимающих решения. Например, количество земель населенных пунктов по первой составляющей тренда снижается по модифицированному закону Мандельброта, а этому противостоит неограниченное стремление людей расширять территорию своих населенных пунктов. Со временем эта категория земель по графику на рис. 5 даже уменьшится.

В третьей категории в 1978–1991 гг. наметился бум промышленности и были выделены дополнительные площади земель под промышленное строительство более чем в два раза по отношению к 1991 г. Общая тенденция по закону Мандельброта снижается. Этот факт указывает на то обстоятельство, что с земельным фондом поступают как хотят. Площадь особо охраняемых территорий с 2010 г. резко снижается. По закону Вейбулла достижения предела немного выросла площадь водного фонда, но с 2000 г. она несколько не изменилась.

Площадь лесного фонда естественным образом снижается по закону Мандельброта, однако резкое снижение (из-за отрицательного знака был сильный кризис) произошло за три года, с 1989 по 1992 г. (с 36756 до 19563 га, то есть снижение в 1,9 раза). Этот факт означает, что система управления лесами никак не функционировала в Волжском районе. Небольшое увеличение площади лесов в 2012 г. произошло за счет передачи заросшей деревьями залежи в лесной фонд. В итоге 50-летняя динамика земель была неосознанной и не хозяйственной.

Закключение

В территориальном планировании и прогнозировании в условиях Российской Федерации срочно необходимы массивы официальных табличных данных по всем муниципалитетам страны, причем не менее чем за 50 лет, с 1970 г.

На примере Волжского района Республики Марий Эл видно, что земельные

реформы, проводимые в нашей стране, даже усугубили путаницу в осознании экологических принципов в распределении земельного фонда по категориям земельного кадастра. Особо сильную динамику по 18 составляющим в виде множества колебаний имеют земли сельскохозяйственного назначения. Здесь видна сильная борьба мнений и официальных решений.

Нет экологического баланса между сельским хозяйством и природной средой, как это достигнуто в Финляндии даже на уровне фермерских хозяйств. В России даже на узаконенной минимальной территориальной единице (Волжский муниципалитет) по общей площади произошли сильные флуктуации. Основные принципы землепользования остались архаичными.

Резкий всплеск в земельном фонде Волжского района произошел в период социально-экономического кризиса с 1992 по 2005 г. Это и доказывает неосознанность земельной политики. Дальше нужно осознанное поведение в распределениях земельного фонда всех муниципалитетов Российской Федерации по семи категориям и 13 видам угодий.

Список литературы / References

1. ГОСТ 26640-85 (СТ СЭВ 4472-84) Земли. Термины и определения [Электронный ресурс]. URL: <https://internet-law.ru/stroyka/text/28900/> (дата обращения: 20.02.2021).
2. Земельный кодекс Российской Федерации. № 136-ФЗ от 25.10.2001. 2019 с поправками 195 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://zksrf.ru/> (дата обращения: 04.03.2020).
3. Распределение земель Российской Федерации по категориям в разрезе субъектов Российской Федерации (на 1 января 2019 года, тыс. га). Приложение 1 // Ф. 22 за 2019 год (по субъектам РФ) [Электронный ресурс]. URL: <https://rosreestr.gov.ru/site/activity/sostoyame-zemerrossii/gosudarstvennyy-natsionalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-rossiyskoy-federatsii/> (дата обращения: 25.02.2021).
4. Мазуркин П.М. Земельные угодья федеральных округов Российской Федерации // Успехи современного естествознания. 2020. № 4. С. 106–113. DOI: 10.17513/use.37370.
5. Mazurkin P.M. Land of the Federal Districts of the Russian Federation // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2020. No. 4. P. 106–113. DOI: 10.17513 / use.37370 (in Russian).
6. Haskins D.M., Correll C.S., Foster R.A., Chatoian J.M., Fincher J.M., Strenger S., Keys J.E., Maxwell J.R., King T. A Geomorphic Classification System. Version 1.4, U.S.D.A. Forest Service, Geomorphology Working Group. 1998. 130 p.

УДК 550.8.01:553.983

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В НЕСТАНДАРТНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ В СВЯЗИ С РАЗРАБОТКОЙ МЕТОДОЛОГИИ ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ

Маракова И.А.

*ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет», Ухта,
e-mail: imarakova@ugtu.net*

Значительное внимание уделено условиям формирования залежей в нестандартных условиях структурно-тектонических зон, предгорных прогибов в Западно-Канадском, Аппалачском и Венесуэльском бассейнах, Тимано-Печорской провинции. В статье затрагивается тема восполнения минерально-сырьевой базы Тимано-Печорской провинции за счет новых объектов. В статье обобщен новый материал по исследуемой теме, в результате чего определены положения новой методологии прогнозирования и поиска залежей углеводородов в Тимано-Печорской провинции. Проведен сравнительный анализ условий формирования продуктивных отложений в тектонически активных нефтяных зонах за рубежом и нефтегазовых зонах в Тимано-Печорской провинции. За рубежом самые крупные месторождения нефти и газа находятся в Соединенных Штатах Америки и Канаде. В Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции открыто более 200 месторождений нефти и газа, значительная часть которых располагается на севере и востоке в пределах инверсионных валов, авлакоген-изостатических элементов и складчато-надвиговых зон. В настоящее время повышенный интерес возникает к изучению нетрадиционных источников углеводородов, условия формирования которых во многом схожи с условиями формирования нефтегазоносных сланцев в других нефтегазоносных бассейнах. На арктическом шельфе Тимано-Печорской провинции высоким нефтегенерационным потенциалом обладает среднеордовикско-нижнедевонский комплекс, что позволяет прогнозировать заполнение ловушек нефтью и образование промышленных залежей. Благоприятные условия для поиска подобных залежей имеются в пределах Большеземельского свода. На основе анализа геолого-геофизического материала о тектоническом развитии исследуемой территории, об обстановках осадконакопления, генерационном потенциале сделаны выводы о формировании областей нефтегазоносности в пределах изучаемых территорий Тимано-Печорской провинции.

Ключевые слова: предгорные прогибы, структурно-тектонические зоны, Тимано-Печорская провинция, нефтегазоносность, генерация нефти, условия формирования, сланцевая нефть

ANALYSIS OF THE FORMATION CONDITIONS OF HYDROCARBONS DEPOSITS IN NON-STANDARD RESERVOIR IN CONNECTION WITH THE DEVELOPMENT OF THE METHODOLOGY OF THEIR FORECASTING IN THE TYMANO-PECHORSK PROVINCE

Marakova I.A.

Ukhta State Technical University, Ukhta, e-mail: imarakova@ugtu.net

Considerable attention is paid to the conditions of formation of deposits in non-standard conditions of structural-tectonic zones, foothill troughs in the Western Canadian, Appalachian and Venezuelan basins, Timan-Pechora province. The article touches upon the topic of replenishing the mineral resource base of the Timan-Pechora province at the expense of new objects. The article summarizes new material on the topic under study, as a result of which the provisions of a new methodology for forecasting and searching for hydrocarbon deposits in the Timan-Pechora province are determined. A comparative analysis of the conditions for the formation of productive sediments in tectonically active oil zones abroad and in oil and gas zones in the Timan-Pechora province is carried out. Abroad, the largest oil and gas fields are located in the United States of America and Canada. More than 200 oil and gas fields have been discovered in the Timan-Pechora oil and gas province, a significant part of which is located in the north and east within inversion swells, aulacogen-isostatic elements and thrust-fold zones. Currently, there is increased interest in the study of unconventional sources of hydrocarbons, the formation conditions of which are in many respects similar to the conditions of formation of oil and gas shales in the other oil and gas basins. On the arctic shelf of the Timan-Pechora province, the Middle Ordovician-Lower Devonian complex has a high oil-generating potential, which makes it possible to predict the filling of traps with oil and the formation of industrial accumulation. Favorable conditions for searching for such deposits are available within the Bolshezemel'skiy arch. Based on the analysis of geological and geophysical material on the tectonic development of the study area, about the sedimentation environments, oil and gas generation potential, conclusions are drawn about the formation of oil and gas bearing areas within the study areas of the Timan-Pechora province.

Keywords: foothill troughs, structural-tectonic zones, Timan-Pechora province, oil and gas content, oil generation, formation conditions, shale oil

Масштабы потребления энергетических ресурсов характеризуются весьма интенсивным ростом, поэтому важно поддерживать рост объема минерально-сырьевой

базы. На Российскую Федерацию (РФ) приходится почти 1/2 угольных ресурсов мира, примерно 1/7 часть мировых запасов нефти и 1/3 природного газа. Надо признать, что

сегодня существует реальная угроза дальнейшему развитию нефтегазового комплекса России, обусловленная недостаточной обеспеченностью ее ресурсной базы. В старых нефтегазоносных районах РФ с активной добычей углеводородов (УВ) объем запасов постепенно сокращается, и поэтому требуется увеличение ресурсной базы за счет новых объектов. Сегодня в теоретических и практических основах поиска месторождений отмечается переходный рубеж научного обоснования происхождения УВ на разных глубинах. Поэтому предметом промышленного интереса сегодня становится углеводородное сырье, содержащееся в традиционных нефтегазовых объектах с ухудшенными свойствами УВ и вмещающей породы, нефтегазоматеринских и сопряженных с ними низкопоровых толщах, а также метаморфизованных и магматических породах-коллекторах. Огромный опыт освоения таких толщ есть за рубежом.

Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция является сегодня актуальной территорией для поиска новых залежей нефти и газа в пределах древних палеосводов, складчатых зон, авлакогенов, которые обладают значительными перспективами нефтегазоносности.

Материалы и методы исследований

Надо подчеркнуть, что в XXI веке наметилась тенденция сокращения запасов в уникальных, крупных и других по объемам месторождениях. За всю историю развития нефтегазового комплекса было открыто 14 уникальных месторождений в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, 4 в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. На сегодняшний день увеличивается количество открытий средних и мелких месторождений. Технический прогресс в разработке и добыче, увеличение объемов бурения стабилизирует и на малый процент увеличивает нефтедобычу в старейших нефтегазоносных районах Европейской части России. Совокупность этих фактов и потребность в восполнении ресурсной базы сделали необходимым поиск и освоение труднодоступных ресурсов нефти и газа, находящихся на большой глубине.

Сегодня во всем мире подходы к собственно углеводородной залежи значительно расширились. Следует сказать, что сейчас развиваются взгляды и подходы, которые отражают влияние энергетических, флюидодинамических процессов на формирование залежей нефти и газа. Тем не менее

механизм образования УВ более масштабнее, чем термодинамически простой, многоступенчатый термолиз органики, аккумулятивной в изолированных осадочных бассейнах прошлых геологических эпох. Мы обязаны учитывать не только законы микромира, но и квантовые механизмы, и многомерную квантовую логику [1; 2].

В научных публикациях В.П. Гаврилова раскрываются геодинамические подходы к нефтегазообразованию [3]. Им предложены рифтогенная и субдукционно-обдукционная модели нефтегазообразования.

Рифтогенная модель нефтегазообразования по В.П. Гаврилову заключается в том, что тепловой поток, идущий от мантии, активизирует процессы переработки органики, находящейся в мощной толще осадков, которые заполняют рифты и надрифтовые депрессии.

Субдукционно-обдукционная модель нефтегазообразования подразумевает образование нефти и газа в субдукционно-обдукционных структурах, куда рассеянные нефть и газ мобилизуются из сжимаемых осадочных толщ, а также за счет поступления углеводородов из зон поддвига с водоминеральным потоком. Как считает автор, в этом состоит механизм обогащения УВ осадочных толщ Предуральского краевого предгорного прогиба и Припайхойско-Приюжноновоземельского перикратона.

По данным Т.А. Киреевой, В.К. Утопленникова, перспективы нефтеносности фундамента связываются с его тектоническим строением. Здесь к рифтовым зонам и зонам разломов (Шаимский вал, Краснотенский свод, Уренгойский рифт) приурочены крупные нефтяные и газонефтяные месторождения. В Тимано-Печорской провинции также перспективами нефтеносности обладают отложения рифейского возраста. Они связаны с рифовыми постройками, которые установлены в обнажениях и скважинах Тимана, Вычегодского прогиба, восточного склона Татарского свода, Башкирского антиклинория, Приполярного Урала, Пай-Хоя. По данным Богданова Б.П., зарождение построек происходило на границах тектонических блоков вдоль разломов, их систем, на иных поднятиях морского дна [4]. Что касается углеводородных систем, находящихся в осадочном чехле на глубинах 2–3 км, то общепризнанно, что наиболее значимым и первоочередным объектом являются нетрадиционные коллекторы в баженовской свите Западной Сибири. В Тимано-Печорской провинции новым

потенциальным источником нефтяных и газовых ресурсов являются карбонатные отложения доманиковых фаций верхнего девона, которые распространены практически повсеместно на глубинах от 1000 до 5000 м.

В настоящее время определены основные закономерности стратиграфического распространения, условий образования и латерального распространения, выполнена оценка масштабов генерации УВ, обоснованы геофизические и геохимические параметры и рассчитаны плотности геологических ресурсов. Следует отметить, что повышенное содержание органического вещества приурочено к зонам проявления магматизма и может быть объяснено тем, что процессы нефтеобразования и нефтегазоаккумуляции в доманиковых отложениях связаны с историей становления земной коры региона, магматизма и деструкцией, образованием сквозных зон проницаемости, протеканием флюидодинамических и гидротермальных процессов, обеспечивающих условия для формирования восстановленных систем, миграции и локализации [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Западно-Канадский прогиб представляет собой предгорный осадочный бассейн, сформировавшийся в условиях горизонтального сжатия в процессе субдукции. На месторождениях тяжелой нефти в Канаде изначально нефть находилась на большей

глубине, вязкость была намного ниже, чем сейчас, и нефть перемещалась вверх-вниз по гидродинамически сообщающимся пластам. Основным каналом миграции флюидов были терригенные отложения мелового возраста, которые оказали большое влияние на гидродинамику бассейна. Нефть была помещена в стратиграфические ловушки. По мнению автора, к состоянию высокой вязкости нефти привели потеря легких углеводородных материалов и их массивная биodeградация на небольших глубинах.

Восточно-Венесуэльский бассейн имеет синклиналиную структуру, аналогичную Западно-Канадскому бассейну. Тектоническая структура бассейна образовалась в результате бокового или горизонтального сжатия со стороны горной системы Анд и горизонтального смещения пород с востока на запад (рис. 1).

Продуктивные отложения имеют речное и морское происхождение. По-видимому, существовали устьевые и дельтовые равнины, образованные реками, которые осушали Гайанский щит на юге. По мере изменения уровня моря зона осаднения осадочного материала смещалась. В разрезе присутствует много несогласий. Нефтематеринские породы, находящиеся на глубине, генерировали УВ, которые перемещались в южном направлении, подвергаясь биodeградации, поглощавшей более легкие фракции УВ. В Канаде и Венесуэле запасы нетрадиционной нефти колоссальны.



Рис. 1. Оринокский нефтегазоносный бассейн (по Н.А. Кицису, с дополнениями автора)

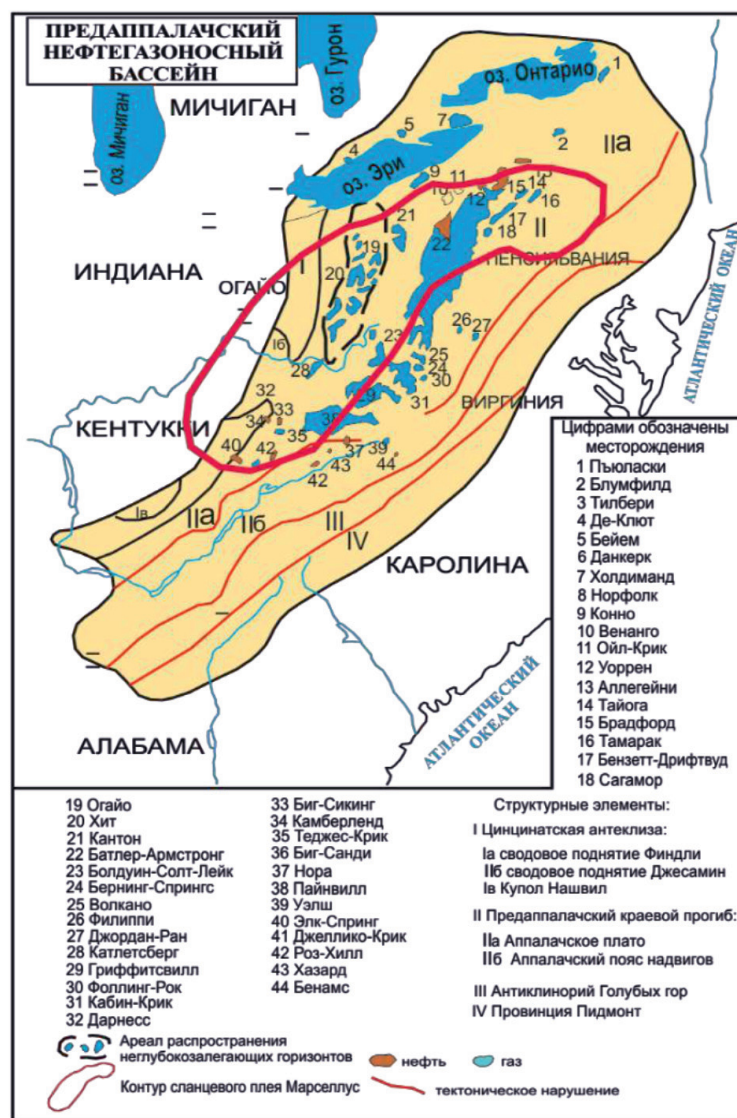


Рис. 2. Преаппалачский нефтегазоносный бассейн (по М.Р. Хоботу, с дополнениями автора)

Аппалачский бассейн представляет собой асимметричную впадину, образованную в аллеганскую фазу складчатости. На территории Северо-Американской плиты (от Аппалачей на востоке до Скалистых гор) сланцевые толщи в тектоническом отношении приурочены к впадинам и прогибам. В среднедевонское и нижнекаменноугольное время в анаэробных условиях начали формироваться черные сланцы [6]. Нефтеносные сланцы Игл Форд (Eagle Ford Shale) были открыты в Мексиканском заливе в 2008 г. Формация Eagle Ford – это черный известняковый сланец с высоким содержанием органического углерода, который распространен в юго-восточной части

Техаса. Для формации не присуща природная трещиноватость, характерная для других бассейнов сланцевого газа. Основным способом эксплуатации сланцевых углеводородов является вертикально-горизонтальное бурение и многостадийный гидроразрыв пласта.

Марселлус (средний девон) является самым крупным известным скоплением сланцевого газа в мире. Отложения богаты органическим веществом, также известны как сланец Марселлус (рис. 2).

Значения термической зрелости (основанные на измерениях отражательной способности витринита (R_o) в образцах керна) в сланцах Марселлус обычно увеличивают-

ся в юго-восточном направлении, в диапазоне от 0,5% до более 3,5% в Аппалачском бассейне. Литологическая неоднородность контролируется осадочными и диагенетическими процессами.

Бассейн Кыу Лонг во Вьетнаме представляет собой рифтовую зону, развитую в период от олигоцена до раннего миоцена. Разлом прослежен в юрских и позднемеловых гранитно-гранодиоритовых интрузиях. Вполне вероятно, что углеводороды здесь мигрировали из самых зрелых отложений в системы разломов внутри гранита.

РФ располагает значительным объемом ресурсов УВ сырья, находящихся в нестандартных условиях. Значительные ресурсы и запасы содержатся в баженовской свите Западной Сибири. Не менее перспективными объектами для научных исследований и геологоразведочных работ считаются нестандартные коллекторы в Тимано-Печорской провинции.

Доманиковые фации Тимано-Печорской провинции формировались в морских обстановках осадконакопления, как следствие продолжительного некомпенсированного прогибания с невысокими скоростями седиментации. Представлены переслаиванием битуминозных сланцев, с битуминозными известняками. Вскрыты в Тимано-Печорской провинции около 1500 скважинами. Скопления нефти в нетрадиционных толщах также приурочены к складчато-надвиговым поясу Урала и присутствуют в пределах Предуралья Краевого прогиба. В сравнении с зарубежным опытом это предполагает значительные перспективы нефтегазоносности данной зоны. Должное внимание к ее изучению позволит повысить эффективность поисков крупных месторождений с применением новых методик их поиска. Пустотное пространство коллекторов домаников представлено трещинами. Продуктивность доманиковых отложений доказана на целом ряде площадей и месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Встречаются нефти различной вязкости (от 8 до 110 мПа·с) и плотности (от 0,7 до 0,9 г/см³), малосернистые, высокосмолистые. На территории Тимано-Печорской провинции в зонах проявления магматизма установлена связь истории становления земной коры региона с процессами нефтеобразования и нефтегазонакопления доманиковых отложений.

Высокая перспективность малоизученного надкарбонатного пермско-триасово-юрского комплекса доказана единичными

открытиями месторождений в пределах континентальной части, а также на шельфе, от мелких до уникальных (Харьягинское, Лабаганское, Южно-Торавейское, Северо-Гуляевское, Варандей-море, Поморское и др.). Как правило, эти открытия имели эпизодический характер и в континентальной части являлись попутными. Очень перспективная на открытие новых крупных залежей УВ в надкарбонатном терригенном комплексе Коротаихинская впадина. Перспективы связаны с литологическими и экранированными ловушками, сформировавшимися в зоне распространения аллювиально-дельтовых и прибрежно-морских осадков. Зональными и локальными флюидоупорами для залежей служат однообразные внутрикомплексные межпластовые глинистые пачки различной мощности [7].

Значительные толщины, удовлетворительные фильтрационно-емкостные свойства среднеордовикско-нижнедевонского нефтегазоносного комплекса (НГК), наличие промышленных притоков УВ из него являются основанием для выделения этого НГК как одного из наиболее перспективных объектов для поисков залежей УВ. В формировании НГК основную роль сыграла рифтовая стадия развития и предверхнедевонский региональный перерыв в осадконакоплении, когда толщи силурийско-нижнедевонских отложений были выведены на поверхность и подверглись глубокому размыву, сопровождаясь интенсивными денудационными и эрозионными процессами с выщелачиванием и доломитизацией карбонатов. Эти процессы способствовали образованию вторичных, сложнопостроенных коллекторов порово-трещинно-кавернового типов. В тиманско-саргаевское время над этими коллекторами формировалась надежная глинистая покрывка. Большинство месторождений УВ в среднеордовикско-нижнедевонском комплексе открыто в верхней его части непосредственно под тиманской региональной покрывкой. Основанием для целенаправленного изучения и опробования нижней части ордовикско-нижнедевонского комплекса является получение притока УВ из ордовикских отложений в скважине 1-Воргамусюрская в пределах гряды Чернышева.

Для анализа нефтегенерационного потенциала рассматриваемых отложений были составлены модели их прогрева. К примеру, бассейновые палеорекоkonструкции на территории Коротаихинской впадины показывают, что образование нефтей в вероятных

верхнесилурийско-нижнедевонских нефтегазоматеринских породах (НГМП) могло начаться к началу карбона, в доманикитах среднего франа-турне – к началу перми. Нижнепермские НГМП на северо-востоке впадины вступили в главную зону нефтегазообразования уже в верхней перми. В триасе в северной части впадины значительная часть нижнепермских отложений вошла в зону апокатагенеза, в то время как на юге отложения достигли главной зоны нефтегазообразования. Нефтегенерационный потенциал был полностью реализован к началу триаса, когда началось наиболее быстрое и высокоамплитудное погружение Коротаихинской впадины. Из этого следует, что первоначальные условия аккумуляции углеводородов в Коротаихинской впадине были вполне благоприятны.

Нефтегазоматеринские породы ордовикско-нижнедевонского НГК в пределах большеземельского свода представлены глинистыми и карбонатно-глинистыми породами с содержанием Сорг более 6%. Нефтегенерационный потенциал реализован на 70–75%.

Анализ нефтегенерационного потенциала, нефтегазоносности, тектонического и фациального развития исследуемых территорий позволил выделить тектоно-фациально-эволюционно-динамические зоны концентрации нефтегазоносности: Коротаихинскую, Большеземельскую и Предуральскую. Ловушки в этих зонах формировались под воздействием: 1) первичного тектонического фактора, отвечающего за формирование рельефа; 2) гидродинамической расчлененности среды; 3) седиментационно-литологического фактора; 4) вторичного тектонического фактора (изменение геометрии слоев, изменение коллекторских свойств с глубиной). Вероятность заполнения УВ имеющихся в выделенных зонах нефтегазоперспективных ловушек высокая. Так, в терригенных отложениях пермского возраста в Коротаихинской впадине разместилось 10,95 млрд т нефти и 115 трлн м³ газа.

Выводы

1. Выполнен анализ условий формирования залежей углеводородов в нестандартных условиях и условиях предгорных прогибов в Западно-Канадском, Аппалачском и Венесуэльском бассейнах, Тимано-Печорской провинции.

2. Со складчатыми поясами и передовыми прогибами в мире связаны крупнейшие

скопления нефти и газа в Канаде, Венесуэле и США. В Российской Федерации значительными по запасам и ресурсам являются скопления УВ в нижнепалеозойских карбонатах, «доманикитах» и надкарбонатном терригенном пермско-мезозойском комплексе, размещенные в складчатых и структурно-тектонических зонах Тимано-Печорской провинции.

3. Исследованы зависимости между глубиной геодинамикой литосферных плит, формированием осадочного чехла и нефтегазоносных структур. Тектоническая ситуация создавала благоприятные условия для миграции первичных УВ из нефтегазоматеринских пород, и в связи с этим прослеживаются закономерности их размещения по глубине.

4. Следует подчеркнуть, что впервые на территории Тимано-Печорской провинции в зонах проявления магматизма установлена связь истории становления земной коры региона с процессами нефтеобразования и нефтегазонакопления доманиковых отложений.

В связи с этим предлагается методология тектоно-фациально-эволюционно-динамического прогнозирования и оценки наличия залежей углеводородного сырья в терригенных и карбонатных отложениях, которая заключается в выделении тектоно-фациально-эволюционно-динамических зон концентрации нефтегазоперспективных ловушек, отражающих влияние энергетических процессов на формирование будущих залежей нефти и газа.

Список литературы / References

1. Грунис Е.Б., Барков С.Л. Проблемы и пути реализации инновационного комплексирования геолого-геофизических исследований на поздней стадии разработки месторождений // Георесурсы. 2013. № 4 (54). С. 28–34.

Grunis E.B., Barkov S.L. Problems and ways to implement innovative integration of geological and geophysical research at the late stage of field development // Georesursy. 2013. No. 4 (54). P. 28–34 (in Russian).

2. Грунис Е.Б., Барков С.Л., Епифанов А.А., Мишина И.Е. Состояние ресурсной базы углеводородного сырья России и актуальные проблемы нефтегазогеологической науки // Геология нефти и газа. 2016. № 5. С. 32–45.

Grunis E.B., Barkov S.L., Epifanov A.A., Mishina I.E. The state of the resource base of hydrocarbon raw materials in Russia and topical problems of oil and gas geological science // Geologiya nefiti i gaza. 2016. No. 5. P. 32–45 (in Russian).

3. Гаврилов В.П. Возможные механизмы естественного восполнения запасов на нефтяных и газовых месторождениях // Геология нефти и газа. 2008. № 1. С. 56–64.

Gavrilov V.P. Possible mechanisms of natural replenishment of reserves in oil and gas fields // Geologiya nefiti i gaza. 2008. No. 1. P. 56–64 (in Russian).

4. Богданов Б.П. Волго-Тиманский и Восточно-Европейский рифейские барьерные рифы как индикаторы структурно-формационной зональности верхнего докембрия Вос-

точно-Европейской платформы (в связи с перспективами нефтегазоносности) // Геодинамика, вещество, рудогенез Восточно-Европейской платформы и ее складчатого обрамления: материалы всероссийской научной конференции. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УРО РАН, 2017. С. 22–27.

Bogdanov B.P. Volga-Timan and East European Riphean barrier reefs as indicators of the structural-formational zoning of the Upper Precambrian of the East European platform (in connection with the oil and gas potential) // Geodinamika, veshchestvo, rudogenez Vostochno-Yevropeyskoy platformy i yeye skladchatogo obramleniya: materialy vs Rossiyskoy nauchnoy konferentsii. Syktyvkar: IG Komi NTS URO RAN, 2017. P. 22–27 (in Russian).

5. Грунис Е.Б., Варламов А.И., Ростовщиков В.Б., Маракова И.А. Состояние, пути наращивания сырьевой базы углеводородов в Российской Федерации и проблемы геологического моделирования // Новые идеи в геологии нефти и газа-2019: материалы международной научно-практической конференции. М.: Издательство «Перо», 2019. С. 138–145.

Grunis E.B., Varlamov A.I., Rostovshchikov V.B., Marakova I.A. State, ways of increasing the raw material base of

hydrocarbons in the Russian Federation and problems of geological modeling // Novyye idei v geologii nefi i gaza-2019: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. M.: Izdatel'stvo «Pero», 2019. P. 138–145 (in Russian).

6. Ульмасвай Ф.С., Базаревская Н.И. Тектоническая приуроченность и геологическое строение плеев сланцевого газа и нефти // Георесурсы. 2013. № 2 (52). С. 21–25.

Ulmavay F.S., Bazarevskaya N.I. Tectonic confinement and geological structure of shale gas and oil plays // Georesursy. 2013. No. 2 (52). P. 21–25 (in Russian).

7. Маракова И.А., Ростовщиков В.Б., Колоколова И.В. Перспективы открытия новых месторождений углеводородов в Тимано-Печорской провинции // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: материалы XVII Геологического съезда Республики Коми. Т. III. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УРО РАН, 2019. С. 142–149.

Marakova I.A., Rostovshchikov V.B., Kolokolova I.V. Prospects for the discovery of new hydrocarbon deposits in the Timan-Pechora province // Geologiya i mineral'nyye resursy Yevropeyskogo Severo-Vostoka Rossii: materialy XVII Geologicheskogo s'yezda Respubliki Komi. T. III. Syktyvkar: IG Komi NTS UrO RAN, 2019. P. 142–149 (in Russian).

УДК 551.799

МНОГОЛЕТНИЕ ДАННЫЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДОННЫХ ОСАДКОВ КАК ИНДИКАТОР УСТОЙЧИВОСТИ ОБСТАНОВКИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

Чечко В.А., Топчая В.Ю.*Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, Москва, e-mail: che-chko@mail.ru*

Представлены результаты и интерпретация гранулометрических параметров донных осадков, отобранных в Калининградском заливе. Образцы были отобраны с поверхностного слоя (0–7 см) донных осадков в 1993 и 2020 гг. в одних и тех же точках. Осадки, отобранные в 1993 г., состояли в среднем из алевритовых (38%) и очень мелких песчаных частиц (27%). Основными примесями служили мелкие пески (12%) и илистые фракции (12%). По своим гранулометрическим характеристикам современные донные осадки отличались от осадков, изученных 17 лет назад. В их составе в среднем также преобладали алевриты и очень мелкие пески, однако алевритов было меньше (31% вместо 38%), а песков – больше (30% вместо 27%). Обобщенные данные гранулометрического анализа показывают, что существующие в заливе в последние 17 лет условия осадконакопления способствуют вымыванию из донных отложений тонкого осадочного материала и, соответственно, увеличению в их составе более крупных, песчаных фракций. Так, содержание суммарной песчаной фракции в среднем (для 20 проб) за 17 лет увеличилось с 50% до 62%. Показано, что изменения в составе осадков, произошедшие за последние 17 лет, неодинаковы и зависят от типов осадков. Максимальное увеличение песчаного материала отмечено в донных отложениях, в составе которых доминируют пески. В осадках с преобладанием илистых или алевритовых частиц содержание суммарной песчаной фракции увеличилось незначительно. Результаты исследований подтвердили выдвинутую ранее гипотезу о частичном выносе тонкого материала за пределы залива, или же о его перемещении и аккумуляции в более глубоких местах. Выявленное направление литодинамики залива обусловлено процессами ветро-волнового взмучивания, которые активизировались после искусственного ограничения речного стока в начале XX в.

Ключевые слова: Калининградский залив, донные отложения, гранулометрический состав, ветро-волновое взмучивание

LONG-TERM DATA OF GRAIN SIZE PARAMETERS OF BOTTOM SEDIMENTS AS AN INDICATOR OF STABILITY OF SEDIMENTATION ENVIRONMENT

Chechko V.A., Topchaya V.Yu.*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: che-chko@mail.ru*

The results and interpretation of the grain size parameters of bottom sediments sampled in the Kaliningrad Bay are presented. Samples were taken from the surface of bottom sediments in 1993 and 2020 at the same points. The sediments sampled in 1993 consisted of silty (38%) and very fine sandy particles (27%). The main impurities were fine sands (12%) and silty fractions (12%). In terms of their characteristics, modern bottom sediments differed from the sediments studied 17 years ago. Their composition was also dominated by silts and very fine sands, but there were fewer silts (31% instead of 38%), and more sands (30% instead of 27%). The generalized data of grain size analysis show that the sedimentation conditions existing in the bay over the past 17 years favor the washing out of fine sedimentary material from the bottom sediments and, accordingly, an increase in their composition of larger, sandy fractions. Thus, the content of the total sand fraction on average (for 20 samples) for 17 years increased from 50% to 62%. It is shown that changes in the composition of sediments that have occurred over the past 17 years are not the same and depend on the types of bottom sediments. The maximum increase in sandy material was noted in bottom sediments, which are dominated by sands. In sediments with a predominance of silty or silty particles, the content of the total sand fraction increased slightly. The results of the research confirmed the hypothesis put forward earlier about the partial removal of thin material outside the bay, or about its movement and accumulation in deeper places. The revealed direction of the lithodynamics of the bay is due to the processes of wind-wave roiling, which intensified after the artificial limitation of the river runoff at the beginning of the 20th century.

Keywords: Kaliningrad Bay, bottom sediments, grain size composition, wind-wave roiling

Седиментационные системы прибрежных мелководных водоемов лагунного типа (таких, как Вислинский залив Балтийского моря) находятся под влиянием как наземных, так и морских детерминант. Снабжение осадочным материалом регулируется речным стоком и береговой абразией [1], динамика верхнего слоя осадков – ветро-волновым воздействием [2], а роль приливов и отливов выполняют сгонно-нагонные явления [3]. В последние годы

все возрастающее влияние на функционирование прибрежных заливов оказывает антропогенный фактор: интенсификация судоходства, проведение дноуглубительных работ, рыболовство, добыча нерудных полезных ископаемых, рекреационная деятельность [4].

Важнейшая компонента седиментационных систем – донные отложения. Особый интерес исследователи проявляют к текстурным параметрам донных осадков и их

гранулометрическому спектру. Данные о содержании той или иной фракции дают представление о генезисе, физико-механических и химических свойствах, инженерно-геологических и геохимических особенностях и минеральном составе отложений [5]. Кроме этого, гранулометрический спектр верхнего слоя осадков является индикатором современных условий седиментации, а по его изменениям можно судить о динамике верхнего слоя и о направлении эволюции литосистемы в целом.

Закономерности распределения и гранулометрические типы донных осадков Калининградского залива (русская половина Вислинского залива) описаны в [6]. На основании сравнительного анализа картосхем донных осадков залива была выявлена динамика их поверхностного слоя за 33 года (1960–1993 гг.) [7]. В результате автор выдвинул гипотезу, согласно которой конечным результатом современных процессов седиментации является частичный вынос тонкого осадочного материала в море, сопровождающийся погрубением верхнего слоя донных отложений. Подтверждением данной гипотезы является работа [8], характеризующая динамику донных осадков за последние десятилетия в польской половине залива.

Цель работы – анализ и интерпретация гранулометрических параметров проб донных осадков, отобранных в Калининградском заливе в одних тех же точках в 1993 и 2020 гг. для оценки многолетних изменений в составе донных осадков и выявления направления эволюции осадконакопления в Калининградском заливе.

Район и методы исследования

Вислинский залив (частью которого является Калининградский залив) – второй по величине водоем лагунного типа Балтийского моря с максимальной глубиной 5,2 и средней – 2,7 м. Он расположен в юго-восточной части Балтийского моря и отделяется от него песчаной косой (рис. 1). Водобмен с морем осуществляется через судоходный Балтийский пролив и носит эстуарный характер, а роль приливо-отливных процессов в бесприливном водоеме выполняют сгонно-нагонные явления.

С момента своего возникновения в ранний атлантический период до начала XX в. залив подвергался только естественным процессам, определяющим среди которых был сток реки Висла. Значительная часть приносимого рекой осадочного материала осаждалась непосредственно в приустьевом районе, за счет чего устье реки выдвигалось в залив, что делало его мельче и меньше. В начале XX в. осуществлено регулирование речного стока, в результате которого 90% стока стало поступать непосредственно в море. После этого определяющее влияние стока реки Висла на гидрологические циклы, динамику взвеси, наносов и другие процессы седиментации уменьшилось. Вместе с тем значительно усилилось влияние Балтийского моря, в формировании верхнего слоя осадков на первое место выходят процессы ветро-волнового взмучивания донных отложений [9]. Осадочный материал, поступающий в лагуну, фиксируется на дне не сразу, ветровое волнение способствует его многократному взмучиванию.

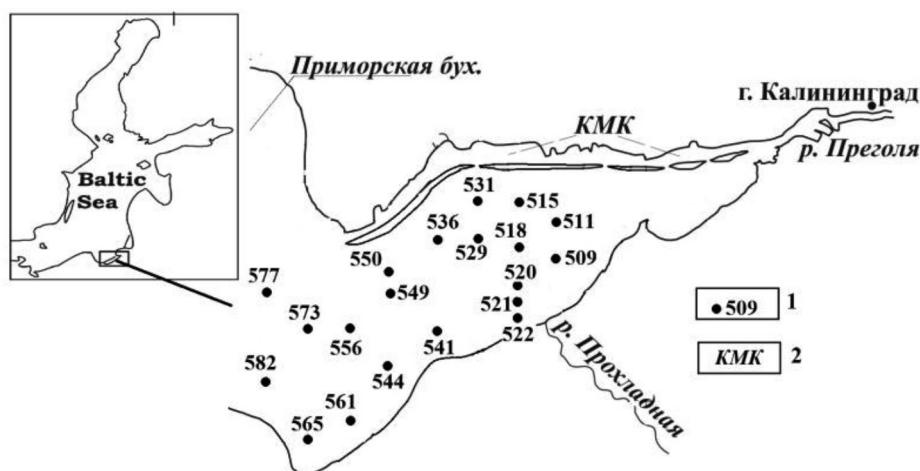


Рис. 1. Карта-схема расположения станций в акватории Калининградского залива: 1 – станция и ее номер; 2 – Калининградский морской канал

Вследствие этого верхний слой донных осадков отличается динамичностью и способностью к переотложению, то есть к перераспределению седиментационных компонентов внутри бассейна в соответствии с его гидродинамическим состоянием.

Пробы донных отложений были отобраны во время литологической съёмки Калининградского залива на 20 станциях в 1993 г., а затем на тех же станциях в 2020 г. (рис. 1). Они отбирались с помощью пробоотборника Петерсена из верхнего (0–7 см) слоя осадков. Первичная обработка полученных образцов донных осадков осуществлялась по методике, используемой сотрудниками Института океанологии РАН в морских геологических экспедициях. Гранулометрический анализ донных отложений определялся по массовому содержанию частиц различной крупности в процентах от массы исследуемого образца. Он выполнялся ситовым (фракции > 0,04 мм) и водно-механическим (фракции < 0,04 мм) методами [10].

Исходя из результатов гранулометрического анализа и в соответствии с классификацией Вентворта [11], была выполнена

типизация донных отложений. Графическим способом (по методу П. Траска) были рассчитаны медианный диаметр частиц (Md), коэффициент сортировки (So), коэффициент асимметрии (Sk) и эксцесс (Se). Хорошо сортированными считались осадки, коэффициент сортировки которых не превышал 2 ($So < 2$), к средне сортированным относились осадки с коэффициентом от 2 до 3, а в плохо сортированных осадках коэффициент сортировки превышал 3 ($So > 3$).

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты гранулометрического анализа проб донных осадков, отобранных в Калининградском заливе в 1993 и 2020 г., представлены в таблице. Осадки, отобранные в 1993 г., состояли в среднем из алевритовых (38%) и очень мелких песчаных частиц (27%). Основными примесями служили мелкие пески (12%) и илистые фракции (12%). По своим гранулометрическим характеристикам современные донные осадки отличались от осадков, изученных 17 лет назад (таблица).

Гранулометрический состав проб донных осадков, отобранных в одних и тех же точках в 1993 и 2020 гг.

Станция, №	Год отбора проб	Глуб., м	Содержание фракций (мм), %							Md	S ₀
			>1.0	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.125	0.125-0.063	0.063-0.04	<0.04		
509	2020	3.0	0.0	0.0	0.5	3.5	44.0	45.0	7.0	0.061	1.4
	1993		0.0	0.3	0.8	2.0	32.9	57.2	6.9	0.056	1.3
511	2020	3.1	0.0	0.0	0.0	4.5	22.0	59.0	14.5	0.052	1.2
	1993		0.0	0.0	0.0	2.2	19.0	62.3	16.8	0.05	1.2
515	2020	3.0	0.0	0.5	12.5	6.0	29.0	39.0	13.0	0.055	1.5
	1993		0.0	0.0	10.0	4.5	25.4	47.7	12.4	0.057	1.4
518	2020	3.2	0.0	0.0	0.0	5.4	17.0	64.0	13.0	0.052	1.2
	1993		0.0	0.0	0.0	4.0	15.0	66.0	15.0	0.049	1.2
520	2020	3.1	0.0	0.5	14.5	7.0	29.0	36.0	13.0	0.064	1.6
	1993		0.0	0.0	9.5	4.4	16.0	49.5	20.6	0.053	1.2
521	2020	2.4	39.0	32.0	2.2	8.0	17.3	1.0	0.0	0.81	3.0
	1993		28.5	24.5	1.0	5.4	30.0	10.3	0.0	0.521	3.9
522	2020	1.5	0.1	4.8	32.3	38.2	23.7	0.1	0.0	0.221	1.7
	1993		0.0	1.5	22.4	25.7	45.4	5.0	0.0	0.123	1.7
531	2020	3.0	6.0	7.5	12.5	13.0	34.5	25.5	0.8	0.1	2.2
	1993		1.5	2.4	5.0	10.2	19.2	45.6	16.2	0.056	1.7
529	2020	3.2	0.0	0.0	0.0	7.5	22.0	57.5	13.0	0.052	1.3
	1993		0.0	0.0	0.0	5.5	20.0	60.5	14.3	0.051	1.2
536	2020	3.7	0.0	0.0	1.5	9.0	32.5	44.0	17.0	0.058	1.4
	1993		0.0	0.0	1.0	8.5	33.0	40.4	17.2	0.058	1.4
541	2020	1.5	0.3	3.5	37.2	58.0	0.3	0.0	0.0	0.19	1.6
	1993		0.0	1.5	22.4	54.6	14.5	4.2	2.5	0.174	1.4
550	2020	3.2	0.1	1.0	2.5	20.0	66.0	9.6	0.0	0.10	1.4
	1993		0.0	0.0	1.0	16.3	54.4	19.6	8.0	0.081	1.4
549	2020	4.4	0.0	0.0	1.0	9.0	29.5	42.5	18.0	0.058	1.5
	1993		0.0	0.0	1.0	7.5	27.2	48.4	17.5	0.051	1.3
544	2020	2.5	0.0	0.2	12.0	23.4	53.0	7.3	4.2	0.112	1.5
	1993		0.0	0.0	10.2	21.0	40.6	17.4	10.8	0.085	1.5

В их составе в среднем также преобладали алевриты и очень мелкие пески, однако алевритов было меньше (31 % вместо 38 %), а песков – больше (30 % вместо 27 %). Что касается основных примесей, то ими также были мелкие пески и илстые фракции. Однако количество мелких песков к 2020 г. увеличилось с 12 до 15 %, а содержание илстых частиц за 17 лет – уменьшилось (с 12 % в 1993 г. до 7 % в 2020 г.).

Обобщение параметров гранулометрического состава, являющихся отражением условий осадконакопления, позволило выявить отличительные особенности, характерные для современного осадконакопления. К ним следует отнести, прежде всего, доминирование процессов вымывания из донных отложений залива тонких осадочных частиц и, соответственно, увеличение в составе осадков более грубого, песчаного материала. Так, содержание суммарной песчаной фракции в среднем (для 20 проб) за 17 лет увеличилось с 50 до 62 %. На треугольной диаграмме (рис. 2) показано распределение проб донных отложений (отобранных в одних и тех же точках в 1993 и 2020 гг.) относительно соотношения в них песчаных, алевритовых и илстых частиц. Видно, что практически все пробы сместились в направлении левого нижнего угла треугольника, то есть в сторону песчаной фракции.

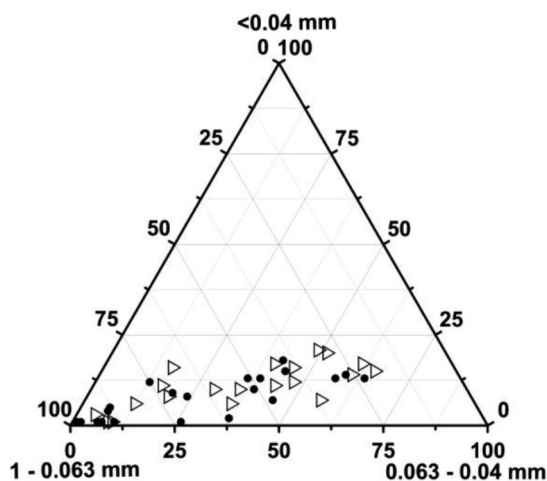


Рис. 2. Треугольная диаграмма соотношения песчаных, алевритовых и илстых частиц в пробах донных отложений, отобранных в 1993 г. (треугольники) и в 2020 г. (точки)

В то же время было выявлено, что изменения, произошедшие за последние 17 лет в составе осадков, неодинаковы, а величина

таких изменений зависит от типов осадков. Наибольшее увеличение числа осадочных частиц песчаных размерностей за этот период отмечено в осадках с преобладанием в их составе песчаного материала. Так, например, на станциях 522, 541, 544, расположенных на небольших глубинах (1,5–2,5 м), содержание суммарной песчаной фракции увеличилось на 6,8 и 18 % соответственно. При этом содержание самого тонкого, илстого материала уменьшилось на 3 % (ст. 541) и на 10 % (ст. 544). На станциях 518, 536 и 549, где преобладают илстые и алевритовые отложения, содержание суммарной песчаной фракции увеличилось не более чем на 3 %, а содержание илстых фракций практически не изменилось.

Пробы донных осадков 1993 и 2020 гг. имеют преимущественно одномодальный гранулометрический состав (рис. 3) с размерностью моды, которая, как правило, всегда больше 0,04 мм, и дефицитом частиц менее 0,04 мм. Это свидетельствует о постоянстве и непрерывности процесса осадконакопления, без резких колебаний, способных оказать серьезное влияние на изменение условий отложения и механической дифференциации донных осадков.

К числу важных гранулометрических параметров, характеризующих силу, скорость потока и гидродинамический уровень среды седиментации, относится медианный диаметр (Md). Он представляет собой меру величины зерен, указывающую на минимальную энергию транспортирующей среды, необходимую для переноса осадка. Проведенные расчеты показывают, что для всех изученных проб донных осадков значения Md увеличились в среднем на 0,027 (с 0,093 в 1993 г. до 0,12 в 2020 г.). Больше всего средний размер осадочных частиц изменился в песчаных отложениях, за 17 лет значения Md в них увеличились на 0,07. Такие изменения функционально обусловлены увеличением значений критерия перемещения материала осадков, то есть формирование состава верхнего слоя современных осадков происходит в активной гидродинамической среде.

Что касается коэффициента сортировки, характеризующего степень однообразия зерен по величине, то его значения в осадках, отобранных в 1993 г., варьировали в диапазоне от 1,2 до 1,7. В пробах осадков 2020 г. значения коэффициента сортировки оказались идентичными, то есть осадки обладали одинаково хорошей степенью сортировки, практически не изменившейся за 17 лет.

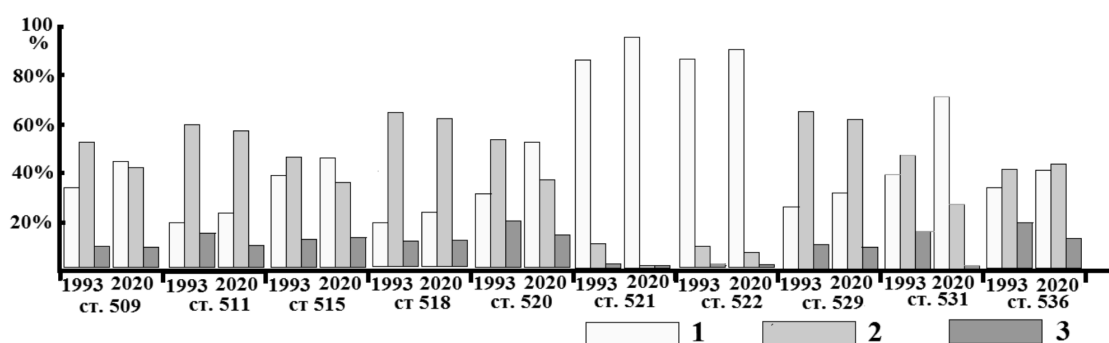


Рис. 3. Гистограмма песчаных, алевритовых и глинистых фракций донных отложений, собранных в 1993 и 2020 гг.: 1 – пески; 2 – алевриты; 3 – глинистые фракции

Это вполне соответствует современной обстановке седиментации, характеризующейся активной волновой переработкой и механической дифференциацией донных осадков.

Донные осадки с преобладанием песчаного материала имеют отрицательный коэффициент асимметрии, свидетельствующий о повышенном, по сравнению с нормальным распределением, содержании крупных фракций. Это косвенно означает, что скорость волновой переработки материала на глубинах до 2–2,5 м (где распространены пески) превышает интенсивность его поступления. Осадкообразование на этих глубинах происходит в условиях влияния сильных течений и одинакового воздействия прямого и обратного волновых потоков, обуславливающих вымывание тонкозернистого осадочного материала и хорошую сортировку осадков. В более глубоких местах условия осадкообразования отличаются слабыми постоянными течениями и ослабленным волновым воздействием на дно. Значения асимметрии и эксцесса донных осадков в углубленных местах залива указывают на доминирование процессов аккумуляции, то есть на преобладание поступления материала над скоростью его переработки.

Выводы

Проведенные исследования выявили зависящие от типов осадков изменения их состава, произошедшие за 17 лет. Наибольшие увеличения среднего размера частиц свойственны осадкам с преобладанием песчаного материала. Сортировка осадков практически не изменилась и соответствует современным условиям седиментации. Значения асимметрии донных осадков (залега-

ющих на глубинах до 2–2,5 м) косвенно означают, что скорость волновой переработки материала в таких местах превышает интенсивность его поступления. Искусственное зарегулирование речного стока привело к изменению направления эволюции залива как системы в целом, так и к изменению его естественного режима седиментации в частности. Особенностью современной обстановки осадконакопления является вымывание из верхнего слоя донных осадков тонких частиц с последующим выносом их в море или же аккумуляцией в наиболее углубленных местах.

Экспедиционные исследования и гранулометрический анализ проб донных осадков выполнялись при поддержке гранта РФФИ p_a № 19-45-390013, анализ и интерпретация данных выполнялись в рамках госзадания ИО РАН (тема № 0128-2021-0012).

Список литературы / References

1. Kennish M.J. Coastal lagoon. Encyclopedia of Estuaries. Springer. 2015. P. 140–143.
2. Чечко В.А. Особенности современных процессов осадкообразования в Вислинском и Куршском заливах // Система Балтийского моря / Ред. А.П. Лисицын. М.: Научный мир, 2017. С. 373–380.
3. Chechko V.A. Features of modern sedimentation processes in Vistula and Curonian Lagoons // Sistema Baltijskogo morza / Red. A.P. Lisitsyn. M.: Nauchnyy mir, 2017. P. 373–380 (in Russian).
4. Rozynski G., Bielecka M., Margonski P., Psuty I., Szymanek L., Chubarenko B., Esiukova E., Domnina A., Domnina A., Pilipchuk V. The physio-geographical background and ecology of the Vistula Lagoon. Coastal Lagoons in Europe / ed. Ana I. Lillebø, Per Stålnacke, Eoffrey D. Gooch. London. IWA Publishing. 2016. P. 57–66.
5. Patin S.A. Anthropogenic Impact on Marine Ecosystems and Living Resources: Sources, Effects, Problems. RFRIO works «Control and protection of the state of the aquatic environment and biological resources». 2015. Vol. 154. P. 85–104.
6. Фёдоров Ю.А., Гарькуша Д.Н., Тамбиева Н.С., Андреев Ю.А., Михайленко О.А. Влияние гранулометрического состава донных отложений озера Байкал на распре-

ление метана и сульфидной серы // Литология и полезные ископаемые. 2018. № 4. С. 1–13.

Fedorov Yu.A., Garkusha D.N., Tambieva N.S., Andreev Yu.A., Mikhaylenko O.A. Influence of granulometric composition of bottom sediments of lake Baikal on methane and sulfide sulfur distribution // *Litologiya i poleznyye iskopayemye*. 2018. № 4. P. 1–13 (in Russian).

6. Blazhishin A.I. The sediments of the Vistula Lagoon / Emelyanov E.M. (ed.). *Geology of the Gdansk Basin, Baltic Sea*. Kaliningrad: Yantarny Skaz. 2002. P. 349–352.

7. Chechko V. Spatial structure and evolution of bottom sediments in the Vistula Lagoon. Transboundary waters and basins in the South-East Baltic / ed. B.V. Chubarenko. Kaliningrad: Terra Baltica, 2008. P. 244–250.

8. Szymczak E. Characteristics of Sediments in a Changing Environmental Conditions in Vistula Lagoon (Poland). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2019. P. 1–10.

9. Gic-Grusza G., Dudkowska A. Wind waving. Vistula Lagoon / ed. J. Bolałek. PWN Warszawa. 2018. P. 86–89.

10. Буданова Т.Е., Озмидов О.Р., Озмидов И.О. Современные методы изучения гранулометрического состава грунтов // *Инженерные изыскания*. 2013. № 8. С. 66–73.

Budanova T.E., Ozmidov O.R., Ozmidov I.O. Modern methods for studying the particle size distribution of soils // *Inzhenernye izyskaniya*. 2013. No. 8. P. 66–73 (in Russian).

11. Wentworth C.K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*. 1922. V. 30. No. 5. P. 377–392.

УДК 911.3:314.8:332.1(571.56)

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ СОЦИАЛЬНОЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)**Шведов В.Г., Ткаченко Г.Г., Ушаков Е.А., Чурзина А.А.***ФГБУН «Тихоокеанский институт географии ДВО РАН», Владивосток, e-mail: i-svg@yandex.ru*

В статье проведён анализ наиболее важных, по мнению авторов, показателей состояния социальной среды Арктической зоны Республики Саха (Якутия): здоровье населения, его материальное благосостояние и продовольственное обеспечение. Отмечено, что после массового эмиграционного оттока в конце XX века демографическая ситуация в регионе относительно стабилизировалась. Но хотя наблюдается некоторый прирост населения, его численность остаётся крайне низкой. На этом фоне в социальной среде региона сохраняется несколько существенных проблем. Местная система здравоохранения в постсоветский период подверглась серьёзной деструкции и не соответствует современному технологическому уровню оказания медицинской помощи. Уровень материального благосостояния местного населения низок из-за больших расходов на продукты питания, тепло- и энергообеспечение. При этом набор отраслей, которые могут обеспечить занятость местного населения, относительно узок. Имеется крупный дисбаланс в заработной плате между вахтовым и постоянно проживающим контингентом работающих. Ситуация с продовольственной безопасностью региона критическая. Поскольку природные условия этой территории накладывают серьёзные ограничения на сельскохозяйственное производство, она почти на 90% зависит от внешних поставок продуктов питания. Их доставка Северным морским путём в основном оправдывает себя с точки зрения логистики. Но упорядоченная и надёжная схема их доставки потребителям внутри региона фактически отсутствует. В статье дан краткий анализ эффективности мер, направленных на устранение этих проблем. Сформулированы собственные рекомендации по улучшению системы здравоохранения, материального благосостояния и продовольственного обеспечения Арктической зоны Республики Саха (Якутия).

Ключевые слова: Арктическая зона Республики Саха, демографическая ситуация, здоровье населения, материальное благосостояние, продовольственная безопасность

ANALYSIS OF THE MAIN INDICATORS OF THE SOCIAL ENVIRONMENT OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)**Shvedov V.G., Tkachenko G.G., Ushakov E.A., Churzina A.A.***Pacific Geographical Institute of Far Eastern Branch of the Russian Academy of Science, Vladivostok, e-mail: i-svg@yandex.ru*

The article analyzes the most important, according to the authors, indicators of the state of the social environment of the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia): the health of the population, its material well-being and food supply. It is noted that after the massive emigration outflow at the end of the 20th century, the demographic situation in the region has relatively stabilized. But although some population growth has been observed, its number remains extremely low. Against this background, several significant problems remain in the social environment of the region. The local health care system in the post-Soviet period has undergone serious destruction and does not correspond to the modern technological level of medical care. The level of material well-being of the local population is low due to high costs for food, heat and energy supply. At the same time, the set of industries that can provide employment for the local population is relatively narrow. There is a large wage imbalance between the rotational and resident contingent of workers. The food security situation in the region is critical. Since the natural conditions of this area impose serious restrictions on agricultural production, it is almost 90% dependent on external food supplies. Their delivery by the Northern Sea Route, basically, justifies itself from the point of view of logistics. But there is virtually no orderly and reliable scheme for their delivery to consumers within the region. The article provides a brief analysis of the effectiveness of measures aimed at eliminating these problems. The authors formulated their own recommendations for improving the health care system, material well-being and food security in the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia).

Keywords: Arctic zone of the Sakha Republic, demographic situation, population health, material well-being, food security

Арктическая зона России представляет собой крупный и неоднородный по внутреннему составу макрорегион [1]. Её Западный и Восточный секторы заметно отличаются друг от друга. Если в первом из них сложился относительно многочисленный (по арктическим меркам) контингент постоянного населения и имеются развитые производственные комплексы, то устойчивость демографических процессов второго край-

не слаба, а его производственная сфера, при наличии огромного природно-ресурсного потенциала, территориально фрагментарна и узко специализирована.

В этой связи социально-экономическое состояние Восточной Арктики нельзя признать удовлетворительным. Выход из него требует тщательной проработки предлагаемых мер по его исправлению, которая должна опираться на анализ региональных со-

циально-экономических показателей. При этом следует учитывать, что образующие Восточную Арктику территории – Чукотский АО, 13 арктических улусов Республики Саха (Якутия), также имеют между собой ряд различий в географическом положении, ресурсном потенциале, экологической обстановке, социально-демографических процессах, уровнях развития и размещения производства. То есть – каждая из них также требует «индивидуальных», учитывающих её специфику, решений. В данной статье предлагается провести анализ некоторых показателей состояния социальной среды Арктической зоны Республики Саха (АЗРС). Этот выбор объясняется следующими доводами:

- АЗРС через транспортный коридор по реке Лене и Амуро-Ленской железнодорожной дороге связана с единой сухопутной транспортной сетью страны; то есть – имеет предпосылки для того, чтобы стать основным звеном территориального развития на востоке российского Заполярья;

- комплексный социально-экономический анализ обширной территории, каковой является АЗРС, требует большого текстового объёма. Но поскольку формат журнальной публикации ограничен, в данном случае взята одна из его сторон – социальная;

- экстремальность природной среды АЗРС препятствует её плотной заселённости. Поэтому при ухудшении материальных условий проживания определённая часть населения старается покинуть данную территорию. Это обуславливает необходимость изучения динамики основных показателей состояния социальной среды региона и составления на этой основе рекомендаций по предотвращению его дальнейшей депопуляции.

Цель исследования состояла в изучении социальной среды Арктической зоны Республики Саха (Якутия) и идентификации её наиболее проблемных сторон. При выявлении таковых (здоровье населения, его материальное благосостояние, продовольственная безопасность региона) проведён анализ причин формирования связанной с ними проблематики и их текущего влияния на социальную среду изучаемого региона с целью выработки рекомендаций по устранению связанных с ними негативных явлений.

Материалы и методы исследования

Материалами исследования послужили данные, собранные авторами при поле-

вых исследованиях в АЗРС в 2015–2019 гг., и статистические данные текущего столетия с 2000 г. до официально опубликованных показателей 2017–2019 гг. При написании статьи использованы следующие методы: камеральная обработка собранных материалов полевых исследований, выборочно-статистический, территориального и отраслевого анализа, сравнительный, оценочно-прогнозный.

Результаты исследования и их обсуждение

Арктическую зону Республики Саха образуют 13 улусов: Абыйский, Аллаиховский, Анабарский, Булунский, Верхнеколымский, Верхоянский, Жиганский, Момский, Нижнеколымский, Оленёкский, Среднеколымский, Усть-Янский, Эвено-Бытантайский, общей площадью 1,61 млн км². На неё приходится почти $\frac{1}{5}$ протяжённости береговой линии российского Заполярья и сегмента Северного морского пути. АЗРС богата полезными ископаемыми, из которых стратегическое значение имеют нефтегазовые шельфовые участки, а на суше – месторождения каменного угля, алмазов, золота, редких и редкоземельных металлов [2].

Тем не менее ситуация с заселённостью этой территории неблагоприятна. За 2000–2019 гг. число проживающих в АЗРС уменьшилось с 72 978 человек до 60 870. Эта отрицательная динамика связана с резким сокращением поддержки данной территории центральными властями страны с начала 1990-х гг. и с коллапсом её экономики, особенно в сфере горнодобывающей промышленности [3]. Сокращение производства стало причиной массовой безработицы, обнищания местного населения в совокупности с ростом цен на все категории товаров и услуг, деградацией имевшейся ранее системы северных льгот и жизнеобеспечения людей. Негативные тенденции были усилены тяжёлыми условиями проживания на Крайнем Севере. Сказался и психологический эффект обострившегося восприятия некоренным населением ослабления транспортной связи с «Большой землёй».

Естественное движение населения АЗРС – процесс, включивший несколько составляющих разной направленности. По двум важнейшим демографическим показателям – рождаемость и смертность – в истекшие годы XXI столетия наблюдалась небольшая позитивная динамика. Уровень рождаемости за 2000–2019 гг. здесь сокра-

тился с 15,8 до 15,1‰. Смертность тоже уменьшилась с 11,3 до 9,3‰. То есть на фоне снижения уровней рождаемости и смертности наблюдалось стабильное повышение естественного прироста с 4,5‰ в 2000 г. до 5,8‰ в 2019 г. Но при малой численности здешнего населения любой сильно воздействующий внешний негатив (эпидемия, техногенная или природная катастрофа) может «обнулить» данный положительный показатель. Этот прогноз реален, поскольку на состояние демографической ситуации в регионе, помимо естественного движения населения, продолжает воздействовать его механическая убыль.

Миграционный отток из арктических районов Республики Саха (Якутия) уменьшился с 2529 человек в 2000 г. до 31 человека в 2019 г. Но это обусловлено не улучшением социально-экономических условий, а пережитым регионом в конце XX в. обвальным «эмиграционным стрессом», когда его покинула основная масса тех, кто имел для этого возможность.

Механическая убыль населения из АЗРС имеет и иной аспект. Ежегодный отток за её пределы лиц наиболее трудоспособного возраста с 17 до 45 лет находится на уровне 4% от их общей численности, и этот показатель имеет многолетнее значение. В большинстве (более $\frac{3}{4}$ из них) это специалисты высокой и средней квалификации. То есть депопуляция региона носит не только количественный, но и качественный характер.

Причины ситуации, сложившейся в населенческой среде АЗРС, объясняются рядом ключевых социальных показателей, к которым мы относим состояние здоровья населения, его материальное благосостояние и ситуацию с продовольственным обеспечением.

Состояние здоровья населения

В АЗРС на организм человека воздействуют как суровые климатические условия (преобладание низких температур, дискомфортность фотопериодичности, ветрового и барического режимов, частые магнитные бури), так и техногенное загрязнение окружающей среды предприятиями горнодобывающей промышленности. Кроме того, одной из причин ухудшения здоровья некоренных жителей служит витаминный дефицит и эпизодическое потребление некачественного привозного продовольствия. Другая клиническая проблема – нарушение традиционного пищевого рациона аборигенного населения.

Действовавшая в СССР система здравоохранительной компенсации отрицательных последствий проживания в АЗРС к настоящему времени в основном утрачена. Положение усугубила реформа российского здравоохранения от 2010 г., направленная на закрытие «неэффективных» лечебных учреждений и сокращение числа «низкоквалифицированных» медработников. В настоящее время по её итогам в АЗРС сохранилось лишь 50% имевшихся медицинских учреждений [Расчёт по: 4], число больничных коек уменьшилось с 2597 в 2000 г. до 1239 в 2017 г.

Численность медицинских работников из расчёта на 10 тысяч жителей за 2000–2017 гг. возросла: по специалистам средней квалификации с 127,5 до 131,9, а по врачам – с 37,75 до 43,5. Но этот показатель обусловлен сокращением количества пациентов в связи с общей убылью населения. В целом же обеспеченность региона врачами на 30%, а по фельдшерско-сестринскому составу – на 8,5% ниже среднего республиканского.

Сокращение материальной базы здравоохранения отразилось на их работе. Так, число обращений за врачебной помощью при расчёте на 10 тыс. пациентов в течение одной рабочей смены специалиста увеличилось с 400 (2000 г.) до 490 (2017 г.). Такое расширение объёма нагрузки не может не сказываться на качестве оказываемой медицинской помощи.

Текущим итогом сложившегося положения дел стал значительный, более чем на $\frac{1}{3}$, прирост заболеваемости – с 9,8 тыс. обращений на 1 тыс. человек в 2000 г. до 12,7 тыс. в 2017 г. Отмечен рост патологий онкологического характера, сердечно-сосудистой и иммунной систем, нарушений обмена веществ, психосоматических расстройств. Увеличилось число бронхиальных, артритных, аллергических заболеваний, людей, страдающих диабетом, туберкулёзом. Вследствие этого в АЗРС уже более 20 лет остаётся неизменным крайне отрицательный показатель – продолжительность жизни местного населения в среднем на пять лет короче таковой в среднем по России.

Мерой, нацеленной на сдерживание дальнейшего «размывания» контингента медработников в регионе, стало решение о повышении их заработной платы из средств республиканского бюджета. Но она вряд ли поспособствует привлечению в АЗРС новых специалистов. В этой связи интересен опыт Ямало-Ненецкого АО, где отменён

пятилетний накопительный срок выплаты надбавок молодым специалистам за работу в условиях Крайнего Севера. С 2020 г. эта категория занятых, при соблюдении контрактных условий, получает «полную северную» зарплату с первого дня работы. Очевидно, что результат этой инициативы заслуживает изучения со стороны администрации Республики Саха.

Не менее важно проведение организационных и технических мер по восстановлению системы здравоохранения АЗРС, учитывая такие реалии, как труднодоступность территории региона, дисперсный характер размещения населения и огромные расстояния. В этих условиях малая медицинская авиация остаётся важнейшим средством связи с пациентами в отдалённых поселениях. Но учитывая её зависимость от погоды, а также тот факт, что на её работу из республиканского бюджета ежегодно расходуется до 1 млрд руб. [5], поиск диверсификации способов оказания врачебной помощи населению очевиден.

Первоочередной мерой в этой связи должна стать количественная реабилитация сети ранее имевшихся учреждений здравоохранения на местах. Безусловно, к настоящему времени некоторые из ранее обслуживаемых ими населённых пунктов АЗРС прекратили существование. Но анализ возможности и необходимости восстановления в сохранившихся удалённых поселениях участковых больниц, фельдшерско-акушерских пунктов, женских консультаций, без преувеличений, жизненно насущная задача.

Труднодоступность территории региона диктует необходимость повсеместного развёртывания в его пределах основанной на компьютерной связи системы телемедицины по диагностике и лечению заболеваний. Благодаря ей возможными станут оперативные консультации специалистов и их контакты с пациентом.

Так как воссоздание медицинских учреждений – не одномоментный процесс, параллельно развитию телемедицины и в технической связи с ней целесообразна организация системы стационарных коек. Она представляет собой создание мини-здравпунктов временного сосредоточения нуждающихся в медицинской помощи в удалённом поселении под наблюдением прикомандированного врача или фельдшера. Причём это не отменяет необходимости госпитализации тяжелобольных после оказания первой помощи в стационарные учреждения.

Материальное благосостояние

По совокупности созданных условий для проживания населения Республика Саха в ряду 85 субъектов Федерации занимает 72 место, и её арктические улусы по этому показателю замыкают внутриреспубликанский рейтинг. Такое положение неудовлетворительно и требует серии мероприятий по его исправлению.

С 2000 г. среднемесячная заработная плата в АЗРС нарастала, увеличившись к 2019 г. с 3,9 до 114,3 тыс. руб. Но её доля по отношению к среднему по республике значению осталась на одном и том же уровне – 87%, что объяснимо инфляционными процессами. Это подтверждается исчислением прироста реальной заработной платы с учётом покупательной способности населения: всего 1,2% в 2019 г. против 19,4% в 2000 г.

АЗРС – территория с серьёзным дисбалансом в размере заработной платы по разным видам деятельности. Так, проходчик и мастер по ремонту и эксплуатации оборудования в алмазодобывающей отрасли получают до 115 тыс. руб. в месяц; врачи и учителя общеобразовательных школ – около 100 тыс. руб.; рабочие, занятые в портовом хозяйстве, строительстве и автосервисе, водители грузового транспорта – 60–70 тыс. руб.; инженерный состав – 60 тыс. руб. [6]. То есть заработная плата этих категорий работающих в АЗРС в целом адекватна таким критериям, как условия труда, экономическая и социальная значимость. Но большинство их представителей (исключая врачей и учителей) представлено вахтовым контингентом, который составляет чуть более 2% населения АЗРС и имеет минимальную привязанность к месту своей временной работы.

Что касается занятых в традиционных отраслях (оленоводство, рыбный и пушной промысел), то величина их месячного дохода колеблется на уровне 10–20 тыс. руб. Правительством Республики Саха в IV квартале 2019 г. установлена величина прожиточного минимума для арктических районов следующим образом: трудоспособное население – 21 813 руб.; пенсионеры – 16 849 руб.; дети – 21 077 руб. То есть ежемесячные доходы людей, занятых в традиционных видах деятельности, не соответствуют минимуму прожиточного уровня. При этом преобладающая доля занятых в низкодоходных сферах – постоянные жители АЗРС. Таким образом в регионе сло-

жила ситуация социального неравенства по доходам между двумя «стратами» работающих (вахтовики – «местные»), которое может стать причиной возникновения социальной напряжённости.

Число работающих в АЗРС сократилось с 37,5 тыс. человек в 2000 г. до 23,5 тыс. в 2019 г. При этом контингент вахтовых рабочих в горнодобывающей промышленности за это время стабильно удерживается на уровне 700 человек в зимний период и 1200–1300 человек – в летний. Иными словами, занятость сокращается за счёт постоянных жителей региона. Одновременно за эти годы шла убыль числа безработных – с 2,2 тыс. до 1,7 тыс. человек к 2017 г. человек (17,4% от численности безработных республики). Но этот показатель, скорее всего, связан с общим сокращением численности населения АЗРС.

Снижению уровня доходов способствует и рост тарифов ЖКХ, благодаря которому содержание двухкомнатной квартиры в среднем в месяц превышает 10–12 тысяч руб. При этом качество жилья оставляет желать лучшего. Доля ветхой и аварийной жилплощади в регионе за 2000–2017 гг. возросла с 5,1% до 11,5%. Из-за изношенности оборудования часто возникают аварийные ситуации с подачей воды, электроэнергией и тепла. К примеру, температура в квартирах посёлка Тикси зимой нередко не превышает 15 °С.

Таким образом, в XXI столетии в материальном благосостоянии и условиях проживания населения АЗРС заметных положительных изменений в целом не произошло. На фоне возросшей за прошедшие годы дороговизны товаров и услуг это означает продолжение спада жизненного уровня.

Поэтому особое значение имеет поиск возможностей для обеспечения достойного уровня заработков для постоянного населения региона за счёт расширения области его занятости. Рекомендации по развитию сувенирных ремёсел и туристического бизнеса в этом случае представляются хотя и небезосновательными, но по факту имеют лишь вспомогательное значение, поскольку эти виды трудовой деятельности объективно не могут быть массовыми. Кроме того, прибыльность сбыта сувенирной продукции заведомо осложнена узостью местного рынка и внешней конкуренцией в области северного «фолк-арт». Что касается туристического бизнеса, то здесь нельзя не учитывать практически полное отсутствие в регионе профессиональных кадров и неразвитость рекреационной инфраструктуры.

Более обоснованно предложение по вовлечению местных трудовых ресурсов в работы по развитию транспортной инфраструктуры, развитие которой отвечает интересам федерального центра, республиканского правительства и местных горнодобывающих компаний. Речь идёт об осуществлении генеральной реконструкции порта Тикси, создании центров техобслуживания и ремонта речного транспорта на причальных площадках внутренних водных трасс, сооружении автомобильных дорог «Анабар», «Яна», «Верхоянье», «Себян». Причём данные объекты затем будут требовать технического обслуживания и станут «зонами притяжения» многоцелевого придорожного сервиса.

Другим, внешне достаточно простым, решением представляется повышение заработной платы, особенно с учётом неравномерности её распределения между разными категориями занятых. В 2019 г. Правительство Республики Саха приняло решение увеличить оплату труда бюджетных работников в арктических улусах на 4% и рассмотреть возможность дальнейшего её наращивания из республиканских фондов. Но очевидно, что эта мера не универсальна и имеет свои пределы. Зарплата горняков объективно не может равняться таковой у работников большинства бюджетных областей занятости в АЗРС. И оплата труда последних, по ряду понятных причин, имеет определённые ограничения. Поэтому особое внимание целесообразно уделить действиям «от обратного», то есть по снижению наиболее весомых материальных затрат населения.

В этом отношении принят ряд мер. С 2019 г. для жителей АЗРС отменён транспортный налог, готовится введение отмены земельного налога и налога на имущество. Принятая «Стратегия социально-экономического развития Республики Саха» предусматривает снижение энерго- и теплотрат населения на содержание жилых помещений. Согласно ей, до 2035 г. произойдёт замена всего фонда ветхого и не соответствующего условиям Севера жилья на адаптированное к ним по статьям сбережения тепла и электричества. Разрабатывается проект создания в арктических улусах мини-АЭС, которые способны решить соответствующие проблемы жителей удалённых поселений. В совокупности означенные меры снизят затраты местных жителей на личное жизнеобеспечение на 20–25%, что реально соответствует решению задачи по повышению их материального благополучия.

Ситуация с продовольственным обеспечением

Природные условия АЗРС обусловили слабость её базы для самообеспечения продуктами питания. К тому же из-за последствий кризиса конца прошлого века и различного рода текущих сложностей возможности региона в этом отношении сузились в ещё большей степени. Доля сельского хозяйства в валовом продукте региона в 2019 г. составила всего 0,2%. Растениеводство в АЗРС имеет лишь вспомогательное значение и ограничено узким набором возделываемых культур. Но оно в последние годы дало определённый прирост производительности. За 2000–2017 гг. сбор картофеля возрос с 372 до 595 т., овощей на открытом грунте – с 41 до 139 т. Объём продукции тепличного овощеводства снизился на относительно небольшую величину с 264 до 243 т.

В животноводстве наиболее стабильной отраслью оказалось оленеводство – в рассматриваемый период поголовье домашних северных оленей возросло с 97,1 до 109,2 тыс. голов, хотя пик численности их поголовья в 126,8 тыс. голов пришёлся на 2014 г. Что касается остальных направлений этой отрасли, то они явно переживают упадок.

Наименее пострадало коневодство, поскольку аборигенная порода лошадей наиболее устойчива к местным природным условиям и максимально неприхотлива к кормам. Их поголовье за 2000–2017 гг. сократилось «всего» с 21,2 до 14,6 голов. Но численность крупного рогатого скота уменьшилась с 14,4 тыс. голов до 5,7. В регионе фактически практика разведения свиней и домашних птиц: сокращение их поголовья соответственно – с 1,7 до 0,2 и с 23,8 до 1,3 тыс.

Ежегодно снижается производство хлеба и хлебобулочных изделий, что обусловлено высоким износом материально-технической базы. Объёмы производства сливочного масла упали более чем на 60%.

Определённое значение имеют продукты, добытые в дикой природе. Из них достоверно известен лишь объём лицензионного вылова рыбы (4,7 тыс. т в 2019 г.). Количество потребляемых мяса диких животных и птиц, грибов, ягод и других дикоросов не поддаётся учёту из-за распространённой практики не лицензируемого промысла. Однако изъятие пищевых ресурсов из природной среды заведомо не может внести определяющий вклад в решение продовольственной проблемы региона.

В целом самообеспечение продовольственного рынка АЗРС не превышает 12%. Поэтому основным источником её обеспечения продуктами питания служит северный завоз, которым в арктические улусы Республики Саха в 2017 г. было доставлено 11 тыс. т продовольствия: муки, макаронных изделий, круп, масла и жиров, мясных и рыбных консервов, чая, молокопродуктов, картофеля, фруктов и овощей [7].

Северный завоз осуществляется по нескольким маршрутам. Основной из них (до 80% всех поставок) – от Транссибирской магистрали к речному порту Осетрово в Иркутской области и далее по речной системе Лены к пунктам назначения. В настоящее время усиливается значение Северного морского пути (доставка грузов в порт Тикси) и Амуро-Якутской магистрали Тынды – Нижний Бестях.

В имеющихся условиях эта логистическая схема в целом действенна. Несравненно более проблемным является процесс внутренней транспортировки продовольствия по региону. Более 80% его территории относятся к категориям повышенной труднодоступности и отдалённости. Единая и постоянно действующая сеть путей сообщения здесь отсутствует. Работа различных видов транспорта сезонна: в тёплое время года морская навигация длится 45–50 суток, речная – 110–160 суток; в холодные 120–200 суток перевозки осуществляются автомобилями по временным дорогам – зимникам.

Работа транспорта в АЗРС сильно зависит от условий гидрорежима, климата, рельефа, состояния подстилающей поверхности, которые в совокупности создают сложный абрис маршрутов движения и вызывают его частые изменения. Из-за этого расстояние разового перемещения груза в пределах региона в ряде случаев может превышать 1 тыс. км и претерпеть при этом процедуру перегрузки до пяти раз. В результате имеет место затягивание сроков зимней поставки товаров в отдалённые поселения до мая месяца, превышение нормативной доли просроченных и непригодных к употреблению продуктов.

Следствие данных обстоятельств – удорожание продуктов питания на 40% от их стоимости на «стартовых» складах. В таблице приведены цены на некоторые его виды в посёлке Тикси, который является основным узловым пунктом северного завоза в АЗРС. В отдалённых поселениях цены в 1,5–2 раза превышают приведённые ниже.

Стоимость некоторых продуктов в розничной торговле поселка Тикси

Наименование продукта	Стоимость (руб.)	Единица измерения
Хлеб пшеничный	43	1 булка
Лимон	100	1 штука
Яйцо куриное	180	1 десяток
Молоко	190	1 литр
Кисломолочная продукция (в зависимости от вида)	200 – 220	1 литр
Картофель	200 – 250	1 кг
Капуста	260	1 кг
Свёкла, лук, кабачки	280	1 кг
Морковь	300	1 кг
Мясо домашнего оленя	395	1 кг
Яблоки, груши	420 – 450	1 кг
Огурцы, помидоры	440	1 кг
Мандарины, апельсины, бананы	450	1 кг
Сладкий перец	480	1 кг
Творог	500	1 кг
Виноград	520 – 650	1 кг
Говядина с костью	535	1 кг
Свинина	600	1 кг
Чеснок	780	1 кг
Сыр (в зависимости от сорта)	670 – 800	1 кг
Колбасы варёные (в зависимости от сорта)	720 – 820	1 кг
Персики, сливы	750	1 кг
Говядина вырезка	750	1 кг
Грудинка	830	1 кг

Примечание: *составлено авторами.

Продовольственную ситуацию в АЗРС демонстрирует наиболее корректное в общероссийском масштабе сравнение – на юге Дальнего Востока перечисленные в таблице продукты стоят в среднем в два раза дешевле. Причём по свежим овощам, фруктам и цитрусовым эта разница может увеличиваться в 4–5 раз [8].

Таким образом, высокая стоимость продуктов питания представляет собой одну из причин дороговизны жизни в АЗРС, а продовольственная безопасность этого региона находится на крайне низком уровне.

Основные пути продовольственного обеспечения арктических улусов отражены в официальных республиканских документах [9]. В первую очередь они ориентированы на поддержание сложившейся специализации местного сельского хозяйства, которое адаптировано к разрешающим параметрам местных агроклиматических и зоотехнических условий. Ими предусмотрено внедрение современных методов ведения растениеводства и животноводства в высоких широтах, селективной работы, создание собственной базы производства мине-

ральной и витаминной подкормки растений и животных.

Тем не менее очевидно, что возможности этого направления не безграничны, так как даже при самом благоприятном развитии событий они быстро приблизятся к своим естественным ограничителям по площадям и запасу «экологической прочности» пастбищ, фонду пригодных для обработки земель, плодородию почв, по фито- и терморегиму. Это ставит вопрос о поиске возможных дополнительных резервов решения продовольственной проблемы АЗРС. При первом приближении среди таковых можно указать на рассмотрение перспектив окультуренного вовлечения в сельскохозяйственное производство диких биоресурсов и оптимизацию процедур, связанных с северным завозом.

Так, интерес может представлять опыт окультуривания дикоросов. Их видовая номенклатура в АЗРС ограничена, но запасы, по самым скромным оценкам, исчисляются сотнями тысяч тонн. Как показывает опыт, высокую продуктивность в заполярных широтах даёт плантационное возделыва-

ние ягод (клюквы, голубики, морошки, княженики) и грибов. Они – естественный компонент местных биоценозов, и потому максимально приспособлены к произрастанию и плодоношению на мерзлотных почвах тундры, к короткому вегетационному периоду, не требуют создания специальных сооружений. При этом сбор с 1 га брусничной плантации достигает 10 т ягод, клюквенной – до 16 т [10]; урожай грибов с такой же окультуренной площади равен сотням килограммов.

Озёра АЗРС предоставляют максимально благоприятные условия для разведения непроходных видов рыб, в первую очередь – пеляди (более 50% лицензируемой добычи) и карася (примерно 20%). Их минимальная продуктивность в неокультуренном состоянии составляет 15 кг/га, при том что её снижают нарушение кормовой базы водоёмов, летние и зимние заморы, неучтённая нелегальная добыча. Но при поддержании оптимальной биомассы фито- и зоопланктона в озёрной воде и обеспечении её нормального кислородного режима, а также – при пресечении браконьерства, продуктивность возрастает до 100 кг.

Озёрная аквакультура рассматривается как одно из наиболее перспективных направлений дополнительного обеспечения жителей АЗРС продуктами питания [11]. По расчётам, её годовая продукция может составлять 4 тыс. т рыбы [12], что потенциально увеличивает её потребление жителями региона почти вдвое. Кроме того, эта отрасль может способствовать возрождению в регионе пушного звероводства, так как рыба является кормовой базой для животных.

Значительный ресурс в качестве объекта дичеразведения представляет охотничья фауна. Опыт этой формы хозяйствования в регионе отсутствует, а большинство массово разводимых в России в полувольном содержании видов животных (муфлоны, благородные олени, лани, кабаны) не приспособлено к выживанию в заполярном климате. Но возможности для развития дичеразведения здесь имеются. Его наиболее доступной формой может стать разведение водно-болотной и боровой пернатой дичи, поголовье которой в регионе исчисляется десятками миллионов особей [13], а связанные с обеспечением её прироста биотехнические мероприятия не затратны и относительно несложны. Из копытных животных в местных условиях в качестве объекта дичеразведения наиболее перспективен лось.

Он естественный компонент местных биоценозов, и его численность достаточно высока. К тому же основная кормовая база лосей сосредоточена в заболоченных ландшафтах, что исключает их кормовую конкуренцию с домашними северными оленями.

Следует заметить, что успешный опыт акклиматизации в якутском Заполярье целой группы видов копытных: изюбрей, маралов, зубров, лесных бизонов, яков, овцебыков, пока находится в области научного эксперимента. И потому рассматривать эти виды в качестве перспективных объектов дичеразведения преждевременно.

Что касается северного завоза, то поскольку его основные проблемы связаны с внутренними перевозками, необходим поиск путей оптимизации этого процесса.

Надо заметить, что авиация в решении данной задачи может иметь только вспомогательное значение. Стоимость авиаперевозок продуктов питания в регионе в 2,3–4 раза выше, чем иными видами транспорта [Расчёт по: 14]. К тому же они могут быть только мелкосерийными, поскольку принимать и отправлять крупнотоннажные воздушные суда в регионе может лишь аэропорт Тикси. Следовательно, всё внимание должно быть сосредоточено на организации работы водного и наземного транспорта. Необходим анализ оптимизации размещения портовых пунктов по принятию и отправке грузов, их оснащению причальными сооружениями, погрузочно-разгрузочной техникой.

Учитывая сезонный характер работы речных портпунктов, имеет смысл рассмотреть возможность их функционирования в межсезонье: создания в них складских помещений длительного хранения, предприятий по переработке привозной скоропортящейся продукции и продуктов питания местного происхождения.

Что касается автотранспорта, то начальные точки его маршрутов целесообразно привязывать к упомянутым объектам речной транспортной сети. Но очевидно, что по мере удаления от неё общая картина направлений движения автомобилей будет всё более зависеть от размещения пунктов доставки грузов и разрешающих условий местности. При этом последние в АЗРС имеют множество ограничений как в возможностях пространственного манёвра, так и в функциональных возможностях. Поэтому откорректировать сложившийся контур автодорог АЗРС проблематично. Не удастся на современном этапе увеличить их пропускную способность и за счёт прокладки

твёрдого покрытия, которое быстро разрушается различного рода внешними воздействиями окружающей среды.

Одной из форм оптимизации работы автотранспорта может стать создание многозвенных автопоездов. Оснащённый полуприцепом и двумя прицепами тягач способен за один рейс перевезти более 70 т. При этом существенно облегчается осевая нагрузка на грунт, что позволяет развить большую скорость и способствует лучшей сохранности дорожного полотна. Расход топлива автопоезда на доставку равного объёма груза по сравнению с одиночным автомобилем уменьшается в 1,5–2 раза, а себестоимость доставки товара потребителю снижается на 20–35 % [15].

На наиболее сложных для прохождения участках перспективно использование амфибийного транспорта на воздушной подушке. В условиях Арктики в качестве средства доставки грузов успешно апробированы грузовые платформы серии ГСПВП, перевозящие за один рейс от 30 до 60 т груза. Стоимость перевозок амфибийными средствами выше, чем автомобилями. Но этот недостаток компенсируется их использованием на относительно небольших расстояниях, крупными партиями разовых доставок и тем, что этот вид транспорта не зависит от погодных условий и наличия обустроенных трасс.

Заключение

Одной из главных проблем Арктической зоны Республики Саха является значительное снижение численности населения, пик которого пришёлся на социально-экономический кризис конца XX в. В 2000-х гг. отток населения замедлился, но ежегодное отрицательное миграционное сальдо сохраняется.

Другой важной проблемой является состояние здоровья населения. В сравнении с другими территориями АЗРС по этому показателю выглядит неблагоприятно. Это вызвано как сложными природно-климатическими условиями для проживания населения, так и состоянием региональной системы здравоохранения. В связи с этим возникает задача, связанная с восстановлением качества медицинской помощи местному населению на современном организационном уровне.

По материальному благосостоянию наблюдается большая дифференциация доходов населения по видам занятости. Самый высокий размер заработной платы имеется

у вахтового контингента в сфере добычи полезных ископаемых. Доходы постоянно проживающего в АЗРС населения в реальном исчислении существенно отстают от средних значений по Республике Саха (Якутия). Наиболее действенным решением этой проблемы представляется расширение сферы его занятости, введение ряда налоговых льгот и снижение затрат на элементарное жизнеобеспечение.

АЗРС не может полностью себя обеспечить своим продовольствием. В связи с этим возникает проблема зависимости от северного завоза, функционирование которого, в свою очередь, находится в зависимости от водного режима рек, рельефа и подстилающей поверхности суши. Все это приводит к удорожанию ввозимых продуктов, что влечёт за собой увеличение стоимости жизни. Для создания условий повышения продовольственной безопасности арктических территорий необходимо:

- наращивание собственных мощностей сложившейся специализации растениеводства и животноводства, внедрение отечественного и зарубежного опыта ведения сельского хозяйства в высоких широтах;
- изучение возможности внедрения плантационного выращивания дикоросов, прудового рыбоводства, дичеразведения;
- создание условий для оптимизации внутрирегиональной доставки продовольственных грузов северного завоза.

С целью сохранения и культурного развития уникальности этнических общин коренных малочисленных народов Севера, осуществляющих различные виды традиционной хозяйственной деятельности, необходимо увеличение объёмов грантовой и государственной поддержки, субсидий, направленных на:

- повышение уровня образования, подготовку и переподготовку кадров в сфере сохранения традиционной хозяйственной деятельности;
- пропаганду самобытной культуры и традиционного уклада жизни через проведение различных культурно-массовых мероприятий, форумов, фестивалей;
- предоставление права этническим общинам участвовать в программах Министерства сельского хозяйства и Министерства предпринимательства, таких как «Начинающий фермер», «Поддержка крупных крестьянских хозяйств», «Поддержка субъектов малого и среднего бизнеса», которого они в настоящее время лишены из-за их причисления к некоммерческим организациям.

Результаты исследований получены в рамках государственного задания Минобрнауки РФ (тема «Географические и геополитические факторы в инерционности, динамике и развитии разноранговых территориальных структур хозяйства и расселения населения Тихоокеанской России», № АААА-А16-116110810013-5. Раздел 1).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-60103.

Список литературы / References

1. Romanov M.T., Shvedov V.G. About Dynamics of the Geopolitical Position of the North-East of Russia in the 17-th-21-th Centuries. *Humanities & Social Sciences Review*. 2019. Vol. 7. no. 6. P. 169–175.
2. Ткаченко Г.Г. Территориальная дифференциация месторождений минерально-ресурсного сырья Востока Арктической зоны России // *Геосистемы и их компоненты в Северо-Восточной Азии: эволюция и динамика природных, природно-ресурсных и социально-экономических отношений: материалы Всероссийской научно-практической конференции (г. Владивосток, 21–22 апреля 2016 г.)*. Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 557–564.
3. Tkachenko G.G. The territorial differentiation of mineral deposits in the East of the Arctic zone of Russia // *Geosistemy i ikh komponenty v Severo-Vostochnoj Azii: evoljutsiya i dinamika prirodnykh, prirodno-resursnykh i sotsial'no-ekonomicheskikh отношений: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (g. Vladivostok, 21–22 aprelya 2016 g.)*. Vladivostok: Dal'nauka, 2016. P. 557–564 (in Russian).
3. Ушаков Е.А. Собственные и внешнеэкономические факторы развития Арктических районов Республики Саха (Якутия) // *Пространственная организация общества: теория, методология, практика: материалы Всероссийской научно-практической конференции (г. Пермь, 7–11 ноября 2018 г.)*. Пермь: Издательство ПГНИУ, 2018. С. 566–571.
- Ushakov E.A. Own and external economic factors of the development of the Arctic regions of the Republic of Sakha (Yakutia) // *Prostranstvennaya organizatsiya obshchestva: teoriya, metodologiya, praktika: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (g. Perm', 7–11 noyabrya 2018 g.)*. Perm': Izd-vo PGNIU, 2018. P. 566–571 (in Russian).
4. Гоголев Н.М., Бурцева Т.Е., Аврусин С.Л., Мельникова Л.Н., Батилова Т.В., Часнык В.Г. Масштабы территории и особенности медицинского обеспечения населения в Арктической зоне Республики Саха (Якутия) // *Педиатр*. 2019. Т. 10. Вып. 4. С. 61–66.
- Gogolev N.M., Burtseva T.E., Avrusin S.L., Mel'nikova L.N., Batilova T.V., Chasnyk V.G. The scale of the territory and features of medical support for the population in the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia) // *Pediatr*. 2019. T. 10. Vyp. 4. P. 61–66 (in Russian).
5. Якутия обозначила главные проблемы доступности медпомощи в северных районах. [Электронный ресурс]. URL: <https://regnum.ru/news/2137582.html> (дата обращения: 11.03.2021).
- Yakutia outlined the main problems of the availability of medical care in the northern regions. [Electronic resource]. URL: <https://regnum.ru/news/2137582.html> (date of access: 11.03.2021). (in Russian).
6. Зарплаты в Тикси. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.trud.com/tiksi/salary/2661.html> (дата обращения: 13.03.2020).
- Salaries in Tiksi. [Electronic resource]. URL: <https://www.trud.com/tiksi/salary/2661.html> (date of access: 13.03.2021) (in Russian).
7. Безальтернативный и нужный. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.eastrussia.ru/material/bezalternativnyy-i-nuzhnyy/> (дата обращения: 18.03.2021).
- Uncontested and needed. [Electronic resource]. URL: <https://www.eastrussia.ru/material/bezalternativnyy-i-nuzhnyy/> (date of access: 18.03.2021) (in Russian).
8. Чурзина А.А. Анализ развития сетей городского расселения юга Российского Дальнего Востока // *Геосистемы в Северо-Восточной Азии: типы, современное состояние и перспективы развития: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Владивосток, 19–20 апреля 2018 г.)*. Владивосток: Издательство Тихоокеанского института географии ДВО РАН, 2018. С. 448–454.
- Churzina A.A. The analysis of the development of urban settlement networks in the south of the Russian Far East // *Geosistemy v Severo-Vostochnoj Azii: tipy, sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (g. Vladivostok, 19–20 aprelya 2018 g.)*. Vladivostok: Izd-vo Tikhookeanskogo instituta geografii DVO RAN, 2018. P. 448–454 (in Russian).
9. Система ведения сельского хозяйства Республики Саха (Якутия) на период 2016–2020 гг. / Под ред. М.П. Неустроева. Якутск: Издательство Якутского НИИСКХ, 2016. 416 с.
- The system of farming in the Republic of Sakha (Yakutia) for the period 2016–2020 / Ed. by M.P. Neustroev. Yakutsk: Izdatel'stvo Yakutskogo NIISKH, 2016. 416 p. (in Russian).
10. Слепкович Н.В. Дикоросы Севера. [Электронный ресурс]. URL: <https://goarctic.ru/work/dikorosy-budushchee-arkticheskogo-apk/> (дата обращения: 18.03.2021).
- Slepovich N.V. Edible wild plants of the North. [Electronic resource]. URL: <https://goarctic.ru/work/dikorosy-budushchee-arkticheskogo-apk/> (date of access: 18.03.2021). (in Russian).
11. Концепция развития рыбохозяйственного комплекса Республики Саха (Якутия) на 2011–2020 гг. Якутск: Издательство Правительства Республики Саха (Якутия), 2014. 67 с.
- Concept for the development of the fishery complex of the Republic of Sakha (Yakutia) for 2011–2020. Yakutsk: Izdatel'stvo Pravitel'stva Respubliki Sakha (Yakutiya), 2014. 67 p. (in Russian).
12. Тяптыргынов М.М. Перспективы озёрного рыбоводства в Центральной Якутии. [Электронный ресурс]. URL: <http://sibir.arktiskfish.com/index.php/akvakultura-v-sibiri/237-perspektivy-oz> (дата обращения: 13.03.2021).
- Tyaptirgyanov M.M. Prospects for lake fish farming in Central Yakutia. [Electronic resource]. URL: <http://sibir.arktiskfish.com/index.php/akvakultura-v-sibiri/237-perspektivy-oz> (date of access: 13.03.2021) (in Russian).
13. Отчёт по зимнему маршрутному учёту охотничьих животных на территории Республики Саха (Якутия) в 2014 году. Якутск: Издательство Департамента охотничьего хозяйства Республики Саха (Якутия), 2014. 65 с.
- Report on the winter route registration of hunting animals in the Republic of Sakha (Yakutia) in 2014. Yakutsk: Departamenta okhotnich'ego khozyajstva Respubliki Sakha (Yakutiya), 2014. 65 p. (in Russian).
14. Полешкина И.О. Оценка эффективности продовольственного обеспечения районов Крайнего Севера России // *Экономика региона*. 2018. Т. 14. Вып. 3. С. 820–835.
- Poleshina I.O. Evaluation of the effectiveness of food supply for the regions of the Far North of Russia // *Ekonomika regiona*. 2018. T. 14. Vyp. 3. P. 820–835 (in Russian).
15. Тарасов П.И. Развитие транспортных сетей Республики Саха (Якутия) // *Арктика и Север*. 2014. № 17. С. 65–77.
- Tarasov P.I. Development of transport networks in the Republic of Sakha (Yakutia) // *Arktika i Sever*. 2014. № 17. P. 65–77 (in Russian).