

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,736

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,258

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

Чернева Ирина Николаевна, к.с.-х.н.

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

Свидетельство – **ПИ № ФС 77-63398.**

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатный.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,736.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,258.

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: 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 – 27.01.2020

Дата выхода номера – 27.02.2020

Формат 60x90 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.

Способ печати – оперативный.

Распространение по свободной цене.

Усл. п.л. 9,38

Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/1-2020

Подписной индекс П7816

© ООО ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

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

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ
ПАРАМЕТРЫ И ДИНАМИКУ ГОДИЧНОГО ПРИРОСТА ДРЕВЕСИНЫ
В ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ КУЛЬТУРАХ *PINUS SYLVESTRIS* L.

Вахнина И.Л., Ларин В.С., Пак Л.Н.5

УРОЖАЙНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ
В УСЛОВИЯХ ВОЛГО-ВЯТСКОГО РЕГИОНА

Уткина Е.И., Кедрова Л.И., Набатова Н.А., Псарева Е.А., Парфенова Е.С.12

Науки о Земле (25.00.00)**СТАТЬИ**

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕР СЕВЕРА ЯКУТИИ

Городничев Р.М., Левина С.Н., Ушницкая Л.А., Давыдова П.В., Пестрякова Л.А.18

СРАВНЕНИЕ НЕРАСТВОРИМОЙ И РАСТВОРИМОЙ ФОРМЫ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
В СНЕГЕ ВОКРУГ СЕВЕРОВИНСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

Зыкова Е.Н., Яковлев Е.Ю., Дружинин С.В., Бедрин Д.Д., Зыкова А.С.26

ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТЫ ОТ УСТЬЯ В ХАРАКТЕРНЫХ ТОЧКАХ
ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ РУСЛА МАЛОЙ РЕКИ ИРОВКА

Мазуркин П.М., Георгиева Я.О.31

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
РАЗРАБОТКИ КАРЬЕРОВ ПЕСКА В ЗОНАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Руденко А.С., Коркишко А.Н.38

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ВЕЩЕСТВЕННЫЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОСАДОЧНОГО
ВЕЩЕСТВА ДОЖДЯ, ПОСТУПАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИЮ
КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ РФ

Топчая В.Ю., Котова Е.И., Стародымова Д.П., Чечко В.А.47

УТОЧНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО НЕФТЯНОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО СОСТАВУ НЕФТИ, ИЗВЛЕКАЕМОЙ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ СКВАЖИН

Туров Ю.П., Гузиева М.Ю.54

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ НЕРАВЕНСТВА СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО СОВОКУПНОСТИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Ушаков Е.А.61

ИЗУЧЕНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ МАЯТНИКОВОЙ МИГРАЦИИ
НАСЕЛЕНИЯ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Шевченко И.А., Давыдова Ю.В., Замайкина О.В.,
Зарубина Н.В., Лябина А.Н., Бикмаева А.В.70

CONTENTS

Agricultural sciences (06.01.00, 06.03.00)

ARTICLES

INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL GENETIC FACTORS ON MORPHOMETRIC
PARAMETERS AND DYNAMICS OF THE ANNUAL GROWTH OF WOOD
IN *PINUS SYLVESTRIS* L. TEST CULTURES

Vakhnina I.L., Larin V.S., Pak L.N.5

YIELD CAPACITY OF WINTER RYE VARIETIES IN CONDITIONS
OF VOLGO-VYATSK REGION

Utkina E.I., Kedrova L.I., Nabatova N.A., Psareva E.A., Parfenova E.S.12

Earth sciences (25.00.00)

ARTICLES

MORPHOMETRIC PARAMETERS OF DIFFERENT LAKE TYPES
IN THE NORTH OF YAKUTIA

Gorodnichev R.M., Levina S.N., Ushnitskaya L.A., Davydova P.V., Pestryakova L.A.18

COMPARISON OF AN INSOLUBLE AND SOLUBLE FORM OF HEAVY METALS
IN THE SNOW AROUND THE SEVERODVINSK INDUSTRIAL AREA

Zykova E.N., Yakovlev E.Yu., Druzinin S.V., Bedrina D.D., Zykova A.S.26

WAVELET ANALYSIS OF HEIGHT DISTRIBUTION AT CHARACTERISTIC POINTS
OF THE LONGITUDINAL PROFILE OF THE CHANNEL OF THE RIVER IROVKA

Mazurkin P.M., Georgieva Ya.O.31

ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SOLUTIONS TO STRENGTHENING THE EFFICIENCY
OF SAND QUARRIES IN THE ZONE OF PERMAFROST SOIL IN THE FAR NORTH

Rudenko A.S., Korkishko A.N.38

DISTRIBUTION, MATERIAL AND CHEMICAL COMPOSITION OF SEDIMENTARY MATTER
OF RAINFALL ON THE TERRITORY OF THE KALININGRAD REGION RF

Topchaya V.Yu., Kotova E.I., Starodymova D.P., Chechko V.A.47

CLARIFYING OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE OPERATED OIL DEPOSIT
ON THE COMPOSITION OF OIL REMOVED FROM VARIOUS WELLS

Turov Yu.P., Guznyaeva M.Yu.54

ASSESSMENT OF INEQUALITY FACTORS OF SUBJECTS OF THE RUSSIAN FEDERATION
ON TOTALITY OF SOCIO-ECONOMIC INDICATORS

Ushakov E.A.61

THE STUDY OF DEMOGRAPHIC ASPECTS OF CIRCULAR MIGRATION
OF THE POPULATION OF NIZHNY NOVGOROD REGION

*Shevchenko I.A., Davydova Yu.V., Zamashkina O.V.,
Zarubina N.V., Lyabina A.N., Bikmaeva A.V.*70

СТАТЬИ

УДК 630*165.3:630*232.5:633.877.3

**ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ДИНАМИКУ
ГОДИЧНОГО ПРИРОСТА ДРЕВЕСИНЫ
В ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ КУЛЬТУРАХ *PINUS SYLVESTRIS* L.**

Вахнина И.Л., Ларин В.С., Пак Л.Н.

*ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии» Сибирского отделения
Российской академии наук, Чита, e-mail: vahnina_il@mail.ru*

Сведение и гибель лесов в результате рубок, пожаров и других видов воздействий, особенно за последние десятилетия, привели к очевидному сокращению их генетического разнообразия, значимых генотипов и оскудению генофонда лесов Восточного Забайкалья. В связи с этим особую ценность представляют испытательные плантационные культуры, созданные путем размножения плюсовых деревьев (ПД), отобранных по ценным фенотипическим особенностям. Цель данной работы заключалась в анализе клонового потомства ПД сосны обыкновенной по изменчивости морфометрических параметров и динамике годичного прироста древесины в испытательных культурах. Из полученных предварительных результатов следует, что у 57,8% клонового потомства ПД сохраняется генетическая обусловленность по скорости роста. Несмотря на то, что по некоторым показателям не у всех клонов ПД выявлены существенные отличия с контрольными деревьями, достоверно большая площадь ассимиляционной поверхности привитых деревьев позволяет заключить, что они характеризуются большей энергией протекания физиологических процессов, которые определяют формирование шишек и темпы образования биомассы. Погодичная динамика ширины годичных колец характеризуется наличием минимальных экстремумов прироста в 2003 и 2007 гг., связанных со снижением количества атмосферных осадков в эти годы. Разницы между деревьями по ширине годичных колец выявлено не было, предположительно это связано с возрастом деревьев и периодом большого роста. Оценка клонов ПД с помощью дендрохронологических методов исследования показала, что древостои II класса возраста испытывают интенсивное воздействие природных факторов среды, которое выражается в формировании экстремально низких значений ширины годичных колец в годы засух.

Ключевые слова: лесосеменная плантация, сосна обыкновенная, клоны, годичные кольца, морфометрия, климат

**INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL GENETIC FACTORS ON MORPHOMETRIC
PARAMETERS AND DYNAMICS OF THE ANNUAL GROWTH OF WOOD
IN *PINUS SYLVESTRIS* L. TEST CULTURES**

Vakhnina I.L., Larin V.S., Pak L.N.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, e-mail: vahnina_il@mail.ru

Deforestation and destruction of forests as a result of logging, fires and other types of impacts, especially over the last decades, have led to an obvious reduction in their genetic diversity, significant genotypes and impoverishment of the gene pool of forests of East Transbaikalia. In this regard, test plantation crops created by propagating plus trees (PD), selected according to valuable phenotypic characteristics, are of particular value. The goal of this work was to analyze the clonal progeny of AP of pine ordinary according to the variability of morphometric parameters and the dynamics of the annual growth of wood in test cultures. From the preliminary results obtained, it follows that in 57.8% of the clonal offspring of PD, genetic dependence on the growth rate is preserved. Despite the fact that, according to some indicators, not all PD clones showed significant differences with control trees, a reliably large area of the assimilation surface of grafted trees allows us to conclude that they are characterized by higher energies of physiological processes that determine the formation of cones and the rate of biomass formation. The weather dynamics of the width of annual rings is characterized by the presence of minimal growth extrema in 2003 and 2007 associated with a decrease in the amount of precipitation in these years. There was no difference between the trees by the width of annual rings, presumably this is due to the age of the trees and a period of high growth. Evaluation of PD clones using dendrochronological research methods showed that stands of the II age class experience an intense influence of natural environmental factors, which is expressed in the formation of extremely low values of the width of annual rings in drought years.

Keywords: forest seed plantation, Scots pine, clones, tree rings, morphometry, climate

Сведение и гибель лесов в результате рубок, пожаров и других видов воздействий, особенно за последние десятилетия, привели к очевидному сокращению их генетического разнообразия, значимых генотипов и оскудению генофонда лесов Восточного Забайкалья. Сохранение остав-

шейся совокупности генных вариаций имеет серьезное значение для сбережения, рационального использования и репродукции экологически и экономически необходимых популяций, групп популяций и видов [1–3].

Все вышесказанное служит причиной продолжения ранее начатых работ по фор-

мированию постоянной лесосеменной базы сосны обыкновенной, которая является ценной лесообразующей породой данной территории. На ее долю приходится порядка 9% лесопокрытой площади Восточного Забайкалья (по данным государственного лесного реестра на 01.01.2018 г.). Учитывая, что сосна является основным источником древесины исследуемой территории, этот вид может использоваться для создания плантаций на повышенную семенную и стволовую продуктивность. В связи с этим особую ценность представляют испытательные плантационные культуры, созданные путем размножения плюсовых деревьев (ПД), отобранных по ценным фенотипическим особенностям [4].

Существенным недостатком селекционной работы является то, что фенотипические признаки ПД не всегда соответствуют генотипу особи. Тем не менее отбор ПД по их фенотипу в какой-то мере оправдывается вероятностью того, что какая-либо ценная особенность этих деревьев проявится в их семенном потомстве значительно больше, чем в потомстве деревьев, не обладающих этой особенностью [5, 6].

Эффективность селекционных работ на плантациях, созданных путем вегетативного размножения (прививкой) ПД, снимает многие проблемы селекционно-генетической оценки, возникающие при испытании семенного потомства. Это связано с тем, что на ЛСП создаются сходные условия светового и минерального питания, вводятся повторности, клоны размещаются по определенной схеме. В результате здесь складываются условия, позволяющие фактически оценивать клоны ПД по целому ряду признаков [7–9], которые могут быть скрыты в высокополнотном естественном насаждении, на этапе отбора.

На территории Восточного Забайкалья первый опыт по отбору ПД и созданию лесосеменной плантации (ЛСП) путем их вегетативного размножения был проведен в начале 1990-х гг. сотрудниками лаборатории лесных экосистем Института природных ресурсов СО РАН (ныне ИПРЭК СО РАН) под руководством В.П. Бобринева и при непосредственном участии Л.Н. Пак. Ими было отобрано и аттестовано 52 ПД сосны обыкновенной в Читинском лесничестве. Здесь же была заложена первая опытная, клоновая плантация площадью 10 га.

Цель исследования: анализ клонового потомства ПД сосны обыкновенной по изменчивости морфометрических параметров

и динамики годичного прироста древесины в испытательных культурах.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в 2014 г. на клоновой ЛСП сосны обыкновенной первого порядка (N 51°49', E 113°08', 700 м над у.м.) в Читинском лесничестве на территории Восточного Забайкалья. Культуры создавались равномерной посадкой, с размещением клонов и повторностей (рамет) – 125 растений на 1 га плантации. Подробное описание закладки культур было приведено ранее [10, 11].

Морфометрические и дендрохронологические исследования выполнены согласно общепринятым методам [12, 13]. Изучению подлежали следующие морфометрические показатели: диаметр и высота ствола, возраст и длина хвои, плодоношение. Всего обследовано 21 клон ПД, 121 рамет. В качестве контроля были исследованы 14 непривитых, сопоставимых по возрасту деревьев сосны обыкновенной, произрастающих в сходных условиях за пределами ЛСП. Для определения динамики ширины годичных колец (ШГК) у каждого дерева по двум радиусам брали керны.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты статистических расчетов морфометрических данных приведены в таблице. К 30-летнему возрасту клоны имели среднюю высоту 7,4 м. По клонам данный показатель колебался от 6,8 до 8,1 м. Изменчивость высоты была небольшая, составляла всего 4,1%. Наибольшая высота отмечалась у клонов: 24; 32; 37–38; 45, что охватывало только 23,8% от числа всех клонов ПД. Клоны, не превышающие среднюю высоту по ЛСП, составляли 38%.

Анализ морфометрических данных клонов ПД и контрольных деревьев показал, что средняя высота клонов была достоверно больше (от $6,82 \pm 1,04$ м до $8,1 \pm 0,24$ м), чем у непривитых деревьев ($6,57 \pm 0,44$ м).

Анализ динамики ширины годичных колец (ШГК). По результатам измерения средний диаметр клонов в культурах составил 15,1 см. Изменчивость этого показателя была небольшой – 6,1%. По диаметру, наибольшее превышение среднего показателя по культурам, отмечалось у клонов: 26; 42–43. Клоны, не превышающие средний диаметр по ЛСП, составляли 47,6%. Средний диаметр клонов был достоверно больше (от $13,74 \pm 1,02$ см до $17,4 \pm 3,77$ см), чем у непривитых деревьев ($14,89 \pm 1,19$ см).

Морфометрические параметры исследуемых деревьев

Параметр	Контроль	Кл_24	Кл_25	Кл_26	Кл_27	Кл_32	Кл_33	Кл_37	Кл_38	Кл_39
Диаметр ствола, см	14,89 ± 1,19 (12,3–16,4)	14,67 ± 1,56 (12,2–17,3)	14,38 ± 2,06 (11,8–16,6)	16,07 ± 2,35 (13,2–18,9)	14,92 ± 3,81 (10,5–20,7)	14,51 ± 2,1 (10,8–17)	14,88 ± 2,5 (11,4–18)	14,51 ± 2,1 (10,8–17)	14,7 ± 1,52 (12,1–16,8)	15,93 ± 1,96 (13,2–18,8)
Высота ствола, м	6,57 ± 0,44 (5,8–7,6)	7,83 ± 0,39 (7,4–8,4)	7,12 ± 0,62 (6,3–8)	7,43 ± 0,77 (6,1–8,3)	7,0 ± 1,09 (5,2–8,3)	7,8 ± 0,84 (6,6–8,6)	7,45 ± 0,55 (6,9–8,3)	7,8 ± 0,84 (6,6–8,6)	7,61 ± 0,78 (6,8–9)	7,28 ± 1,01 (5,6–8,1)
Плодоношение, шт.	1,71 ± 0,83 (1–3)	2,71 ± 0,76 (2–4)	1,5 ± 1,05 (0–3)	2,0 ± 0,89 (1–3)	1,67 ± 0,82 (1–3)	2,17 ± 1,17 (1–4)	2,83 ± 0,98 (1–4)	1,5 ± 0,84 (1–3)	2,14 ± 1,07 (1–4)	1,67 ± 1,21 (0–3)
Возраст хвой, лет	4,64 ± 0,74 (4–6)	4,29 ± 0,49 (4–5)	4,5 ± 0,84 (4–6)	4,5 ± 0,55 (4–5)	4,5 ± 0,55 (4–5)	4,67 ± 0,52 (4–5)	4,5 ± 0,84 (4–6)	4,0 ± 0 (4)	4,29 ± 0,76 (3–5)	4,5 ± 0,55 (4–5)
Длина хвой, см	6,32 ± 0,98 (4,2–7,7)	7,61 ± 1,23 (6–9,3)	7,13 ± 0,67 (6,4–8,2)	7,3 ± 1,31 (5,2–8,6)	7,63 ± 1,4 (5,2–9,2)	7,45 ± 0,86 (5,8–8,2)	7,55 ± 0,86 (6,2–10,3)	7,38 ± 1,24 (5,1–8,5)	8,57 ± 0,98 (7,5–10,2)	6,95 ± 1,02 (6–8,6)
Выборка, шт.	14	7	6	6	6	6	6	6	7	6
Окончание таблицы										
Диаметр ствола, см	15,02 ± 0,93 (12,4–17,6)	15,2 ± 0,84 (14,2–16)	17,4 ± 3,77 (14,2–22)	16,73 ± 3,07 (14,6–22)	14,38 ± 1,66 (12,3–17,0)	15,32 ± 2,3 (12–18)	14,0 ± 1,2 (12,3–15,4)	15,52 ± 2,15 (13,6–18,4)	15,19 ± 1,55 (12,9–17)	13,74 ± 1,02 (12,2–15)
Высота ствола, м	7,14 ± 0,91 (6,3–8,3)	7,33 ± 0,85 (6,4–8,5)	7,44 ± 0,76 (6,1–7,9)	7,47 ± 0,64 (6,6–8,1)	7,27 ± 0,56 (6,7–7,9)	8,1 ± 0,24 (7,8–8,5)	6,82 ± 1,04 (5,1–7,6)	7,55 ± 0,77 (6,3–8,3)	7,27 ± 0,56 (6,5–8,3)	7,47 ± 0,74 (6,4–8,6)
Плодоношение, шт.	2,2 ± 0,84 (1–3)	1,67 ± 0,82 (1–3)	3 ± 1,22 (1–4)	2,17 ± 1,17 (1–4)	2,83 ± 0,41 (2–3)	2,33 ± 1,20 (1–4)	1,2 ± 0,45 (1–2)	2,5 ± 0,55 (2–3)	1,57 ± 0,53 (1–2)	2,14 ± 0,9 (1–3)
Возраст хвой, лет	4,2 ± 0,45 (4–5)	4,5 ± 0,55 (4–5)	4,0 ± 0,71 (3–5)	4,67 ± 0,82 (4–6)	4,67 ± 0,52 (4–5)	4,0 ± 0,63 (3–5)	4,4 ± 0,55 (4–5)	4,5 ± 0,84 (4–6)	4,71 ± 0,49 (4–5)	4,29 ± 0,49 (4–5)
Длина хвой, см	6,88 ± 1,46 (4,5–8,5)	8,23 ± 0,6 (7,4–8,9)	7,58 ± 1,64 (4,7–8,7)	7,03 ± 0,69 (6,1–7,8)	7,75 ± 0,87 (6,9–9,1)	7,78 ± 0,95 (6,5–9,1)	7,56 ± 0,94 (6,1–8,7)	7,87 ± 1,28 (6,4–9,9)	6,74 ± 1,49 (4,8–8,6)	8,24 ± 0,79 (7,4–9,3)
Выборка, шт.	5	6	5	6	6	6	5	6	7	7

Примечание. В скобках приведены минимальные и максимальные значения параметров.

Длина хвои у клонов изменялась незначительно, уровень изменчивости составил 6,5%. Длинную хвою имели клоны: 38; 41; 52, т.е. 14,2% всех клонов. Клоны, имеющие хвою меньше средней по ЛСП, составляли 38%. У контрольных деревьев в среднем длина хвои достоверно отличалась от клонов, она составляла $6,32 \pm 0,98$ см, в то время как у клонов варьировала от $6,74 \pm 1,49$ см до $8,57 \pm 0,98$ см.

Небольшая часть деревьев из исследуемой выборки характеризовалась лучшим плодоношением (14,2%). Это клоны 24; 42; 44. Изменчивость данного показателя была существенной 24,7%. Лишь у 38,0% деревьев данный показатель был сопоставим с контролем.

Возраст хвои не имел значимых различий по сравниваемым выборкам, это обусловлено тем, что данный параметр не зависит от генетической предрасположенности, а связан с влиянием экологических факторов среды.

По результатам измерения ширины годовичных колец построены 28 индивидуальных древесно-кольцевых хронологий, их продолжительность составила от 12 до 15 лет (рис. 1). Они показали, что для всех исследуемых приростов характерно формирование наиболее широких годовичных колец в 2002, 2005, 2008 и 2009 гг., а узких – в 2001, 2003,

2007 и 2011 гг. Что согласуется с данными по исследуемой территории, полученными ранее [14, 15]. Для всех кернов характерно наличие минимальных экстремумов прироста в 2003 и 2007 гг. Сравнительный анализ средних значений ШГК у клонов ПД не показал достоверных отличий размеров годовичных колец по сравнению со средней ШГК контрольных деревьев.

За период исследования по всем сериям средние значения ШГК варьировали в пределах от $3,8 \pm 1,64$ мм до $5,4 \pm 1,83$ мм, максимальный прирост составил 8,9 мм, а минимальный – 0,8 мм. Такие высокие значения ШГК связаны, прежде всего, с возрастом деревьев, для которых, так называемый, «период большого роста», еще не завершен. Дисперсия по выборкам колебалась от 2,47 до 5,97.

Статистический анализ в программе TSAPWin показал высокое сходство индивидуальных графиков (Glc) и максимальный уровень синхронности (GSL) между ними. Среднее значение межсерийного коэффициента корреляции составило – 0,97, при минимальном – 0,87, что позволило усреднить данные и получить обобщенную древесно-кольцевую хронологию INST по абсолютным значениям ШГК, отражающую влияние внешних факторов среды на радиальный прирост деревьев.

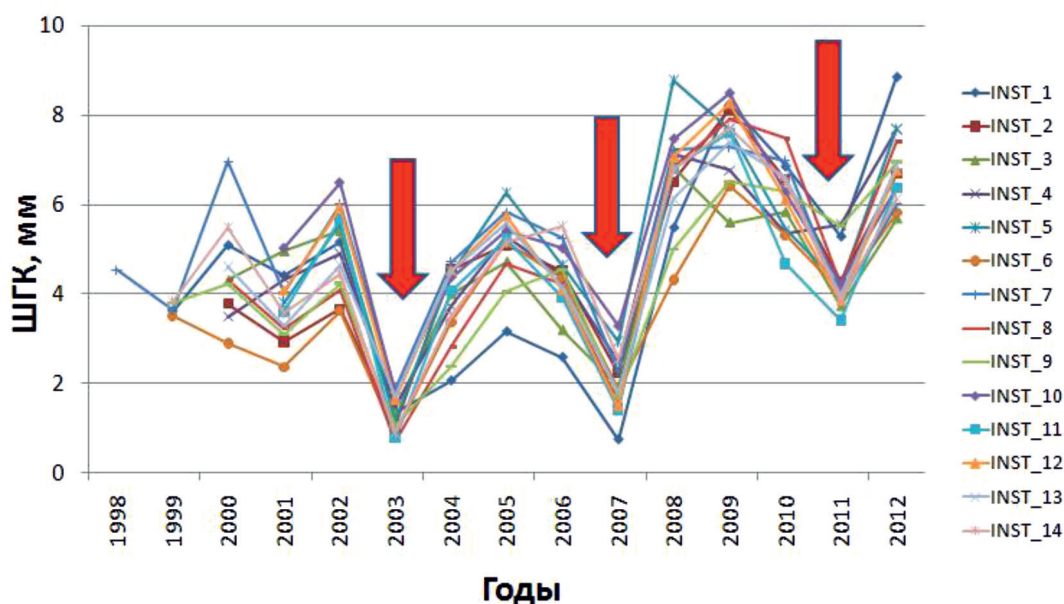


Рис. 1. Индивидуальные серии ширины годовичных колец на клоновой ЛСП сосны обыкновенной первого порядка (среднее по двум радиусам)

Анализ климатического отклика выполнен с помощью корреляционного анализа между полученной обобщенной древесно-кольцевой хронологией и среднемесячными значениями атмосферных осадков за период, в течение которого возможно их влияние на радиальный прирост древесины. Использованы данные метеорологической станции г. Чита (N 52°03', E 113°29'). Доверительный интервал коэффициентов корреляции (при $p < 0,05$) лежит за пределами значений от 0,46 до -0,46.

Расчет показал, что значимое влияние на радиальный прирост деревьев, произрастающих на клоновой ЛСП сосны обыкновенной первого порядка, оказывают среднемесячные атмосферные осадки мая и июня ($R = 0,62$ и $R = 0,61$ соответственно) (рис. 2). Одинаковые значения коэффициента корреляции ($R = 0,61$) получены для годовой суммы осадков и суммы осадков за период вегетации (с мая по сентябрь), что связано с выпадением подавляющего количества атмосферных осадков в исследуемом районе в теплый период года.

Несмотря на сходные показатели значимых коэффициентов корреляции для исследуемых периодов, при сравнении динамики размеров ШГК и атмосферных осадков было отмечено, что для отдельных лет определяющее значение оказывают, прежде всего, осадки первой половины периода вегетации (рис. 3). Например, в 2002 г., выявлены высокие значения прироста (4,9 мм), несмотря на то, что сумма

осадков периода с мая по сентябрь была на уровне 2003 г. (223 и 224 мм), когда прирост был экстремально низким (1,5 мм). Это связано с тем, что в 2002 г. атмосферные выпадения в первой половине вегетации были почти в 16 раз выше по сравнению с тем же периодом в 2003 г. Подобная ситуация отмечается и для 2010 г. Поэтому в корреляционный анализ дополнительно были включены средние значения суммы атмосферных осадков июля и июня, которые позволили выявить максимальные значения показателя ($R = 0,69$). Достоверной связи приростов с атмосферными осадками сентября предшествующего года не выявлено ($R = 0,21$).

Заключение

Из полученных предварительных результатов следует, что у 57,8% клонового потомства ПД сохраняется генетическая обусловленность по скорости роста. Несмотря на то, что по некоторым показателям не у всех клонов ПД выявлены достоверные отличия с контрольными деревьями, достоверно большая площадь ассимиляционной поверхности привитых деревьев позволяет заключить, что они характеризуются большей энергией протекания физиологических процессов, которые определяют формирование шишек и темпы образования биомассы. Погодичная динамика ШГК характеризуется наличием минимальных экстремумов прироста в 2003 и 2007 гг., связанных со снижением количества атмосферных осадков в эти годы.

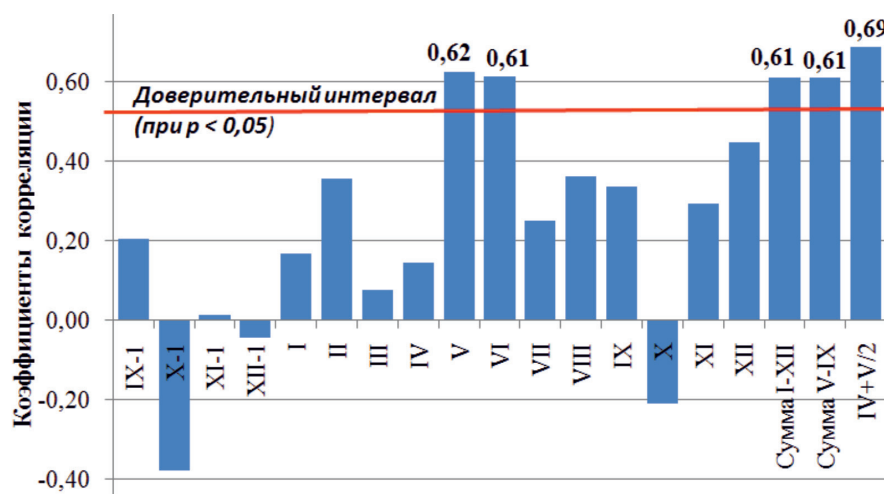


Рис. 2. Коэффициенты корреляции между обобщенной древесно-кольцевой хронологией (INST) и атмосферными осадками за период с 1999 по 2012 г.

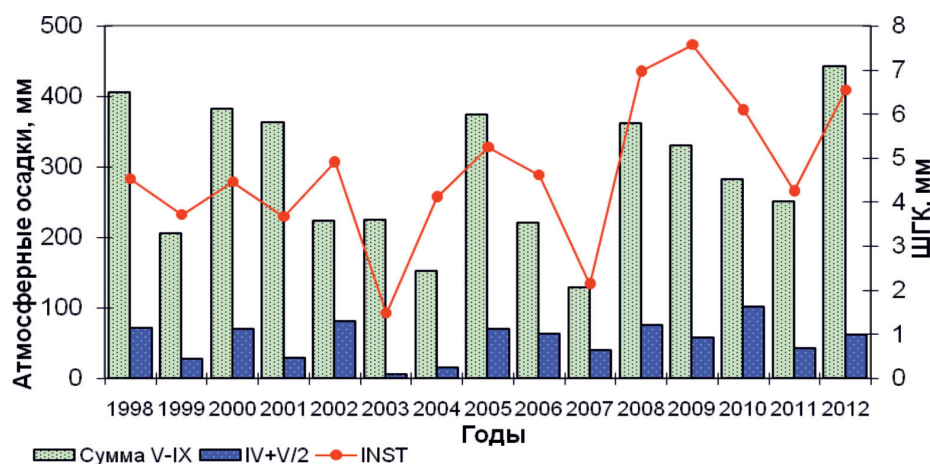


Рис. 3. Динамика приростов обобщенной древесно-кольцевой хронологии и значений атмосферных осадков за отдельные периоды

Разницы между деревьями по ШГК выявлено не было, предположительно это связано с возрастом деревьев и периодом большого роста. Оценка клонов ПД, произрастающих на ЛСП сосны обыкновенной первого порядка, с помощью дендрохронологических методов исследования показала, что древостои II класса возраста испытывают интенсивное воздействие природных факторов среды, которое выражается в формировании экстремально низких значений ширины годичных колец в годы засух. Особенно губительно на деятельности камбия сказывается снижение атмосферных осадков в первой половине периода вегетации (май – июнь).

Список литературы / References

1. Тараканов В.В., Демиденко Я.Н., Ишутин Н.Т., Бушков В.В. Селекционное семеноводство сосны обыкновенной в Сибири. Новосибирск: Наука, 2001. 196 с.
2. Тараканов В.В., Демиденко Я.Н., Ишутин Н.Т., Бушков В.В. Selection seed production of common pine in Siberia. Novosibirsk: Nauka, 2001. 196 p. (in Russian).
3. Ефимов Ю.П. Семенные плантации в селекции и семеноводстве сосны обыкновенной. М.: Исток, 2010. 253 с.
4. Efimov Yu.P. Seed plantations in the selection and seed production of Scots pine. M.: Istok, 2010. 253 p. (in Russian).
5. Иозус А.П., Морозова Е.В. Основные направления селекции сосны обыкновенной на устойчивость и долговечность в сухой степи Нижнего Поволжья // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2–1. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=20571> (дата обращения: 05.11.2019).
6. Iozus A.P., Morozova E.V. The main directions of selection of Scots pine for stability and durability in the dry steppe of the Lower Volga // Modern problems of science and education. 2015. № 2–1. [Electronic resource]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=20571> (date of access: 05.11.2019) (in Russian).
7. Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Изменчивость морфометрических признаков хвои на клоновой плантации плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 2. С. 198–206. DOI: 10.18699/VJ17.237.
8. Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. Variability of morphometric signs of needles on a clone plantation of plus trees of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) // Vavilovsky Journal of Genetics and Selection. 2017. Vol. 21. № 2. P. 198–206 (in Russian).
9. Видякин А.И. Эффективность плюсовой селекции древесных растений // Хвойные бореальной зоны. 2010. Т. XXVII. № 1–2. С. 18–24.
10. Vidyakin A.I. Efficiency of positive selection of woody plants // Conifers of the boreal zone. 2010. T. XXVII. № 1–2. P. 18–24 (in Russian).
11. Раевский Б.В. Особенности вегетативного роста клонов сосны обыкновенной в Карелии // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2013. № 4. С. 7–15.
12. Raevsky B.V. Features of the vegetative growth of clones of Scots pine in Karelia // Forestry Journal. 2013. № 4. P. 7–15 (in Russian).
13. Тихонова И.В., Тараканов В.В., Кнорре А.А. Вклад генотипических и метеорологических факторов в изменчивость годичных приростов древесины на клоновой плантации сосны // Экология. 2012. № 3. С. 163–169.
14. Tikhonova I.V., Tarakanov V.V., Knorre A.A. Contribution of genotypic and meteorological factors to the variability of annual growths of wood on a clone pine plantation. Russian Journal of Ecology. 2012. № 3. P. 179–184. DOI: 10.1134/S1067413612030150.
15. Криворотова Т.Н., Прохорова Е.В., Шейкина О.В., Новиков П.С. Оценка клоновых потомств плюсовых деревьев сосны обыкновенной на коллекционном участке республике Марий Эл // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 1 (39). С. 18–20.
16. Krivorotova T.N., Prokhorova E.V., Sheikina O.V., Novikov P.S. Evaluation of the clonal offspring of plus trees of Scots pine on the collection site of the Mari El Republic // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 1 (39). P. 18–20 (in Russian).
17. Раевский Б.В. Особенности вегетативного роста клонов сосны обыкновенной в Карелии // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2013. № 4 (334). С. 7–15.
18. Raevsky B.V. Features of the vegetative growth of clones of Scots pine in Karelia // Forestry Journal. 2013. № 4 (334). P. 7–15 (in Russian).
19. Бобринев В.П., Пак Л.Н. Лесные стационарные исследования в Забайкальском крае. Чита, 2011. 492 с.

Bobriniev V.P., Pak L.N. Forest stationary research in the Trans-Baikal Territory. Chita, 2011. 492 p. (in Russian).

11. Пак Л.Н., Бобринев В.П. Закладка лесосеменной плантации сосны в Забайкальском крае // Аграрная наука. 2014. № 3. С. 12–13.

Pak L.N., Bobrinov V.P. Laying of Forest Seed of Pine Plantation in Zabaikalsky Krai // Agrarian science. 2014. № 3. P. 12–13 (in Russian).

12. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). М.: Наука, 1972. 284 с.

Mamaev S.A. Forms of intraspecific variability of woody plants (for example, the pine family in the Urals). M.: Nauka, 1972. 284 p. (in Russian).

13. Methods of dendrochronology. Application in the Environmental Science. Eds. Cook E.R., Kairiukstis L.A. Dordrecht; Boston; London: Kluwer Acad. Publishers, 1990. 394 p.

14. Вахнина И.Л. Древесно-кольцевая хронология по сосне обыкновенной в региональных условиях Восточного Забайкалья // Хвойные бореальной зоны. 2013. Т. 31. № 1–2. С. 54–56.

Vakhnina I.L. Tree-ring chronology of common pine in the regional conditions of East Transbaikalia // Khvoynyye boreal'noy zony. 2013. V. 31. № 1–2. P. 54–56 (in Russian).

15. Вахнина И.Л., Обязов В.А., Замана Л.В. Динамика увлажнения в степной зоне Юго-Восточного Забайкалья с начала XIX столетия по кернам сосны обыкновенной // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2018. № 2. С. 28–33.

Vakhnina I.L., Obyazov V.A., Zamana L.V. Dynamics of humidification in the steppe zone of Southeastern Transbaikalia since the beginning of the 19th century evidenced by the cores of Scots pine // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya. 2018. № 2. P. 28–33 (in Russian).

УДК 633.14:631.527:631.559(470.34)

**УРОЖАЙНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ
В УСЛОВИЯХ ВОЛГО-ВЯТСКОГО РЕГИОНА****Уткина Е.И., Кедрова Л.И., Набатова Н.А., Псарева Е.А., Парфенова Е.С.***ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока», Киров,
e-mail: utkina.e.i@mail.ru*

Актуальным направлением селекции озимой ржи в условиях Волго-Вятского региона является создание сортов, способных переносить неблагоприятные воздействия среды без резкого снижения урожайности. В ФАНЦ Северо-Востока изучено 33 сорта озимой ржи с целью оценки урожайности и адаптивности в условиях Волго-Вятского региона. Посев проведен в оптимальные сроки с соблюдением оптимальных элементов технологии. Погодные условия в период проведения исследований (2015–2019 гг.) были контрастными. Средняя урожайность в опыте по годам изменялась от 1,32 т/га (2015/2016 г.) до 4,34 т/га (2014/2015 г.). Урожайность сортов варьировалась от 1,60 т/га (Саратовская 7) до 4,22 т/га (Графиня), при показателе стандарта Фаленская 4 – 3,80 т/га. На уровне стандарта находились сорта: Вятка 2, Кировская 89, Снежана, Рушник, Флора, Рада, Графиня, Татьяна, Паром, Алиса и Янтарная. В зоне с нестабильными погодными условиями важным показателем является устойчивость сортов к стрессу. Установлено, что высокой устойчивостью к стрессу характеризуются сорта: Рада (–1,55), Вятка 2 (–1,79), Кировская 89 (–1,81), Снежана (–2,15), Графиня (–2,24), Рушник (–2,28), Флора (–2,43), Фаленская 4 (–2,36) и Волхова (–2,50). Реализация потенциала урожайности зависит от многих факторов: биологических особенностей сорта, технологии возделывания и погодных условий. Лучшими по данному признаку являются сорта селекции ФАНЦ Северо-Востока: Рада (83,2%), Кировская 89 (80,5%), Вятка 2 (80,3%), Флора (80,0%), Графиня (79,9%), Снежана (79,3%), Фаленская 4 (76,9%).

Ключевые слова: озимая рожь, сорт, урожайность, адаптивность, стабильность, погодные условия**YIELD CAPACITY OF WINTER RYE VARIETIES
IN CONDITIONS OF VOLGO-VYATSK REGION****Utkina E.I., Kedrova L.I., Nabatova N.A., Psareva E.A., Parfenova E.S.***North-East Federal Agrarian Scientific Center, Kirov, e-mail: utkina.e.i@mail.ru*

The actual direction of winter rye breeding in Volga-Vyatks region is creation of varieties that can tolerate adverse environmental effects without a sharp decrease in productivity. In the North-East Federal Agrarian Scientific Center, 33 winter rye varieties were studied in order to assess yield and adaptability in Volga-Vyatka region. Sowing was carried out at the optimum time in compliance with the optimal elements of technology. Weather conditions during the research period (2015–2019) were contrasting. The average yield within the experiment over the years varied from 1.32 t/h (2015/2016) to 4.34 t/h (2014/2015). Yield of varieties differed from 1.60 t/h (Saratovskaya 7) to 4.22 t/h (Grafinya), with the standard Falenskaya 4 being 3.80 t/h. Within the standard level there were varieties: Vyatka 2, Kirovskaya 89, Snezhana, Rushnik, Flora, Rada, Grafinya, Tatyana, Parom, Alisa and Yantarnaya. In the area with unstable weather conditions, an important indicator is resistance of varieties against stress. It was established that the following varieties are highly resistant to stress: Rada (–1.55), Vyatka 2 (–1.79), Kirovskaya 89 (–1.81), Snezhana (–2.15), Grafinya (–2.24), Rushnik (–2.28), Flora (–2.43), Falenskaya 4 (–2.36) and Volkhova (–2.50). Realization of yield potential depends on many factors: the biological characteristics of a variety, cultivation technology and weather conditions. The best by this criterion are the varieties of breeding North-East Federal Agrarian Scientific Center: Rada (83.2%), Kirovskaya 89 (80.5%), Vyatka 2 (80.3%), Flora (80.0%), Grafinya (79.9%), Snezhana (79.3%), Falenskaya 4 (76.9%).

Keywords: winter rye, variety, productivity, adaptability, stability, weather conditions

Озимая рожь, как ценный хлебный злак, была известна в Европе еще два тысячелетия назад. Путем многолетнего бессознательного отбора рожь из полудикой малопродуктивной примеси превратилась в адаптивную высокозимостойкую ценную зерновую культуру, способную успешно произрастать и давать стабильные урожаи на различных по плодородию и механическому составу почвах. В настоящее время селекционная работа по озимой ржи проводится в 14 научных учреждениях РФ [1]. В 2012 г. в Госреестре селекционных достижений было зарегистрировано 63 сорта, 59 из которых (94%) – отечественной се-

лекции. К 2019 г. общее количество зарегистрированных сортов возросло до 83, в том числе 6 – гибридные сорта зарубежной селекции. Несмотря на достигнутые успехи в селекции этой культуры современные сорта несовершенны и наряду с положительными качествами имеют определенные недостатки, которые особенно заметны при возделывании сорта в несвойственных для него условиях.

Селекция высокоурожайных сортов озимой ржи часто приводит к снижению зимостойкости, адаптивности, устойчивости к стрессовым факторам [2], так как чем больше энергетических ресурсов растение тратит

на формирование высокой урожайности, тем меньше их остается для поддержания адаптационных процессов. Селекционно проработанный материал реализует продуктивный потенциал при возделывании его в максимально благоприятных условиях.

В этой связи создание экологически пластичных сортов, способных переносить неблагоприятные воздействия среды без резкого снижения урожайности, является важным направлением селекции [3–5]. Особенно актуальным это направление является для Волго-Вятского региона, характеризующегося сложными, а порой экстремальными, гидро-термическими и почвенными условиями [6].

Цель исследования: оценить урожайность и адаптивность сортов озимой ржи разного эколого-географического происхождения в условиях Волго-Вятского региона.

Материалы и методы исследования

Работа проведена в отделе озимой ржи ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2015–2019 гг. Объект исследования – 33 сорта озимой ржи отечественной селекции. Предшественник – чистый пар, учетная площадь делянки экологического сортоиспытания – 5 м², повторность – 3-кратная, норма высева – 6,0 млн всхожих семян на 1 га, размещение сортов в опыте – рендомизированное. Посев проведен в оптимальные сроки для центральной зоны Кировской области (25–30 августа), элементы технологии возделывания считаются оптимальными для почвенно-климатических условий региона.

Изучение сортов по хозяйственно ценным признакам проведено в соответствии с «Методическими указаниями по селекции и семеноводству озимой ржи» (1980) и «Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1983).

Расчет реализации потенциала и размаха урожайности определяли в соответствии с методикой В.А. Зыкина с соавторами [7]; уровень устойчивости сортов к стрессовым условиям произрастания (У2-У1) – по А.А. Гончаренко [8]. Статистическая обработка результатов исследований проведена с использованием Пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.07.), 1998, Microsoft Office Excel, а также по Б.А. Доспехову (1979) [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Гидротермические условия являются определяющим фактором почвенных режи-

мов (теплого, воздушного, водного), условий роста и развития сельскохозяйственных культур, степени их адаптации, использования из почвы питательных веществ, а также качества полученной продукции.

Анализ температурного и водного режимов за многолетний период (1977–2019 гг.) показал, что в осенние месяцы наблюдается устойчивый рост средней температуры воздуха, что привело к сдвигу сроков прекращения осенней вегетации озимых культур. Высокой концентрацией неблагоприятных условий характеризуется зимний период. Особенно опасны зимние оттепели, которые за последние 10 лет случаются ежегодно и приводят к расходу накопленных питательных веществ и истощению растений. В случае последующего понижения температуры существует опасность вымерзания. Ранневесенний период во многом обуславливает величину урожайности озимой ржи. В случае затяжной весны растения попадают в условия высоких температур и недостатка влаги (что нередко отмечается в последние годы), в результате чего происходит угнетение роста растений, замедление кущения и развития корневой системы. Особую опасность представляет грибок *M. nivale*. Ежегодное поражение посевов ржи снежной плесенью составляет 100%, что является лимитирующим фактором урожайности в условиях Волго-Вятского региона. Учитывая перечисленные особенности следует, что к сортам, возделываемым в регионе, предъявляются высокие требования.

Погодные условия в период проведения исследований были контрастными (табл. 1), что позволило с большей точностью оценить реакцию сортов ржи разного эколого-географического происхождения на условия региона.

Наиболее благоприятные условия для роста и развития растений озимой ржи сложились в 2014/2015 г. Теплая и влажная погода апреля способствовала разрушению снежного покрова в короткие сроки и активной регенерации растений. Отрастание сортов после поражения снежной плесенью было высоким (70–100%), фазы цветения и формирования зерна проходили в оптимальных условиях гидротермического режима, что и обусловило высокий уровень урожайности в опыте. Средняя урожайность составила 4,34 т/га с варьированием от 3,44 (Крона) до 5,28 т/га (Графиня). Большинство сортов по урожайности находились на уровне высокозимостойкого стандарта Фаленская 4 (4,94 т/га).

Таблица 1

Характеристика погодных условий фаз активной вегетации озимой ржи
и средней урожайности зерна по опыту, 2015–2019 гг.

Месяц	2014/2015 г.		2015/2016 г.		2016/2017 г.		2017/2018 г.		2018/2019 г.	
	Сред.	± к ср. многол.	Сред.	± к ср. многол.	Сред.	± к ср. многол.	Сред.	± к ср. многол.	Сред.	± к ср. многол.
Средняя температура, °С										
Сентябрь	10,1	+1,1	13,0	+4,0	10,0	+1,0	9,9	+0,9	11,0	+2,0
Октябрь	–1,1	–2,6	0,9	–0,6	2,1	+0,6	3,0	+1,5	3,7	+2,2
Апрель	3,7	+1,5	6,2	+4,0	2,0	–0,2	2,6	+0,4	3,8	+1,6
Май	14,9	+4,9	14,0	+4,0	7,6	–2,4	11,6	+1,6	13,6	+3,6
Июнь	18,7	+3,3	16,5	+1,1	13,7	–1,7	14,4	–1,0	15,8	+0,4
Июль	15,6	–2,3	20,8	+2,9	17,6	–0,3	20,6	+2,7	16,1	–1,8
Август	14,0	–1,3	20,9	+5,6	17,1	+1,8	16,6	+1,3	13,4	–1,9
Количество осадков за месяц, мм										
Месяц	Сред.	% к ср. многол.	Сред.	% к ср. многол.	Сред.	% к ср. многол.	Сред.	% к ср. многол.	Сред.	% к ср. многол.
Сентябрь	23	37	25	40	99	160	81	131	65	105
Октябрь	87	142	77	126	31	51	60	98	66	108
Апрель	56	175	34	106	75	234	73	228	16	50
Май	26	51	30	59	56	110	36	71	38	74
Июнь	69	109	25	40	88	140	85	135	94	149
Июль	99	121	116	141	159	194	114	139	57	69
Август	104	155	48	72	39	58	62	92	63	94
Средняя урожайность, т/га	4,34		1,32		3,22		2,63		2,44	

Совокупность неблагоприятных факторов отмечена в период вегетации озимой ржи 2015/2016 г. Осенние условия для заделки и накопления питательных веществ были удовлетворительными, однако затяжной теплый осенний период и неоднократное возобновление вегетации озимых привело к интенсивному расходу запасных веществ. Установившаяся в апреле теплая, с частыми осадками погода способствовала быстрому сходу снега и оттаиванию почвы. Несмотря на то, что условия для возобновления вегетации озимой ржи были оптимальными, отрастание сортов, истощенных в зимний период, сильно варьировалось – от 3 до 95%, при значении стандарта Фаленская 4 – 90%. В мае и июне состояние посевов было удовлетворительным, однако в критические периоды водопотребления растения испытывали дефицит влаги. Перечисленные факторы привели к значительному недобору урожая. В условиях этого года величина урожайности находилась в тесной зависимости от регенерационной способности после поражения снежной плесенью ($r = 0,94$). Средняя урожайность сортов – 1,32 т/га с пределами варьирования от 0,12 (Славия) до 3,21 т/га (Рада). У 14 сортов урожайность была менее 1 т/га.

Условия вегетационного периода 2016/2017 г. складывались крайне неблагоприятно.

После прекращения осенней вегетации снег выпал на слабо промерзшую почву, позднее на посевах образовалась плотная виская ледяная корка, последующие обильные осадки привели к установлению высокого снегового покрова. При повышенной температуре на глубине залегания узла кущения происходило усиленное расходование запасных питательных веществ и ослабление растений. Однако благодаря высокому содержанию сахаров (10–11%) в узле кущения, накопленных с осени, сорта вышли из состояния покоя в удовлетворительном состоянии и восстановили оптимальную плотность агрофитоценоза. Большинство из них характеризовались хорошей регенерационной способностью – 75–100%. Сорта Вираз и Чусовая отросли на 70 и 60% соответственно. Минимальный показатель отмечен у сорта Альфа (35%). Прохладная и дождливая погода в июне и июле стала причиной плохой завязываемости зерна в колосе, через зерница достигала 35%, что спровоцировало сильнейшее поражение посевов ржи спорыньей. Средняя урожайность по опыту составила 3,22 т/га. Наименьшая урожайность сформирована сортом Альфа (2,25 т/га), максимальная – сортом Таловская 41 (4,14 т/га).

Сильная дифференциация сортов по урожайности наблюдалась в 2018 и 2019 гг. Условия зимнего периода 2017/2018 г. были неблагоприятными: отсутствие низких температур при высоком снеговом покрове привели к повышению температуры на глубине залегания узла кущения до 0...–2 °С, при биологической норме –6...–8 °С, что увеличивает риск выпревания озимых культур и сильного развития снежной плесени. В первых числах апреля еще удерживался зимний режим. Во второй пятидневке началось интенсивное таяние снега, который окончательно сошел только в 20-х числах месяца. В третьей декаде апреля резко похолодало и вновь образовался снежный покров высотой до 35 см, который удерживался 7–8 дней, почва из-под снега вышла оттаявшей. Несмотря на то, что в летние месяцы (июнь и июль) было достаточно тепла и влаги, прохождение основных фаз вегетации озимой ржи шло с задержкой на 12–17 дней из-за позднего схода снега и возврата апрельских холодов. Средняя урожайность в опыте была невысокой и составила 2,63 т/га. Выделена группа сортов, сильно пострадавших от поражения снежной плесенью: Таловская 41 (0,37 т/га), Саратовская 7 (0,68 т/га) и Та-

ловская 33 (0,92 т/га). Высокая адаптационная способность и урожайность отмечена у сортов селекции ФАНЦ Северо-Востока: Флора (4,64 т/га), Кировская 89 (4,55 т/га), Фаленская 4 (4,23 т/га), Графиня (4,06 т/га) и сорт Паром (селекции Уральского НИИСХ, 4,83 т/га).

Реакция сортов озимой ржи на условия 2018/2019 г. была аналогичная. Средняя урожайность составила 2,44 т/га с варьированием от 0,30 т/га (Саратовская 7) до 4,84 т/га (Рушник).

Параметры урожайности изучаемых сортов представлены в табл. 2. Средняя урожайность сортов за период исследований варьировалась в широких пределах – от 1,60 т/га (Саратовская 7) до 4,22 т/га (Графиня). Сорта, достоверно превышающих по данному показателю стандарт Фаленская 4 (3,80 т/га), не выявлено. На уровне стандарта находятся сорта: Вятка 2, Кировская 89, Снежана, Рушник, Флора, Рада и Графиня (селекции ФАНЦ Северо-Востока); Татьяна (Московский НИИСХ) и Паром, Алиса, Янтарная (Уральский НИИСХ). Адаптивность во многом зависит от места происхождения сорта и степени его отселектированности.

Таблица 2
Параметры урожайности сортов озимой ржи, 2015–2019 гг.

Сорт	Средняя урожайность, т/га	Пределы варьирования урожайности, т/га	Устойчивость к стрессовым условиям (У2-У1)	Размах урожайности, (d)%	Реализация потенциала урожайности (2015–2019 гг.), %
Вятка 2	3,38	2,42–4,21	–1,79	42,5	80,3
Кировская 89	3,51	2,55–4,36	–1,81	41,5	80,5
Дымка	2,78	1,42–4,12	–2,70	65,5	67,5
Фаленская 4 – st	3,80	2,58–4,94	–2,36	47,8	76,9
Снежана	3,49	2,25–4,40	–2,15	48,9	79,3
Рушник	3,56	2,56–4,84	–2,28	47,1	73,5
Флора	4,01	2,58–5,01	–2,43	48,5	80,0
Рада	3,96	3,21–4,76	–1,55	32,6	83,2
Графиня	4,22	3,04–5,28	–2,24	42,4	79,9
Альфа	1,83	0,16–4,66	–4,50	96,6	39,3
Татьяна	3,21	1,81–4,80	–2,99	62,3	66,9
Крона	2,39	0,99–3,44	–2,45	71,2	69,5
Московская 12	2,21	0,16–4,49	–4,33	96,4	49,2
Чулпан 7	2,72	0,84–3,86	–3,02	78,2	70,5
Памяти Кунакбаева	2,60	1,05–4,30	–3,25	75,6	60,5
Таловская 33	2,26	0,49–4,83	–4,34	89,8	46,8
Таловская 41	2,16	0,37–4,88	–4,51	92,4	44,3
Волхова	2,95	1,67–4,17	–2,50	59,9	70,7
Короткостебельная популяция	2,77	1,43–4,32	–2,89	66,9	64,1
Былина	2,80	1,21–4,35	–3,14	72,2	64,4
Славия	2,70	1,12–4,25	–3,13	71,5	63,5

Окончание табл. 2

Сорт	Средняя урожайность, т/га	Пределы варьирования урожайности, т/га	Устойчивость к стрессовым условиям (У2-У1)	Размах урожайности, (d)%	Реализация потенциала урожайности (2015–2019 гг.), %
Памяти Бамбышева	1,86	0,19–4,23	–4,04	95,5	44,0
Саратовская 7	1,60	0,18–3,69	–3,51	95,1	43,4
Марусенька	1,94	0,15–4,06	–3,91	96,3	47,8
Солнечная	1,97	0,14–4,21	–4,07	96,7	46,8
Безенчукская 87	1,80	0,19–3,81	–3,62	95,0	47,2
Антарес	2,03	0,30–3,76	–3,46	92,0	54,0
Роксана	2,68	0,81–4,23	–3,42	80,8	63,3
Паром	3,46	1,63–4,83	–3,20	66,2	71,6
Алиса	3,17	1,68–4,26	–2,58	60,6	74,4
Янтарная	3,09	1,42–4,95	–3,53	71,3	62,4
Чусовая	2,38	0,91–3,93	–3,02	76,8	60,5
Виращ	2,78	1,31–4,33	–3,02	69,7	64,2
НСР ₀₅	0,79				

Для оценки пластичности и стабильности урожайности сортов в условиях Волго-Вятского региона было рассчитано несколько показателей. В зоне с нестабильными метеоусловиями и частыми проявлениями стрессовых факторов важным показателем является устойчивость сортов к стрессу, который определяется разностью между минимальным и максимальным значением урожайности и имеет отрицательный знак. Установлено, что высокой устойчивостью к стрессу характеризуются сорта: Рада (–1,55), Вятка 2 (–1,79), Кировская 89 (–1,81), Снежана (–2,15), Графиня (–2,24), Рушник (–2,28), Флора (–2,43), Фаленская 4 (–2,36) и Волхова (–2,50). Минимальная стрессоустойчивость отмечена у сорта Таловская 41 (–4,51).

Расчет показателя размаха урожайности (d%) показывает стабильность формирования показателя в конкретных условиях возделывания. В результате исследования установлено, что минимальное значение размаха урожайности показал сорт Рада (32,6%). Сорта инорайонной селекции имели высокий показатель размаха (до 96,6%), так как резко снижали урожайность в годы с неблагоприятными условиями перезимовки. Следует отметить, что сорта отечественной селекции, созданные в регионах с более мягкими климатическими условиями, обладающие высоким урожайным потенциалом, способны реализовывать его только в благоприятных для них условиях. В более жестких климатических условиях, формируя в отдельные годы высокую урожайность, они могут сильно по-

страдать или полностью погибнуть при перезимовке в период сильной эпифитотии *M. nivale*. Такие сорта представляют особую ценность для использования в селекционном процессе как богатый генетический материал с высоким продуктивным потенциалом.

Реализация потенциала урожайности зависит от биологических особенностей сорта, технологии возделывания и погодных условий. Результаты проведенных исследований показали, что даже при соблюдении всех технологических приемов, из-за неблагоприятных погодных условий периода вегетации, большинство сортов имели невысокую величину реализации потенциала урожайности. Лучшими по данному параметру являются перспективные сорта и внесенные в Госреестр селекционных достижений, допущенные к использованию в Волго-Вятском регионе РФ: Рада (83,2%), Кировская 89 (80,5%), Вятка 2 (80,3%), Флора (80,0%), Графиня (79,9%), Снежана (79,3%), Фаленская 4 (76,9%). Для повышения потенциальных возможностей селектируемого сорта необходимо в первую очередь повысить его адаптивность, а также удовлетворить биологические требования сорта путем оптимизации технологии возделывания.

Заключение

Результаты испытаний показали, что сорта по-разному реагировали на изменяющиеся условия вегетации. Наибольшая устойчивость к стрессовым факторам отмечена у сортов Рада, Вятка 2, Кировская 89,

СТАТЬИ

УДК 556.551(571.56)

**МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕР
СЕВЕРА ЯКУТИИ****Городничев Р.М., Левина С.Н., Ушницкая Л.А., Давыдова П.В., Пестрякова Л.А.***ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Якутск,
e-mail: rusgorodnichev@gmail.com*

В работе приведено описание основных морфометрических характеристик 83 озер, расположенных на арктических территориях Якутии в бассейнах рек Анабар, Оленек, Лена, Индигирка и Колыма. Рассмотренные параметры варьируются в широких пределах и не проявляют закономерных изменений в зависимости от характеристик местоположения водных объектов (от географических координат и принадлежности природным зонам), поэтому определяющими признаками, лежащими в основе объединения водоемов в группы, стали особенности их генезиса и соответствующие им морфогенетические типы. Исследуемые водные объекты принадлежат водно-эрозионному, эрозионно-термокарстовому, дельтовому, нагорно-плоскогорному и термокарстовому морфогенетическим типам и обладают очень малой (58 % озер), средней (23 %) и малой глубиной (19 %). Основная масса озер (64 %) характеризуется формой зеркала, близкой к округлой, по значениям площади является озерами (42 %) и очень малыми водоемами (40 %). Водно-эрозионные озера выделяются «удлиненностью» форм и высоким показателем развития береговой линии; эрозионно-термокарстовые обладают наибольшими значениями максимальной глубины; нагорно-плоскогорные – самыми большими площадями зеркала и объемами водной массы; термокарстовые – наименьшими размерами. Дельтовые озера по отдельным характеристикам проявляют высокое сходство с водно-эрозионными, эрозионно-термокарстовыми или термокарстовыми водоемами. Сопоставление размеров водной поверхности озер Севера и водоемов соответствующих типов других частей Якутии позволяет назвать обследованные водные объекты типичными для региона. Озеро Сутуруоха выделяется наибольшими площадью зеркала и объемом водной массы и может быть отнесено к категории крупнейших водоемов Якутии.

Ключевые слова: озеро, Арктика, морфогенетический тип, Якутия, водное зеркало, развитие береговой линии, объем озера, термокарст

**MORPHOMETRIC PARAMETERS OF DIFFERENT LAKE TYPES
IN THE NORTH OF YAKUTIA****Gorodnichev R.M., Levina S.N., Ushnitskaya L.A., Davydova P.V., Pestryakova L.A.***M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: rusgorodnichev@gmail.com*

The article describes morphometric characteristics of 83 lakes located in the Arctic territories of Yakutia in the basins of the rivers Anabar, Olenek, Lena, Indigirka and Kolyma. The considered parameters vary in wide limits and do not show significant changes depending on the characteristics of water bodies location (geographical coordinates and belonging to natural zones), therefore the defining features underlying the association of water bodies into groups have become the features of their genesis and corresponding morphogenetic types. The studied water objects belong to fluvial-erosion, erosion-thermokarst, delta, upland and thermokarst types and have very shallow (58 % of lakes), medium (23 %) and shallow depth (19 %). The main mass of the lakes (64 %) is characterised by the shape of their water surface that is close to round, according to the water surface square they are small (42 %) and very small reservoirs (40 %). Fluvial-erosion lakes are distinguished by elongated forms and high coefficient of coastline development; erosion-thermokarst lakes have the highest water depth; upland lakes have the largest water areas and the volume of water mass; thermokarst lakes stand out by their smallest size. Separate parameters of delta lakes demonstrate high similarity to those of fluvial-erosion, erosion-thermokarst or thermokarst lakes. A comparison of the water area size of lakes in the North with that of lakes in other parts of Yakutia allows us to call the surveyed water bodies typical for the region. Lake Suturuokha stands out by its largest surface area and volume of water mass and it can be attributed to the category of the largest lakes of Yakutia.

Keywords: lake, Arctic, morphogenetic type, Yakutia, water area, development of the coastline, lake volume, thermokarst

Якутия является крупнейшим регионом Российской Федерации, на ее территории насчитывается, по меньшей мере, 700 тыс. озер [1]. Несмотря на то, что в республике располагаются такие крупные реки как Лена, Индигирка, Колыма, Яна и другие, для значительной части жителей региона основным источником воды являются разнообразные озера [2, 3], типологическое многообразие которых изложено в регио-

нальной классификации И.И. Жиркова [4]. Из сотни тысяч озер обследованию подвергнуты только несколько сотен озер субъекта, главным образом в наиболее освоенной части региона – в Центральной Якутии. Арктические водоемы региона все еще изучены слабо [5], сведения о морфометрических параметрах, приведенных в данной статье, позволят внести значительный вклад в деятельность по устранению пробелов знаний

о характеристиках озер Севера Якутии, отражающих пространственную конфигурацию и размеры водоемов.

Цель исследования: выявление особенностей морфометрических параметров разнотипных озер Севера Якутии.

Материалы и методы исследования

Проведено исследование морфометрических параметров 83 озер, расположенных (рис. 1) на севере Якутии (за полярным кругом) в бассейнах рек Колыма (3 водоема), Индигирка (12), Лена (18), Оленек (8) и Анабар (42) [6, 7]. Полевые работы на озерах выполнены в период с 2002 по 2012 г. в рамках российских и российско-германских экспедиций (главным образом под руководством Л.А. Пестряковой).

В настоящей работе рассмотрены следующие морфометрические параметры озер: длина водного зеркала, ширина максимальная и средняя, максимальная глубина, длина береговой линии, показатель удлинённости, развитие (изрезанность) береговой линии, площадь водного зеркала и приблизительный объем водной массы (таблица).

Описание характеристик морфометрии озер реализовано в рамках границ, занимаемых водной массой. Максимальная

глубина установлена в ходе полевых исследований при помощи ручного эхолота Speedtech Depthmate SM-5. Такие параметры водного зеркала, как длина, максимальная ширина, площадь, длина береговой линии, измерены для каждого водного объекта в программе Google Earth Pro (время обращения август – сентябрь 2014 г.) и уточнены по топографическим картам масштаба 1:50000–1:200000. Средняя ширина, показатели удлинённости и развития береговой линии установлены расчетным путем по общепринятым формулам (1–3). Для определения приблизительного объема водной массы использована формула полусферы (4), где в качестве площади окружности использована площадь зеркала водоема, а в качестве радиуса – максимальная глубина. Данная формула применена ввиду отсутствия детальных батиметрических данных и сведений о средней глубине исследуемых водоемов.

Средняя ширина H_{cp} определена по формуле

$$H_{cp} = \frac{F}{L}, \quad (1)$$

где F – площадь зеркала водного объекта; L – длина озера.



Рис. 1. Район исследования

Показатель удлиненности $K_{уд}$ вычислен по формуле

$$K_{уд} = \frac{L}{H_{cp}}, \quad (2)$$

где L – длина озера;
 H_{cp} – средняя ширина.

Показатель изрезанности K установлен по формуле

$$K = \frac{L_{б.л.}}{2\sqrt{F\pi}}, \quad (3)$$

где F – площадь зеркала водного объекта;
 $L_{б.л.}$ – длина береговой линии.

Приблизительный объем водоема V рассчитан по формуле

$$V = \frac{2}{3} F h_{max}, \quad (4)$$

где F – площадь зеркала водного объекта;
 h_{max} – максимальная глубина.

Для установления возможных закономерностей в изменении морфометрических характеристик и параметров местоположения озер в компьютерной программе Statistica (Ver. 10) проведен корреляционный анализ с применением коэффициента ранговой корреляции Спирмена [7].

Морфогенетические типы озер определены в соответствии с классификацией И.И. Жиркова [4]. Для водно-эрозионных, эрозионно-термокарстовых и термокарстовых типов озер ключевыми признаками (в настоящей работе) выступили процессы, в результате которых образовались водоемы. Нагорно-плоскогорный и дельтовый типы выделены по местоположению водоемов с учетом карты типологии озер Якутии [8].

Результаты исследования и их обсуждение

В целом морфометрические параметры озерных экосистем варьируются в широких пределах (таблица). Озеро Инд31 (оз. Сутуруоха) представляет собой нетипичный водоем неясного происхождения и образовалось, вероятно, в результате тектонических процессов и деятельности ледников [9]. Ввиду близости Полоусного кряжа и согласно территориальным подразделениям карты типологии озер Якутии [8] оно отнесено к нагорно-плоскогорному типу. Данный водоем обладает аномально высокими значениями параметров водного зеркала, которые сильно искажают средние ис-

следуемых характеристик. Для устранения отклоняющего воздействия аномальных значений озера Инд31 средние значения морфометрических параметров озер рассчитаны как с учетом значений данного водоема (приведены в квадратных скобках в таблице), так и с исключением их из исследуемой выборки.

В результате проведенного корреляционного анализа не выявлено значимых средних и сильных взаимосвязей (при $p < 0,05$) морфометрических параметров озер с показателями их местоположения (широтой, долготой местности, природными зонами и подзонами) [7], поэтому принято решение рассматривать морфометрические параметры озер без их группировок по территориальному признаку. Большая часть исследуемых водоемов связана в своем происхождении с термокарстом [10, 11] и водно-эрозионными процессами на водотоках и относится к водно-эрозионному и эрозионно-термокарстовому морфогенетическим типам классификации И.И. Жиркова. Ниже приведена характеристика основных морфометрических характеристик: максимальной глубины озер, формы и площади зеркала, изрезанности береговой линии и приблизительного объема.

Максимальная глубина водных объектов принимает значения от 0,3 (Лен14, озеро дельтового типа) до 12,4 м (Ан4, эрозионно-термокарстовое озеро), в среднем, составляя 3,8 м (для выборки, включающей Инд31, значения также равны 3,8 м). Наибольшими средними значениями параметра обладают водоемы эрозионно-термокарстового типа (4,1 м), наименьшими – термокарстовые озера (2,25 м). В целом группы озер дельтового, нагорно-плоскогорного и термокарстового типов представлены небольшим количеством объектов (5 и менее), что не делает объективным представление о распределении исследуемых параметров указанных морфогенетических типов, однако так как озера расположены в труднодоступных районах Арктики, и информации о такого рода водоемах в открытых источниках немного, то они не были исключены из описания.

В соответствии с классификацией С.П. Китаева [12] по значениям максимальной глубины исследуемые водные объекты могут быть отнесены к следующим группам (рис. 2): с очень малой (<3,12 м); с малой (3,12–6,25 м) и со средней глубиной (6,25–12,5 м).



Рис. 2. Распределение озёр по максимальной глубине. *Примечание: n – количество озёр

В целом по значениям максимальной глубины выборка исследуемых озёр характеризуется преобладанием водоемов с очень малой глубиной (58% объектов или 48 озёр). Озёра с малой и со средней глубиной представлены соответственно 23% (19 ед.) и 19% (16 ед.) числа водоемов. Распределение водно-эрозионных озёр по максимальной глубине близко распределению водоемов по значениям данного параметра, полученного для всего набора озёр ($n = 83$). Для отмеченного морфогенетического типа характерно преобладание озёр с очень малой глубиной (62% или 25 озёр). Водоемы с малой и со средней глубиной составляют 20% (8 ед.) и 18% (7 ед.) количества озёр водно-эрозионного типа соответственно. Эрозионно-термокарстовый тип тоже характеризуется преобладанием водоемов с очень малой глубиной. Однако доля озёр с малой (30% или 10 ед.) и средней глубиной (21% или 7 ед.) типа выше, чем в среднем по району исследования. Озёра дельтового типа принадлежат группам водоемов с очень малой (60% или 3 ед.) и средней глубиной (40% или 2 ед.). Нагорно-плоскогорные водоемы обладают малой (1 ед.) и очень малой (2 ед.), термокарстовые – очень малой глубиной (2 озёра).

Форма водного зеркала объектов исследования определена по значениям коэффициента удлиненности (K_y) с использованием классификации С.В. Григорьева [12]. В соответствии с данной классификацией водоемы могут обладать округлой ($K_y < 1,5$); близкой к округлой ($K_y = 1,5-3,0$); близкой к овальной ($K_y = 3,0-5,0$); овально-удлинен-

ной ($K_y = 5,0-7,0$); удлиненной ($K_y = 7,0-10,0$) и вытянутой в виде борозды ($K_y > 10,0$) формами. Показатель удлиненности водных объектов выборки варьирует в диапазоне от 1,3 до 33,1, при среднем значении 3,8.

Почти две трети объектов исследования (64% или 53 ед.) характеризуются формой зеркала, близкой к округлой (рис. 3). Следующей по количеству водоемов группой являются близкие к овальной по форме зеркала озёра (19% или 16 ед.). На долю овально-удлиненных (5 ед.), удлиненных (3 ед.) и озёр в виде борозды (4 ед.) в совокупности приходится 14% (12 озёр) выборки. Всеми указанными морфологическими категориями представлена лишь выборка озёр водно-эрозионного генезиса, для которой характерно преобладание близкой к округлой (40% или 16 ед.) и близкой к овальной форм (30% или 12 ед.). На долю овально-удлиненных (10% или 4 ед.), удлиненных (8% или 3 ед.) и вытянутых в виде борозды (10% или 4 ед.) приходится примерно равные доли озёр водно-эрозионного типа. Округлой формой обладает только один водоем (2%) указанного морфогенетического типа. Среди эрозионно-термокарстовых озёр преобладают близкие к округлой (85% или 28 ед.), оставшаяся часть водоемов обладает формой близкой к овальной (12% или 4 ед.) и округлой (3% или 1 ед.). Все исследуемые озёра дельтового и нагорно-плоскогорного типов характеризуются формой близкой к округлой, термокарстовые – округлой (50% или 1 ед.) и близкой к округлой (50% или 1 ед.).



Рис. 3. Распределение исследуемых озер района по форме зеркала

Примечательным является то, что в исследуемом наборе озер овальная и более вытянутые формы характерны только для водных объектов, генезис которых связан с водотоками (водно-эрозионные и эрозионно-термокарстовые озера). Водно-эрозионные озера, образованные путем отделения их котловин от русел водотоков, сохраняют признаки «текучих» водных объектов в более вытянутой форме. Доля «удлиненных» групп водоемов (овально-удлиненные, удлиненные и вытянутые в виде борозды), характерных только для водно-эрозионных озер, в совокупности составляет 28 % (11 ед.) объектов морфогенетического типа.

Развитие береговой линии исследуемых озер характеризуется крайними наименьшим и наибольшим значениями, соответственно равными 1,0 (Ан9 – термокарстовый водоем и Ан16 – водно-эрозионное озеро) и 3,8 (Ан18, водно-эрозионный водоем), в среднем составляя 1,4. Наибольшие средние значения развития береговой линии отмечены для озер водно-эрозионного типа (1,6), что описывает форму их зеркала как наиболее сложную среди имеющихся групп. Наименьшими значениями развития береговой линии обладают термокарстовые (1,1) и дельтовые водоемы (1,1), длины береговой линии, которых близки длине окружностей, равных площади соответствующих водоемов. Интересно, что изрезанность береговой линии водно-эрозионных озер значительно выше аналогичного параметра эрозионно-термокарстовых водоемов (почти на одну

треть), что указывает на значительно более сложную конфигурацию зеркала эрозионных озер. Водно-эрозионные и эрозионно-термокарстовые водные объекты являются генетически близкими. Котловины эрозионно-термокарстового типа характеризуются широким развитием термокарста на ранее образованных в результате отделения от русла водотока котловинах, что нередко способствует изменению их формы. Вытянутый, характерный для водотоков, внешний вид сменяется более округлыми очертаниями. В целом исследуемые водные объекты обладают умеренным развитием береговой линии, форма их зеркала, как правило, имеет достаточно простые очертания без резко выраженных зигзагообразных переходов.

Площадь водного зеркала озер выборки изменяется в диапазоне от 0,0007 (Ан9, термокарстовый тип) до 70,6 км² (Инд31, нагорно-плоскогорный тип) при среднем 1,4 км² (или 0,6 км², если исключить Инд31). Наибольшими средними значениями параметра характеризуются водоемы нагорно-плоскогорного типа (26,38 км²), наименьшими – термокарстовые озера (0,001 км²). Средние значения площадей водно-эрозионных и эрозионно-термокарстовых озер равны и составляют 0,48 км². Средняя площадь дельтовых водоемов – 0,57 км².

Рассматриваемые озера по величине площади зеркала, в соответствии с классификацией П.В. Иванова [12], могут быть подразделены на следующие группы: озёрки (от 0,001 до 0,1 км²), очень малые (0,1–1 км²), малые (1–10 км²) и средние (10–100 км²).

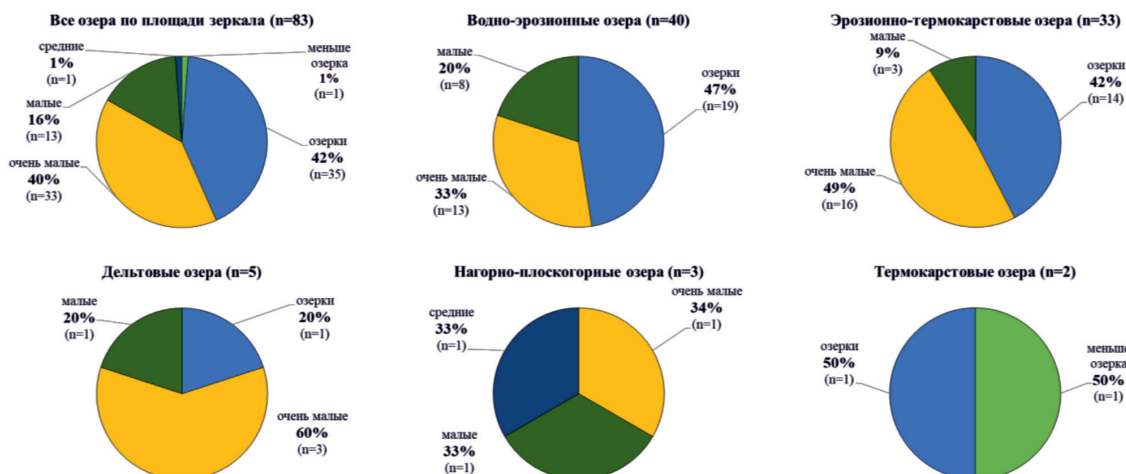


Рис. 4. Распределение исследуемых озер района по площади зеркала

Основная масса исследуемых водных объектов по значениям площади зеркала (рис. 4) является озерками (42% или 35 водоемов) и очень малыми водоемами (40% или 33 озера). Объединением малых водных объектов представлено 16% общего числа озер (или 13 ед.). Стоит отметить, что один термокарстовый водоем рассматриваемой выборки по площади меньше озера. Одно озеро, как было указано ранее (Инд31), заметно превосходит все отмеченные по размерам водного зеркала и отнесено к категории средних.

Водно-эрозионный тип представлен озерками (47% или 19 ед.), очень малыми (33% или 13 ед.) и малыми водоемами (20% или 8 ед.). Эрозионно-термокарстовый также характеризуется наличием озер указанных групп, однако количественно над озерками (42% или 14 ед.) и малыми (9% или 3 ед.) преобладают очень малые (49% или 16 ед.) водоемы. Для дельтового типа отмечено преобладание очень малых водных объектов (60% или 3 ед.). Каждый из водоемов нагорно-плоскогорного объединения представляет одну из размерных группировок: очень малые, малые и средние озера. Термокарстовые водные объекты характеризуются наименьшими площадями и могут быть отнесены к озеркам и меньшей размерной категории.

Приблизительный объем водной массы исследуемой выборки изменяется в диапазоне от $4,3 \cdot 10^{-7}$ (Лен14, дельтовый тип) до $7,3 \cdot 10^{-2}$ км³ (Инд31, нагорно-плоскогорный тип), при среднем $1,6 \cdot 10^{-3}$ км³ (или $7,0 \cdot 10^{-4}$ км³ без учета Инд31). Наибольшим средним объемом обладают водоемы нагорно-плоскогорного типа ($2,6 \cdot 10^{-2}$ км³), наи-

меньшим – термокарстовые водные объекты ($9,9 \cdot 10^{-7}$ км³). Водно-эрозионные озера ($7,8 \cdot 10^{-4}$ км³) по среднему объему примерно в 1,5 раза больше эрозионно-термокарстовых ($5 \cdot 10^{-4}$ км³) и примерно равны дельтовым ($7,3 \cdot 10^{-4}$ км³).

Сопоставление морфометрических характеристик озерных экосистем района исследования с аналогичными параметрами озер различных частей Якутии [13–15] показало, что значения морфометрических параметров озер внутри различных морфогенетических типов сильно варьируются. Так, озера водно-эрозионного типа Севера Якутии имеют площадь в 5 раз большую, аналогичных, расположенных в центральной части региона [13], а эрозионно-термокарстовые водоемы, наоборот, в 15 раз меньше тех, что расположены в Центральной Якутии, остальные характеристики изменяются схожим образом. В результате сравнения значений площадей зеркала исследуемых водоемов и озер трех широко распространенных морфогенетических типов (водно-эрозионного, эрозионно-термокарстового и термокарстового), расположенных в различных частях Якутии [14], последовал вывод, что в целом значения указанного параметра для эрозионно-термокарстового, водно-эрозионного и термокарстового морфогенетических типов озер Якутии являются схожими и находятся в диапазоне от 0,001 до 1,0 км². Полученные для северных водоемов значения лежат внутри указанных пределов, что позволяет говорить о том, что исследуемые озера по размерам зеркала являются типичными для региона.

Распределение морфометрических параметров озер по морфогенетическим типам

Наименование параметра		Морфогенетический тип					Вся выборка (n = 83)
		Водно-эрозионный (n = 40)	Эрозионно-термокарстовый (n = 33)	Дельтовый (n = 5)	Нагорно-плоскогорный (n = 3)	Термокарстовый (n = 2)	
Длина, км	макс	3,80	4,94	1,61	13,06	0,06	4,94 [13,06]
	сред	1,16	0,79	0,99	6,21	0,05	1,01 [1,16]
	мин	0,10	0,07	0,09	1,28	0,03	0,03
Ширина максимальная, км	макс	1,84	2,76	0,99	7,37	0,03	3,29 [7,37]
	сред	0,48	0,50	0,66	3,79	0,03	0,52 [0,61]
	мин	0,05	0,05	0,07	0,72	0,03	0,03
Ширина средняя, км	макс	0,85	1,44	0,67	5,41	0,03	1,85 [5,41]
	сред	0,28	0,32	0,47	2,59	0,03	0,33 [0,39]
	мин	0,04	0,04	0,05	0,51	0,02	0,02
Максимальная глубина, м	макс	10,00	12,40	6,50	3,80	2,50	12,40
	сред	3,68	4,11	3,36	2,90	2,25	3,8 [3,8]
	мин	0,90	1,10	0,30	1,80	2,00	0,30
Длина береговой линии, км	макс	13,17	21,77	4,54	35,08	0,18	21,77 [35,08]
	сред	3,33	2,51	2,74	18,87	0,14	3,07 [3,45]
	мин	0,31	0,19	0,25	3,58	0,09	0,09
Показатель удлиненности	макс	33,14	4,42	2,39	2,50	2,00	33,10
	сред	5,42	2,31	2,01	2,41	1,64	3,8 [3,8]
	мин	1,27	1,47	1,70	2,33	1,27	1,27
Развитие береговой линии	макс	3,77	2,30	1,23	1,80	1,20	3,77 [3,77]
	сред	1,60	1,25	1,12	1,41	1,10	1,4 [1,4]
	мин	1,00	1,04	1,06	1,18	1,00	1,00
Площадь водного зеркала, км ²	макс	2,39	7,14	1,09	70,58	0,0018	7,9 [70,58]
	сред	0,48	0,48	0,57	26,38	0,0013	0,6 [1,4]
	мин	0,01	0,003	0,004	0,65	0,0007	0,0007
Приблизительный объем, км ³	макс	5,4*10 ⁻³	7,1*10 ⁻³	1,7*10 ⁻³	7,3*10 ⁻²	1,5*10 ⁻⁶	7,1*10 ⁻³ [7,3*10 ⁻²]
	сред	7,8*10 ⁻⁴	5*10 ⁻⁴	7,3*10 ⁻⁴	2,6*10 ⁻²	9,9*10 ⁻⁷	7,0*10 ⁻⁴ [1,6*10 ⁻³]
	мин	2,4*10 ⁻⁶	2,7*10 ⁻⁶	4,3*10 ⁻⁷	8,3*10 ⁻⁴	4,7*10 ⁻⁷	4,3*10 ⁻⁷

*Примечание. В круглых скобках указано количество исследуемых озер. В квадратных скобках приведены значения, вычисленные без исключения из выборки аномального озера Инд31. Цветной заливкой выделены ячейки, содержащие крайние значения параметра.

Заключение

Таким образом, морфометрические характеристики изучаемых озер изменяются в широких пределах. Водоемы обладают очень малой (58% объектов), средней (23%) и малой глубиной (19%). Наиболее глубокими являются озера эрозионно-термокарстового типа (в среднем 4,1 м). Почти две трети объектов исследования (64%) характеризуются формой зеркала, близкой к округлой. Овальная и более вытянутая формы характерны только для водных объектов, генезис которых связан с водотоками (водно-эрозионные и эрозионно-термокарстовые озера). «Удлиненные формы» (овально-удлиненная, удлиненная и вытянутая в виде борозды) присущи исключительно водно-эрозионному типу

и принадлежат одной третьей части водоемов указанного генезиса. Озера водно-эрозионного типа также обладают наиболее сложной конфигурацией зеркала на фоне общего умеренного развития береговой линии объектов района. Основная масса всех описанных озер по значениям площади зеркала является озерами (42%) и очень малыми водоемами (40%). Наибольшей площадью и объемом обладают водоемы нагорно-плоскогорного типа, наименьшими – термокарстовые озера. Водно-эрозионные, эрозионно-термокарстовые и дельтовые водные объекты характеризуются схожими средними значениями площади зеркала, позволяющими отнести их к очень малым водоемам. Водно-эрозионные и дельтовые озера по объему в среднем примерно в 1,5 раза больше эрозионно-термокар-

стовых. Сопоставление морфометрических характеристик озер района исследования с аналогичными параметрами водоемов различных частей Якутии показало, что значения морфометрических параметров внутри различных морфогенетических типов сильно варьируют. Полученные для северных водоемов площади водной поверхности лежат внутри диапазона значений соответствующего параметра озер региона, что позволяет говорить о том, что основная масса исследуемых водоемов (кроме оз. Сутуруоха) по размерам зеркала является типичной. Дальнейшие направления работ в области изучения морфометрических параметров озер Севера Якутии целесообразно проводить в направлении рассмотрения статистической значимости различий характеристик озер различных морфогенетических типов.

Работа выполнена в рамках проектного финансирования СВФУ им. М.К. Аммосова (приказ 494-ОД от 02.05.2017 г.) «Палеоэкологические и биоиндикационные исследования водных экосистем криолитозоны Северо-Востока России в условиях изменения климата и антропогенного пресса», проектной части государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки РФ по заданию 5.2711.2017/4.6. «Биогеографические закономерности биоты озер арктической зоны Северо-Востока Российской Федерации», проекта РФФИ-регион 18-45-140053 p_a «Эволюция природной среды Восточного сектора Арктики в голоцене с применением прокси-индикаторов (на примере Якутии)».

Список литературы / References

1. Трофимова Т.П., Жирков И.И., Жирков К.И., Собакина И.Г., Иванов К.П. Современное состояние озер бассейна реки Яны // Вестник СВФУ им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. 2018. № 2 (10). С. 32–40.
2. Трофимова Т.П., Жирков И.И., Жирков К.И., Собакина И.Г., Иванов К.П. Current state of lakes of a river basin of Yana // Vestnik SVFU im. M.K. Ammosova. Seriya: Nauki o Zemle. 2018. № 2 (10). P. 32–40 (in Russian).
3. Постановление правительства РС (Я) от 31.07.2019 г. № 211 «Об утверждении региональной программы РС (Я) «Чистая вода» на 2019–2024 годы // Электронный фонд правовой и научно-технической документации «Кодекс». [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/561518921> (дата обращения: 18.12.2019).
4. Resolution of the Government of the RSYa dd. 31.07.2019 No. 211 «On Approval of the Regional Program of the RSYa «Pure Water» for 2019–2024 // Electronic Fund of Legal and Scientific-Technical Documentation «Codex». [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/561518921> (date of access: 18.12.2019) (in Russian).
5. Ксенофонтова М.И., Трофимова Л.Н., Ябловская П.Е. Создание и использование информационной базы данных питьевых водисточников на территории Республики Саха (Якутия) // Проблемы региональной экологии. 2014. № 1. С. 236–239.
6. Ksenofontova M.I., Trofimova L.N., Yablovskaya P.E. Creation and use of information database of drinking water sources in the territory of Yakutia // Problemy regional'noj ekologii. 2014. № 1. P. 236–239 (in Russian).
7. Жирков И.И. К ландшафтно-генетической классификации озер Центральной Якутии // Природа и хозяйство Сибири. Якутск, 1977. С. 32–33.
8. Zhirkov I.I. Landscape and Genetic Classification of Lakes of Central Yakutia // Priroda i hozyajstvo Sibiri. Yakutsk, 1977. P. 32–33 (in Russian).
9. Трофимова Т.П. Эколого-гидрохимическое состояние озер севера Якутии // Экология России: на пути к инновациям. 2013. № 7. С. 172–176.
10. Trofimova T.P. Ecological and hydrochemical condition of lakes in the North of Yakutia // Ekologiya Rossii: na puti k innovaciyam. 2013. № 7. P. 172–176 (in Russian).
11. Городничев Р.М., Пестрякова Л.А., Перепелица И.М., Ядрихинский И.В., Ушницкая Л.А., Левина С.Н., Давыдова П.В. Качество воды озер Севера Якутии (установленное на основе диатомового анализа) // Успехи современного естествознания. 2018. № 2. С. 70–75.
12. Gorodnichev R.M., Pestryakova L.A., Perepelitsa I.M., Yadrikhinsky I.V., Ushnitskaya L.A., Levina S.N., Davidova P.V. Water quality of lakes in the North of Yakutia (established on the basis of diatom analysis) // Advances in current natural sciences. 2018. № 2. P. 70–75 (in Russian).
13. Городничев Р.М., Пестрякова Л.А., Ядрихинский И.В. Взаимосвязи диатомовых водорослей с морфометрическими, гидрохимическими характеристиками и параметрами местоположения озер Севера Якутии // Вестник СВФУ им. М.К. Аммосова. 2015. № 6 (50). С. 14–26.
14. Gorodnichev R.M., Pestryakova L.A., Yadrikhinsky I.V. Correlations between Diatom Algae, Morphometric, Hydrochemical Characteristics and Location of Lakes from the North Yakutia // Vestnik SVFU im. M.K. Ammosova. 2015. № 6 (50). P. 14–26 (in Russian).
15. Якутия. Историко-культурный атлас / под ред. В.Н. Иванова. М.: Дизайн. Информация. Картография, 2007. 872 с.
16. Yakutia. Historical-cultural atlas / pod red. V.N. Ivanov. M.: Dizajn. Informaciya. Kartografiya, 2007. 872 p. (in Russian).
17. Пестрякова Л.А., Субетто Д.А., Потехин М.С., Фролова Л.А., Ушницкая Л.А., Ядрихинский И.В., Троева Е.И. Палеолимнологические и палеоэкологические исследования озера Сутуруоха (бассейн реки Индигирки) // Общество. Среда. Развитие. 2015. № 4. С. 190–195.
18. Pestryakova L.A., Subetto D.A., Potakhin M.S., Frolova L.A., Ushnitskaya L.A., Yadrikhinskiy I.V., Troeva E.I. Paleolimnological and palaeoecological studies of Sutoruokha lake (Indigirka river basin) // Obshchestvo. Sreda. Razvitie. 2015. № 4. P. 190–195 (in Russian).
19. Втюрин Б.И., Говорущко С.М. «Причуды» термокарста // Криосфера Земли. 2012. Т. 16. № 4. С. 42–44.
20. Vtyurin B.I., Govorushko S.M. «Whims» of thermokarst // Kriosfera Zemli. 2012. T. 16. № 4. P. 42–44 (in Russian).
21. Каплина Т.Н. Древние аласные комплексы Северной Якутии (Сообщение 1) // Криосфера Земли. 2011. Т. 15. № 2. С. 3–13.
22. Kaplina T.N. Ancient alas complexes of Northern Yakutia (Part 1) // Kriosfera Zemli. 2011. T. 15. № 2. P. 3–13 (in Russian).
23. Мякишева Н.В. Многокритериальная классификация озер. СПб.: РГТУ, 2009. 160 с.
24. Myakisheva N.V. Multicriteria classification of lakes. St. Petersburg: RGGMU, 2009. 160 p. (in Russian).
25. Пестрякова Л.А. Типологическое значение морфометрических показателей озер Центральной Якутии // Вопросы рационального использования и охраны природных ресурсов разнотипных озер криолитозоны (На примере Центральной Якутии). Якутск: Изд-во ЯГУ, 1983. С. 89–96.
26. Pestryakova L.A. Typological significance of morphometric indices of lakes in Central Yakutia // Voprosy racional'nogo ispol'zovaniya i ohrany prirodnih resursov raznotipnyh ozer kriolitozony (Na primere Central'noj Yakutii). Yakutsk: YSU, 1983. P. 89–96 (in Russian).
27. Нестерева М.И. Пространственные особенности строения разнотипных озерных котловин на территории Якутии // Общество. Среда. Развитие. 2011. № 4. С. 227–230.
28. Nestereva M.I. Spatial peculiarities of the structure of different types of lake basins on the territory of Yakutia // Obshchestvo. Sreda. Razvitie. 2011. № 4. P. 227–230 (in Russian).
29. Балащенко М.И. Транзитно-аккумулятивные особенности озер Якутии: дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.23. Санкт-Петербург, 2017. 130 с.
30. Balatsenko M.I. Transit and accumulative features of lakes in Yakutia: dis. ... kand. geogr. nauk: 25.00.23. Sankt-Peterburg, 2017. 130 p. (in Russian).

УДК 550.42

СРАВНЕНИЕ НЕРАСТВОРИМОЙ И РАСТВОРИМОЙ ФОРМЫ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СНЕГЕ ВОКРУГ СЕВЕРОДВИНСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

¹Зыкова Е.Н., ¹Яковлев Е.Ю., ¹Дружинин С.В., ^{1,2}Бедрина Д.Д., ³Зыкова А.С.

¹Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
им. академика Н.П. Лаверова РАН, Архангельск, e-mail: abs2417@yandex.ru;

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Центр
коллективного пользования научным оборудованием «Арктика», Архангельск;

³Северный государственный медицинский университет, Архангельск, e-mail: abs2417@yandex.ru

В статье приведены данные по сравнению концентрации растворимой и нерастворимой форм тяжелых металлов в пробах снега вокруг Северодвинского промышленного района на основе анализа проб, отобранных в марте 2019 г. Цель работы – сравнить, насколько нерастворимая составляющая тяжелых металлов, выпадающая из атмосферы, коррелирует с растворимыми формами. Также была поставлена цель оценить степень выщелачивания нерастворимой формы данных элементов. Для выполнения поставленных задач были выбраны точки отбора снега таким образом, чтобы они находились над ранее исследованными участками почв на предмет содержания в них тяжелых металлов, чтобы в дальнейшем проследить степень поглощения их почвами. Дополнительной задачей было определение таких физико-химических показателей талой воды, как водородный показатель, проводимость, минерализация, поскольку это является неотъемлемой частью для понимания миграционной способности соединений исследуемых элементов. В результате проведенной работы были зафиксированы повышенные концентрации таких элементов, как Mn и Pb, в пробах снега, располагающихся в нескольких десятках метров от Северодвинского промышленного района. Суммарные значения содержания тяжелых металлов в нерастворимой форме достигали высоких значений. В растворимой форме концентрации практически всех элементов были невысокими. Большинство значений исследованных металлов в растворимой и нерастворимой форме коррелируют между собой. Можно сделать вывод, что все соединения металлов растворяются и выщелачиваются, переходя из нерастворимой формы в растворимую в той или иной степени. Были отмечены участки с хорошей экологической обстановкой, содержания тяжелых металлов на которых незначительное и может считаться фоновым. Физико-химические показатели находятся в тесной взаимосвязи с высокими содержаниями тяжелых металлов в той и другой форме.

Ключевые слова: экология, тяжелые металлы, промышленный район, спектрометрия, химия

COMPARISON OF AN INSOLUBLE AND SOLUBLE FORM OF HEAVY METALS IN THE SNOW AROUND THE SEVERODVINSK INDUSTRIAL AREA

¹Zykova E.N., ¹Yakovlev E.Yu., ¹Druzhinin S.V., ^{1,2}Bedrina D.D., ³Zykova A.S.

¹Federal Centre for Integrated Arctic Research named after N.P. Laverov RAS,
Archangelsk, e-mail: abs2417@yandex.ru;

²North (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov Center
for Collective Use of Scientific Equipment «Arctic», Arkhangelsk;

³North State Medical University, Arkhangelsk, e-mail: abs2417@yandex.ru

The article presents data comparing the concentrations of soluble and insoluble forms of heavy metals in snow samples around the Severodvinsk industrial region based on an analysis of samples taken in March 2019. The aim of the work was to compare how insoluble a component of heavy metals falling out of the atmosphere correlates with soluble forms. The task was also to assess the degree of leaching of the insoluble form of these elements. To accomplish the tasks, snow sampling points were chosen so that they were above the previously investigated soil sections for the content of heavy metals in them, in order to further monitor the degree of absorption by their soils. An additional task was the determination of such physical and chemical parameters of melt water as the hydrogen parameter, conductivity, and mineralization, since this is an integral part for understanding the migration ability of compounds of the studied elements. As a result of this work, increased concentrations of elements such as Mn and Pb in snow samples located several tens of meters from the Severodvinsk industrial region were found. The total values of the content of heavy metals in insoluble form reached high values. In a soluble form, the concentrations of almost all elements were low. Most values of the studied metals in soluble and insoluble form correlate with each other. It can be concluded that all metal compounds dissolve and leach, passing from an insoluble form to a soluble one to one degree or another. Areas with good environmental conditions were found, the content of heavy metals on which is insignificant and can be considered background. Physico-chemical indicators are closely correlated with high concentrations of heavy metals in one form or another.

Keywords: ecology, heavy metals, industrial area, spectrometry, chemistry

Экологическая обстановка вокруг крупных промышленных предприятий вызывает озабоченность во всем мире и находится под пристальным вниманием ученых [1, 2]. Одно из центральных мест в этом монито-

ринге занимает изучение источников загрязнения, переноса, путей поступления и миграции тяжелых металлов в окружающей среде. Одной из первой ступеней является исследование содержаний тяжелых

металлов в осадках, в частности в снеге [3]. В Архангельской области в г. Северодвинске находятся крупные техногенные объекты, такие как ПО «Севмаш» и ГУП «Звездочка», составляющие Северодвинский промышленный район. Со времени его образования в конце 1930-х гг. данный район своим техногенным влиянием сформировал вокруг себя специфический спектр загрязнений. В нем находятся предприятия машиностроения, металлургии, химии, энергетики, в том числе и атомные энергетические установки. Все перечисленные факторы говорят о необходимости постоянного экологического мониторинга вокруг данной территории. Снег как переносчик и буфер удобен для изучения еще не поступивших в растительность и почву загрязнений и позволяет в чистом виде понять соотношение нерастворимой и растворимой форм тяжелых металлов, привнесенных в данное конкретное место отбора пробы. Соответственно эта информация может позволить оценить, как быстро соединения тяжелых металлов будут мигрировать по пути: растительность – почва – природные воды, а какие будут накапливаться.

Цель исследования: отобрать пробы снега вокруг г. Северодвинска и провести комплексный анализ наличия в них тяжелых металлов в их растворимой и нерастворимой форме. В процессе изучения снежного покрова вокруг Северодвинского промышленного района ранее проведенные исследования растворимой формы проб показали, что концентрационные ряды во многом сходны с нерастворимой. В связи с этим возникла задача исследовать тяжелые металлы, выделяющиеся из твердых частиц, посредством растворения и сравнить, насколько нерастворимая составляющая тяжелых металлов, выпадающая из атмосферы, коррелирует с растворимыми формами. Целью также было оценить степень выщелачивания нерастворимой формы данных элементов, поскольку именно растворившаяся часть попадает после таяния снега в растительный покров, почву и вступает в химические реакции. Для выполнения поставленных задач были выбраны точки отбора снега таким образом, чтобы они находились над ранее исследованными участками почв на предмет содержания в них тяжелых металлов, чтобы в дальнейшем проследить степень поглощения их почвами. Дополнительной задачей было исследование физико-химических показателей талой воды, поскольку это является неотъемлемой частью

для понимания миграционной способности соединений исследуемых элементов [4].

Материалы и методы исследования

Для отбора проб снега был выбран март 2019 г., поскольку на этот месяц приходится максимум накопления снега. В результате было отобрано 13 проб снега в непосредственной близости к Северодвинскому промышленному району и одна проба снега (С-95) на значительном удалении от промышленных объектов, находящаяся на территории Беломоро-Кулойского плато [5]. Все пробы вокруг данного района находились в 0,1–10 км от источника загрязнения. В среднем мощность снегового покрова составляла от 65 до 70 см.

Пробы снега отбирали на глубину профиля в пластиковые ведра с крышкой полипропиленовым совком, отступая вверх от почвы на 5 см, чтобы она не попала в образцы. Пробы отбирали непосредственно в лесу, не менее чем в 100 м от дороги, учитывая то, что поток транспорта в данном месте незначительный. Далее пробы снега транспортировали в лабораторию и растапливали в емкостях, в которых он был отобран, при температуре 20 °С. Физико-химические показатели, такие как проводимость, минерализация, водородный показатель, незамедлительно измерялись в талой воде методом прямой потенциометрии при помощи кондуктометра «Mettler Toledo FiveGo F3» и рН-метра «Hanna Instruments 9124». Для того чтобы отфильтровать нерастворенные частицы, использовали предварительно взвешенный и высушенный в сушильном шкафу фильтр «синяя лента» диаметром 90 мм. Фильтрацию проводили при помощи вакуумного насоса на воронке Бюхнера. Затем, чтобы определить массу сухого остатка фильтр высушивали в сушильном шкафу при 105 °С, помещали в эксикатор для стабилизации массы, взвешивали и вычисляли массу осадка.

Для анализа растворимой формы тяжелых металлов пробы талой воды помещали в полипропиленовые пробирки с крышкой емкостью 50 мл и консервировали особо чистой азотной кислотой и передавали на анализ. Кроме того, делали холостую пробу со смесью воды полученной на установке обратного осмоса и используемой в качестве консервирующего агента HNO_3 для того чтобы исключить ее влияние на результаты анализов. Оба вида анализа проводились в ЦКП НО «Арктика» Северного (Арктического) федерального университе-

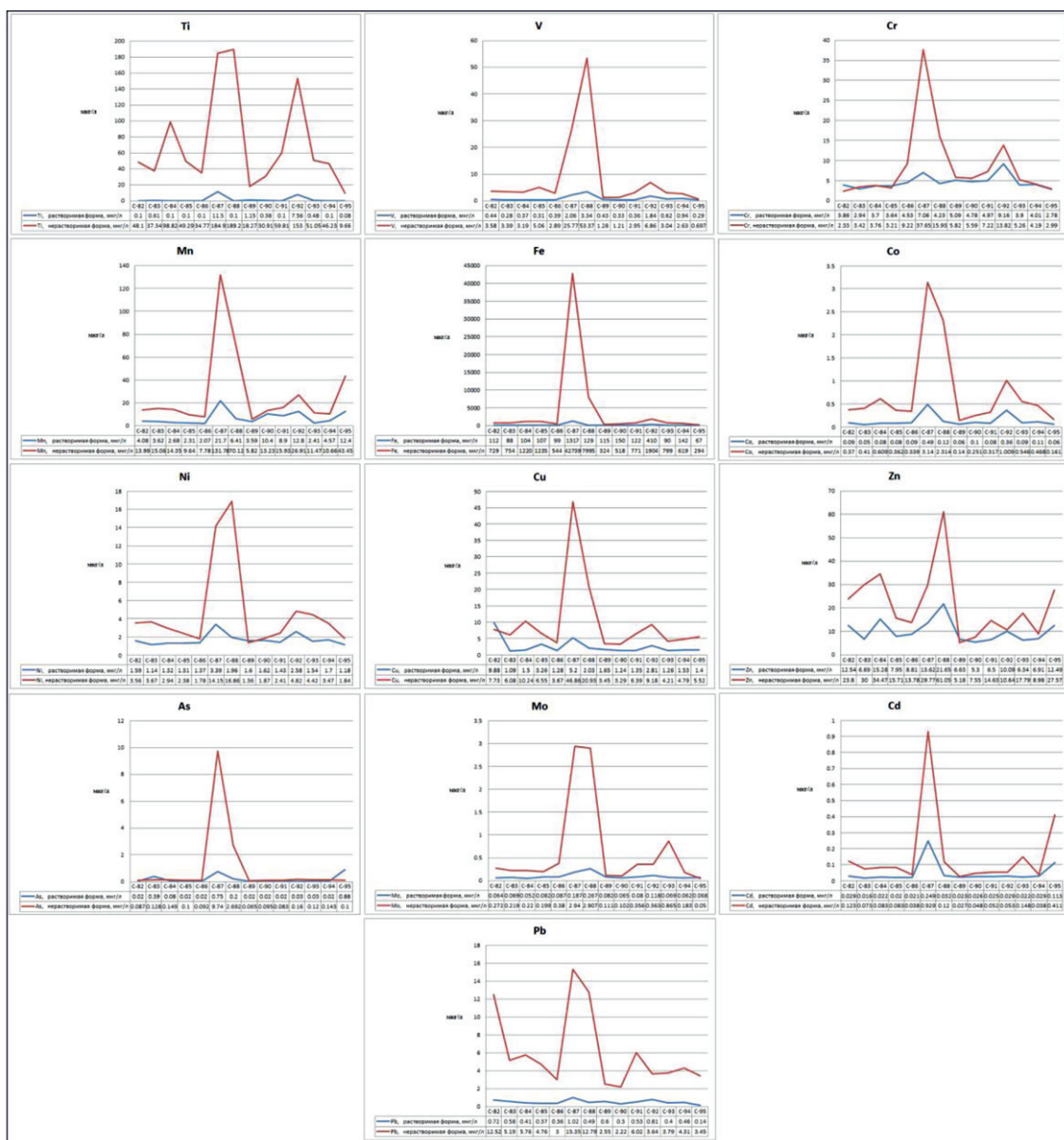
та имени М.В. Ломоносова методом ИСП-МС (прибор «Aurora Elite» фирмы Bruker Daltonics, Inc) с погрешностью $\pm 0,005$ мг/л.

Результаты исследования и их обсуждение

Для начала следует отметить, что суммарные значения концентрации тяжелых металлов нерастворимой формы в точках отбора, находящихся в нескольких десятках метров от промышленных объектов достигают 0,259 и 0,312 мг/кг (пробы С-87 и С-88). В сумме с содержаниями Ti и Fe эти по-

казатели вырастают до 8,44 мг/кг в пробе С-88 и 43,24 мг/кг в пробе С-87.

На расстоянии 7–10 км от предприятий Северодвинского промышленного района суммарные значения тяжелых металлов в пробах снега изменяются в пределах от 0,026 до 0,077 мг/кг (пробы С-89 и С-92), а это существенно ниже, чем в пробах С-87 и С-88. Обработка и анализ результатов отобранных проб для определения растворимой формы исследуемых элементов показали, что эти значения заметно ниже (рисунок).



Графики зависимости содержания тяжелых металлов между растворимой и нерастворимой формой в точках отбора проб снега вокруг Северодвинского промышленного района и фоновой точке С-95, мкг/кг

Валовое содержание тяжелых металлов в пробах снега С-87 и С-89
вокруг Северодвинского промышленного района, мкг/кг (март 2019 г.)

Элемент	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Cd	Pb
С-87 нераствори- мая форма	0,19	25,8	37,7	132	3,14	14,2	46,9	29,8	9,74	2,94	0,93	15,4
С-87 растворимая форма	11,5	2,06	7,06	21,7	0,49	3,39	5,2	13,6	0,75	0,19	0,25	1,02
С-89 нераствори- мая форма	0,02	1,28	5,82	5,82	0,14	1,36	3,45	5,18	0,07	0,11	0,03	2,55
С-89 растворимая форма	1,15	0,43	5,09	3,59	0,06	1,6	1,65	6,63	0,02	0,08	0,02	0,6
С-87/С-89 нерас- творимая форма	10,3	20,2	6,3	22,6	21,4	14	13,4	5,6	139	26,7	33,3	5,8
С-87/С-89 раство- римая форма	10	4,8	1,4	6,1	8,2	2,1	3,2	2,1	37,5	2,4	12,5	1,7
ПДК в воде, мкг/л	100	100	50	100	100	20	1000	1000	10	250	1	10
Класс опасности	3	3	2	3	2	2	2	3	1	2	2	2

В целом валовая концентрация варьируется в пределах от 0,017 мг/л в точке С-93 до 0,056 мг/л в точке С-87. Относительно высокие значения отмечаются в точках находящихся ближе всего к промышленным объектам: пробы С-87 (0,056 мг/л), С-88 (0,041 мг/л) и С-92 (0,040 мг/л). Наиболее низкие значения отмечены в точках С-83 (0,017 мг/л) и С-93 (0,016 мг/л). С учетом Ti и Fe наименьшие суммарные значения растворимой формы имеет проба С-95 (0,095 мг/л), а наибольшие С-87 (1,384 мг/л). Для детального сравнения растворимой и нерастворимой форм тяжелых металлов была выбрана проба С-87 как наиболее представительная по концентрации для обеих форм и проба С-89 с наиболее низкими значениями (таблица).

Для характеристики рисунка следует предварительно сказать несколько слов отдельно о каждом элементе. Выщелачивание титана из оксидов непосредственно связано со слабокислой средой, обусловленной также наличием растворенных в воде оксидов серы с образованием серной кислоты от сжигания углей на ТЭЦ-1 г. Северодвинска. Из таблицы видно, что титан в снеге содержится в основном в растворимой форме. Ванадий, имеющий 3 класс опасности, может поступать в атмосферу в виде силикатов в соединении с железом от металлургических производств. В данном случае в пробе С-87 ванадий содержится в основном в нерастворимой форме, что и не удивительно, поскольку ванадий и его соединения достаточно инертны. Хром (2 класс опасности) применяется в металлургии и в гальваническом производстве, выделяется в атмосферу в виде оксидов, которые слабо выщелачива-

ются в нейтральной среде, что и отражено в таблице. Марганец применяется в металлургии и выпадает в виде одно-, двухвалентных оксидов, которые хорошо выщелачиваются только в кислой среде. Несмотря на повышенное содержание марганца в данной пробе 132 мкг/л (ПДК 100 мкг/л), доля его растворимой формы невелика. Количество растворимой формы кобальта составляет 22 %. Это элемент 2 класса опасности, и можно сказать, что он находится в снеге в виде оксида и слабо выщелачивается.

Никель в пробах снега показывает себя как элемент сходный по степени выщелачивания с кобальтом. Здесь явно прослеживается его наиболее устойчивая форма соединений со степенью окисления 2+. В исследуемой пробе снега преобладает нерастворимая форма никеля в соотношении 1:5. Медь, имеющая класс опасности 2, содержится в отобранных пробах в основном в нерастворимой форме и выщелачивается слабо. Растворимые соединения составляют немногим более 11 %. Аэрозоли, содержащие медь, являются в основном продуктом металлургического производства и состоят из оксидов. В снеге медь, соединяясь с углекислым газом, превращается в инертные карбонаты и в растворимую часть переходит мало.

Цинк поступает в атмосферу от предприятий в виде оксида и металлической пыли, которая быстро окисляется на воздухе. На рисунке видно, что его растворимая форма не во всех пробах коррелирует с нерастворимой. Однако в пробе С-87 она составляет значительную часть. На относительно чистых участках его растворимая форма составляет очень небольшую долю

несмотря на то, что цинк легко выщелачивается и в кислой, и в щелочной среде, однако довольно инертен в нейтральной. Мышьяк в основном выделяется на данной территории теплоэлектростанцией № 1, работающей на каменном угле, и обе его формы коррелируют между собой. Молибден при металлообработке выделяется в окружающую среду в виде оксидов MoO_3 и мало переходит в растворимую форму ввиду химической устойчивости. Кадмий, элемент 2 класса опасности, ведет себя сходно с молибденом, хотя и более химически подвижен в слабокислой среде. Свинец на изучаемой территории имеет небольшое превышение ПДК в нерастворимой форме, однако растворимая форма этого тяжелого металла составляет лишь 6,6% от нерастворимой в силу инертности этого элемента.

Показатели кислотности в пробах талой воды варьировались от 5,02 до 6,04 единиц pH, а значит, находились в нейтральной и слабокислой зоне. Максимальное значение pH было зафиксировано в пробе С-87, а минимальное – в фоновой пробе С-95. Содержание электролитов изменялось в пределах 5,25–14,31 мкСм/см, то есть было незначительным. Минерализация как находилась в интервале от 2,49 до 7,08 мг/л, достигая максимума в точке С-87. Окислительно-восстановительный потенциал варьировал от 52 до 121 мВ с самым низким значением в точке С-87.

Заключение

В результате проведенной работы было зафиксировано, что в растворимой форме концентрации практически всех элементов были невысокими. Большинство значений исследованных металлов в растворимой и нерастворимой форме коррелируют между собой. Можно сделать вывод, что все соединения металлов растворяются и выщелачиваются переходя из нерастворимой формы в растворимую в той или иной степени. Концентрации исследуемых элементов в растворимой форме не превышали ПДК, даже в пробах располагающихся в нескольких десятках метров от Северодвинского промышленного района. Суммарные значения содержания тяжелых металлов

в нерастворимой форме достигали высоких значений в 43 мг/кг и даже в незначительной мере превышали ПДК (Mn и Pb). Обработка данных показала, что концентрация тяжелых металлов в нерастворимой форме в точках С-87 и С-89 имеет большую разность, чем при сравнении растворимой формы в этих же точках. Были отмечены участки с хорошей экологической обстановкой, содержание тяжелых металлов на которых низкое и может считаться фоновым. Физико-химические показатели находятся в тесной взаимосвязи с высокими содержаниями тяжелых металлов в той и другой форме. В целом можно сказать, что исследуемая территория является достаточно чистой уже на небольшом удалении от промышленных объектов, а на расстоянии 7–10 км концентрация тяжелых металлов фоновая.

Работа была выполнена при поддержке программы НИР № АААА-А19-119011890018-3.

Список литературы / References

1. Vijayan A., Osterlund H., Marsalek J., Viklander M. Laboratory Melting of Late-Winter Urban Snow Samples: The Magnitude and Dynamics of Releases of Heavy Metals and PAHs. *Water, Air, & Soil Pollution*. 2019. P. 182–202. DOI: 10.1007/s11270-019-4201-2.
2. Pilecka J., Grinfelde I., Valujeva K., Straupe I., Purmalis O. Heavy metal contamination and distribution in the urban environment of Jelgava. *Rural And Environmental Engineering, Landscape Architecture*. 2017. Vol. 1. P. 173–179. DOI: 10.5593/sgem2017/41/S19.058.
3. Siudek P., Frankowski M., Siepak J. Trace element distribution in the snow cover from an urban area in central Poland. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2015. Vol. 187. no. 5. P. 225–235. DOI: 10.1007/s10661-015-4446-1.
4. Чагина Н.Б., Айвазова Е.А. Иванченко Н.Л., Варакин Е.А., Соболев Н.А. Исследование содержания тяжелых металлов в снеговом покрове г. Архангельска и их влияние на здоровье населения. // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 4. С. 57–68. DOI: 10.17238/issn2227-6572.2016.4.57.
- Chagina N.B., Aivazova E.A., Ivanchenko N.L., Varakin E.A., Sobolev N.A. The study of the content of heavy metals in the snow cover of the city of Arkhangelsk and their impact on public health // *Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University. Series: Natural Sciences*. 2016. № 4. P. 57–68 (in Russian).
5. Яковлев Е.Ю., Зыкова Е.Н., Зыков С.Б., Очеретенко А.А. Пространственное распределение тяжелых металлов в пробах снега вокруг Северодвинского промышленного района // Успехи современного естествознания. 2019. № 11. С. 179–184.
- Yakovlev E.Yu., Zykova E.N., Zikov S.B., Ocheretenko A.A. Spatial distribution of heavy metals in snow samples around the Severodvinsk industrial region // *Advances in current natural sciences*. 2019. № 11. P. 179–184 (in Russian).

УДК 504.064.2:502.2.08:551.4.044:528.854.2:519.876.5

ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТЫ ОТ УСТЬЯ В ХАРАКТЕРНЫХ ТОЧКАХ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ РУСЛА МАЛОЙ РЕКИ ИРОВКА

Мазуркин П.М., Георгиева Я.О.

*Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола,
e-mail: kaf_po@mail.ru, yanageorgieva2017@yandex.ru*

Цель статьи – анализ асимметричных вейвлетов изменения координаты – приведенной к руслу р. Ировка местной высоты, а также влияния на неё местной широты и долготы 290 характерных точек вдоль русла реки от истока до устья. После идентификации общего уравнения вейвлета получены 12 членов в виде асимметричных вейвлетов с переменными амплитудой и периодом колебания. Первые три члена дали коэффициент корреляции 0,9993, что чуть меньше, чем для широты 0,9999, но больше, чем для долготы 0,9991. В итоге все три координаты имеют сильнейшую факторную связь с адекватностью более 0,999. Все 12 вейвлетов распределяют 95,52% точек русла при погрешности моделей до 5%. Первый член формулы распределения погрешностей в 290 точках русла реки является законом Лапласа (Мандельброта, Ципфа – Перла, Парето) экспоненциального спада, а второе уравнение показывает стрессовое возбуждение количества погрешностей по биотехническому закону. Сравнение показало, что для широты получено 25 фрактальных членов, для долготы 18 и для высоты 12 вейвлетов. В итоге высота как фактор также проявляет высокую определенность в квантовании волновых уравнений. Нулевой ранг при фрактальном распределении 12 вейвлетов получает среднее арифметическое значение. Стандартное отклонение снижается от 12,219 для среднеарифметического до 1,489, то есть в 8,2 раза, для первого члена. После 12-го вейвлета, по правилу три-сигмы, образуется разбросочек в 0,3 м, что намного меньше фактической погрешности измерений $\pm 0,5$ м для высоты по космическим снимкам.

Ключевые слова: малая река, космический снимок, русло, точки, высота, распределения, вейвлеты

WAVELET ANALYSIS OF HEIGHT DISTRIBUTION AT CHARACTERISTIC POINTS OF THE LONGITUDINAL PROFILE OF THE CHANNEL OF THE RIVER IROVKA

Mazurkin P.M., Georgieva Ya.O.

*Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, e-mail: kaf_po@mail.ru,
yanageorgieva2017@yandex.ru*

The purpose of the article is to analyze asymmetric wavelets of changing the coordinate — the local elevation of the Irovka river channel, as well as the influence of local latitude and longitude on it of 290 characteristic points along the river channel from source to mouth. After identifying the general wavelet equation, 12 terms were obtained in the form of asymmetric wavelets with variable amplitude and oscillation period. The first three members gave a correlation coefficient of 0.9993, which is slightly less than for latitude 0.9999, but more than for longitude 0.9991. As a result, all three coordinates have the strongest factorial relation with an adequacy of more than 0.999. All 12 wavelets distribute 95.52% of the points of the channel with a model error of up to 5%. The first term of the error distribution formula at 290 points of the river bed is the Laplace (Mandelbrot, Zipf-Perl, Pareto) law of exponential decline, and the second equation shows the stress excitation of the number of errors according to the biotechnical law. The comparison showed that 25 fractal terms were obtained for latitude, 18 for longitude, and 12 wavelets for altitude. As a result, height as a factor also shows high certainty in the quantization of wave equations. A zero rank in the fractal distribution of 12 wavelets receives an arithmetic mean value. The standard deviation decreases from 12.219 for the arithmetic mean to 1.489, that is, 8.2 times, for the first term. After the 12th wavelet, according to the tri-sigma rule, a spread of 0.3 m is formed, which is much less than the actual measurement error of 0.5 m for height from satellite images.

Keywords: small river, satellite image, channel, points, height, distribution, wavelets

Математико-геоморфологическое моделирование эрозионных ландшафтов с применением геоинформационной среды и космических снимков высокого разрешения дает возможность выявить основные характеристики ландшафтов в режиме реального времени и использовать их как основу для теоретических и экспериментальных исследований эколого-геоморфологических процессов. Таким образом, мы получаем современный инструмент изучения процессов, определяющих состояние и степень развития ландшафтов [1].

Продольный профиль руслового потока всегда имеет серии ступеней или, вернее, пологих волнообразных изгибов, не вызывающих разрыва непрерывности подобно порогам и водопадам. Ступенчатость как обязательная особенность русловых потоков отмечалась большинством исследователей [2]. Но волновых уравнений до сих пор не было получено.

Цель – анализ асимметричных вейвлетов распределений высоты от истока до устья по 290 характерным точкам и влияния широты и долготы малой реки Ировка.

Материалы и методы исследования

По космическим снимкам были измерены координаты (широта, долгота, высота) по рекомендациям [3].

На линии стрежня малой реки выбираются характерные точки от истока до устья по резким изменениям продольного профиля малой реки, например, при повороте русла в любую сторону в плане более 10–15°. По результатам измерений составляется таблица данных для моделирования методом идентификации устойчивых закономерностей [4].

В табл. 1 даны измерения координат и их сравнение с моделями: ε_{12} – остатки после 12-й составляющей (1); Δ – относительная погрешность.

Гипсометрическая характеристика – одно из важнейших свойств рельефа. По степени приподнятости поверхности суши над уровнем океана выделяют *низменный* (абсолютная высота от 0 до 200 м) рельеф [5, с. 24–25]. Река Ировка относится к низменному уровню, в устье высота равна 89 м, а в истоке высота достигает 148 м над уровнем Балтийского моря [6].

Колебания (вейвлет-сигналы) записываются волновой формулой [4] вида

$$y_i = A_i \cos(\pi x / p_i - a_{8i}),$$

$$A_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}),$$

$$p_i = a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}, \quad (1)$$

где y – показатель (зависимый фактор), i – номер составляющей модели (1), m – количе-

ство членов в общей модели (1), x – объясняющая переменная (влияющий фактор), $a_1 \dots a_8$ – параметры модели (1), принимающие различные числовые значения в процессе структурно-параметрической идентификации в программной среде CurveExpert-1.40, A_i – амплитуда (половина) вейвлета (ось y), p_i – полупериод колебания (ось x).

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 приведена пространственная гипсометрическая кривая по 290 характерным точкам изменения местной высоты от устья до истока реки в зависимости от местной широты и долготы.

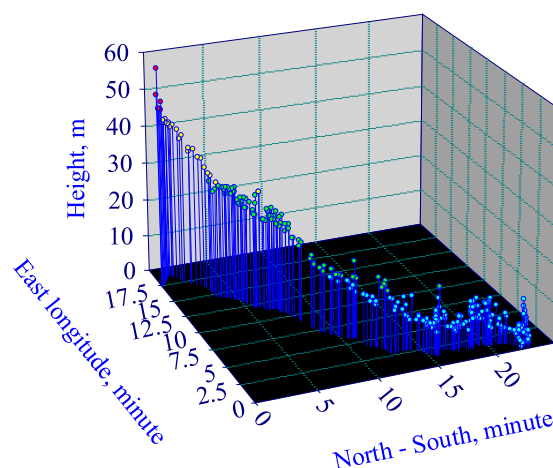


Рис. 1. Пространственная гипсометрия реки Ировка по влиянию местной широты и долготы на высоту

Таблица 1

Ранговые распределения высоты характерных точек русла р. Ировка

Ранг точки	Ранг R_n	Широта α , минута	Долгота β , минута	Высота h , м	Расчетные значения от ранга		
					h , м	ε_{12} , м	Δ , %
0	0	0	17.39	59	59.1	0.123212	0.21
1	1	0.02	17.50	52	52.0	-0.0367244	-0.07
2	3	0.19	17.62	48	48.0	0.0170352	0.04
3	3	0.2	17.67	48	48.0	0.0170352	0.04
4	3	0.27	17.64	48	48.0	0.0170352	0.04
5	6	0.55	17.95	47	47.0	-0.0354557	-0.08
...	...	...	...	...	...	...	...
286	247	23.83	1.970	4	4.0	-0.00580508	-0.15
287	247	23.84	2.019	4	4.0	-0.00580508	-0.15
288	269	23.87	2.035	2	2.1	0.0747201	3.74
289	286	23.89	2.017	0	-0.4	-0.422514	$-\infty$

Модель $h = f(\beta, \alpha)$ получена исходя из условия, что вначале выявляют однофакторные модели, а затем их составляют по повышению коэффициента корреляции как меры адекватности выявленных закономерностей.

В табл. 2 приведены значения параметров (1) по двум членам влияния местной долготы на высоту, а в остатки от второго члена как влияющей переменной поставлены значения местной широты из данных табл. 1. На рис. 2 даны графики двух факторов.

Малая река Ировка по гипсометрической картине на рис. 1 протекает в прямоугольнике 23.89 минут длиной (по местной широте Север-Юг) и 18.89 минут шириной (по местной долготе). Резкие изменения кривизны русла в плане по 290 характерным точкам дали волновые уравнения по данным табл. 2. Первое уравнение влияния долготы показывает, что по мере возрастания восточной долготы происходит увеличение высоты реки по показатель-

му закону. Из картины на рис. 1 видно, что увеличение высоты происходит от меньшей долготы (ближе к устью) до наибольшей долготы (ближе к истоку). При этом второе волновое уравнение показывает, что амплитуда возрастает по экспоненциальному закону роста, а полупериод колебания возрастает от 42.76 ранга при минимальной долготе.

Дополнительно влияние широты на высоту по третьему члену происходит по закону экспоненциального роста от истока до устья. Поэтому спад высоты происходит в основном из-за уменьшения местной долготы. Это зависит от восточного склона Вятского увала.

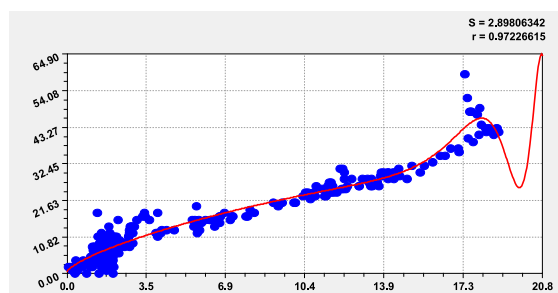
Этот третий член из табл. 2 является законом Лапласа (в математике), Мандельброта (в физике), Ципфа – Перла (в биологии) и Парето (в эконометрике). У закона $a_{4i} = 1$.

После идентификации общей модели (1) было получено 12 вейвлетов рангового распределения местной высоты (табл. 3, рис. 3–5).

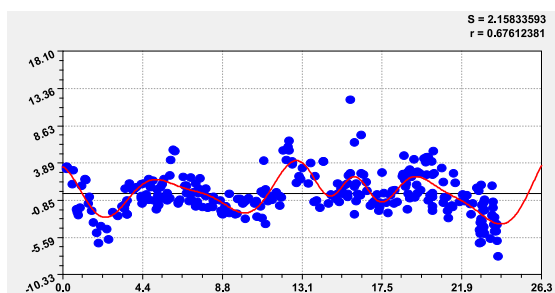
Таблица 2

Влияние долготы и широты от истока до устья на высоту р. Ировка

Фактор и номер 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. кор. r
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
β_1	4.58566	0.73085	0	0	0	0	0	0	0.9723
β_2	2.03445	0	-1.75365e-5	3.90439	42.76414	1.60613	1.03524	-1.26285	
α_1	2.30115	0	-0.026287	1	2.86126	0.019765	1	0.007428	0.6761
α_2	5.55135e-130	165.9377	10.02393	1	0.039078	0.019846	1	2.21030	
α_3	1.54657	0	0	0	2.28105	0.0017154	1	-0.77225	



Влияние местной долготы



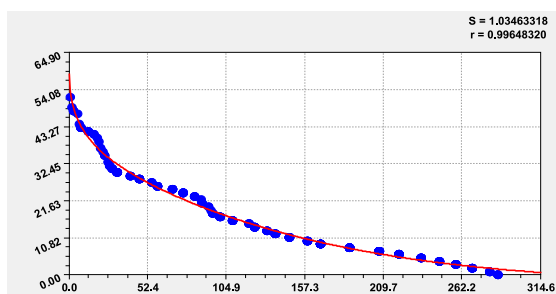
Дополнительно влияние местной широты

Рис. 2. Влияние долготы и широты от истока до устья на высоту русла р. Ировка

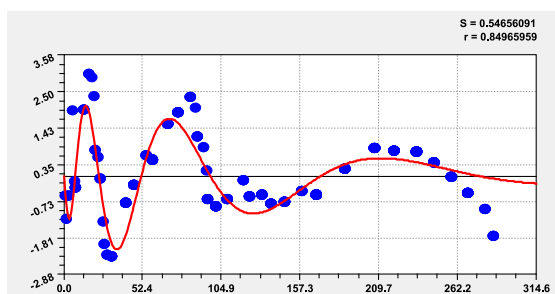
Таблица 3

Параметры вейвлетов рангового распределения местной высоты р. Ировка

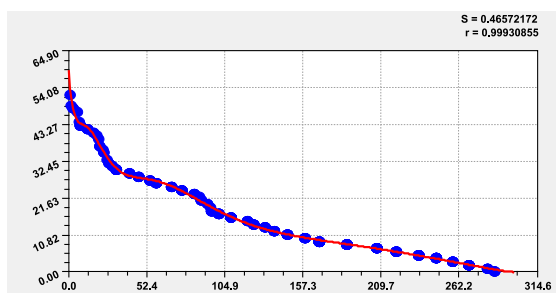
Номер <i>i</i>	Вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i}x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i}x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Коэф. кор. <i>r</i>
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}		
1	58.87679	0	0.00088082	1.09926	0	0	0	0	0.9993
2	-6.38434	0.48652	0.070117	0.46505	0	0	0	0	
3	3.47327	0.84367	1.36494	0.26690	4.78474	0.51777	0.78599	5.06935	
4	0.458135	0.692074	0.459628	0.418576	5.06960	0.168685	0.838476	8.53040	0.7594
5	9.3361e-7	4.10453	0.0650157	1	3.73444	0.0408429	0.489883	0.194488	0.3095
6	0.394701	1.23562	0.447487	0.682474	3.12365	0.551263	0	0	0.4576
7	0.781908	1.36008	0.256209	1.03850	3.16303	0.0119643	2.26069	2.1713	0.4440
8	3.18333e-11	6.49697	0.0664222	1	10.78055	0.0254631	0.996656	1.18507	0.6270
9	6726.89934	2.21488	14.79868	0.0997817	4.67037	0.00824933	1.19103	-1.11802	0.4141
10	5.0896e-9	4.247939	0.00189252	1.53230	1.47780	0	0	0.257972	0.3900
11	5.2799e-12	21.44634	2.22290	1	0.832376	0	0	3.50578	0.2969
12	3.27713e-47	2941689	0.214460	1.07043	1.05525	0	0	2.34453	0.5136



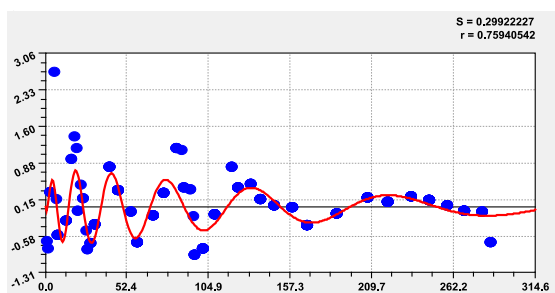
Двухчленный тренд



Колебание



Двухчленный тренд и колебание

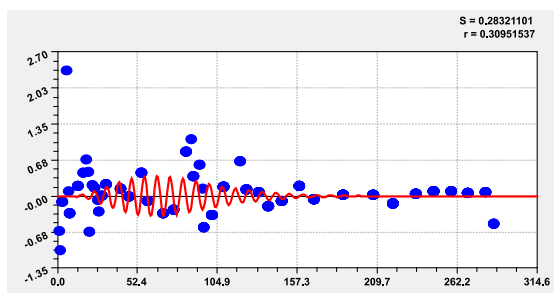


Четвертая составляющая

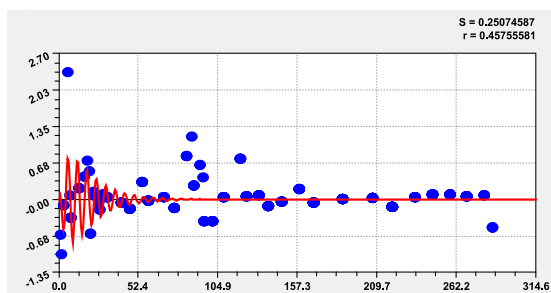
Рис. 3. Графики тренда и двух колебаний рангового распределения высоты р. Ировка

Первые три вейвлета дали по возможностям программной среды CurveExpert-1.40 коэффициент корреляции 0,9993. Первый член есть модифицированный нами закон Лапласа или Мандельброта [4] при условии $a_{4i} \neq 1$, и он показывает экспоненциальное снижение средней высоты двух берегов от истока до устья. Второй член показывает снижение высоты по биотех-

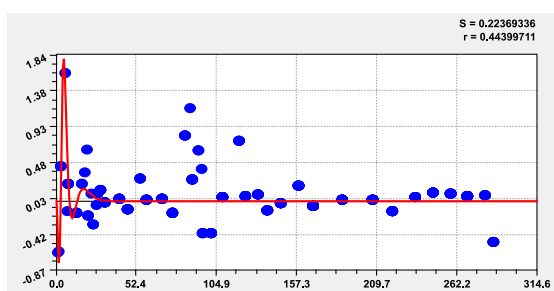
ническому закону [4] примерно к середине длины реки. Приблизительно два первых члена образуют тренд изменения линии водной поверхности малой реки (рис. 3). Остальные 10 волн (рис. 4 и рис. 5) показывают из-за положительного знака, колебательную адаптацию рельефа к возрастанию высоты. Первые два колебания показывают успокоение рельефа от истока.



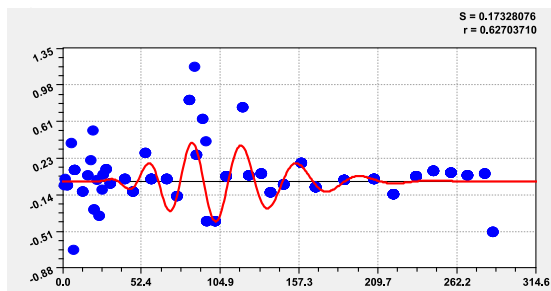
Пятая составляющая



Шестая составляющая

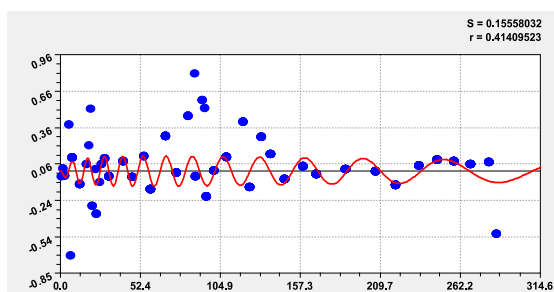


Седьмая составляющая

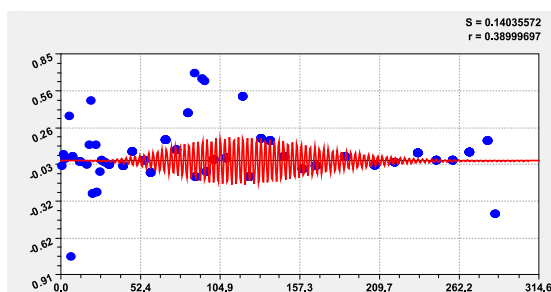


Восьмая составляющая

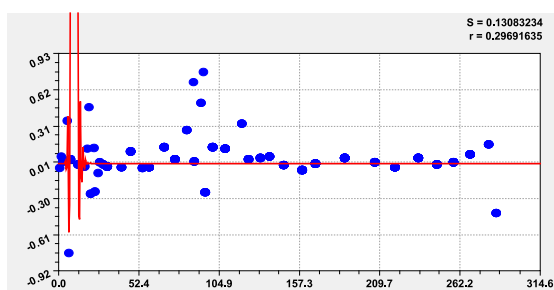
Рис. 4. Графики моделей рангового распределения высоты р. Ирвонка



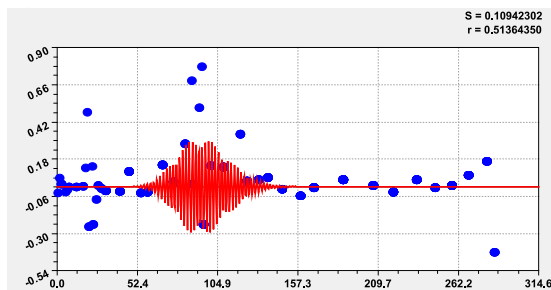
Девятая составляющая



Десятая составляющая



Одиннадцатая составляющая



Двенадцатая составляющая

Рис. 5. Графики последних моделей рангового распределения высоты р. Ирвонка

Остальные восемь членов показывают локальное изменение высоты рельефа реки. Таким образом, высота вдоль малой реки изменяется, как широта и долгота, волнообразно, на что, конечно же, влияют колеблющиеся расстояния в плане и по высоте между характерными точками вдоль берега малой реки Ировка.

На рис. 4 и 5 заметны несколько коротких по характерным точкам вейвлетов. При этом члены № 6, 7 и 11 показывают сильную флюктуацию рельефа на верховье малой реки. При спаде уровня водности около истока летом ныне происходит пересыхание русла.

Дальнейшая идентификация модели (1) затрудняется, поэтому процесс выявления закономерностей останавливаем. Остатки меньше погрешности измерений $\pm 0,5$ м.

Четыре точки (с рангами 252, 263, 266 и 289) из-за $h = 0$ дали бесконечную погрешность. По интервалам 0.1 погрешность распределилась так (по модулю): при нуле 9 шт. (3,10%); 0–0,1 % 46 шт. (15,86%); 0,1–0,2 % 59 шт. (20,34%); 0,2–0,3 % 11 шт. (3,79%); 0,3–0,4 % 29 шт. (10%); 0,4–0,5 % 7 шт. (2,41%) и т.д. По крупным интервалам: 0–1,0 % всего точек 203 шт. (70%); от 0 до 5 % 277 точек, что равно 95,52 % от 290 характерных точек. Норму погрешности измерений и моделирования примем 5 %, тогда оставшиеся $290 - 277 = 13$ точек продольного профиля русла требуют отдельного рассмотрения.

На рис. 6 приведен график распределения погрешности модели по формуле

$$n = 9.00800 \exp(-2.47276 \Delta_{0.1}) + 84.75096 \Delta_{0.1}^{0.20200} \exp(-2.54418 \Delta_{0.1}). \quad (2)$$

Первый член (2) является законом Лапласа экспоненциального спада, а второе уравнение показывает стрессовое возбуж-

дение [4] количества погрешностей. Сравнение показало, что модель (1) для широты получила 25 членов, для долготы 18 и для высоты 12 членов.

Таблица 4
Динамика S , м

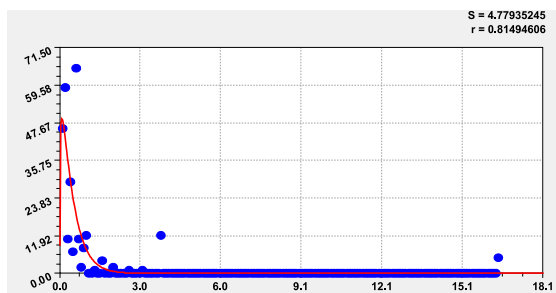
Ранг вейвлета i	Ст. отклонение S
0	12,219
1	1,489
2	1,035
3	0,466
4	0,299
5	0,283
6	0,251
7	0,224
8	0,173
9	0,156
10	0,140
11	0,131
12	0,109

В правом верхнем углу графиков на рисунках приведены значения среднего квадратического отклонения (стандартного отклонения) S . В табл. 4 даны ранги вейвлетов и расчетные значения фактического распределения стандартного отклонения.

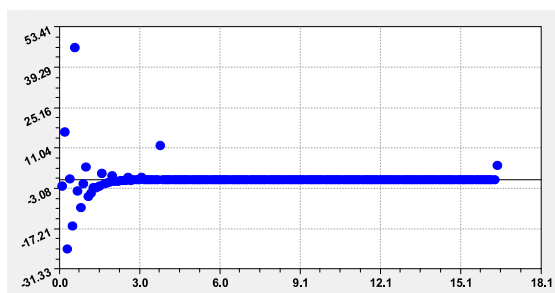
Нулевой ранг получает уравнение $y = a$ среднего арифметического значения. Первый ранг имеет первый член по табл. 3. Стандартное отклонение снижается от 12,219 для среднеарифметического уравнения до 1,489, то есть в 8,2 раза. После 12-го вейвлета трехкратное отклонение образует 0,3 м, что намного меньше фактической погрешности измерений $\pm 0,5$ м.

После идентификации (1) получена формула

$$S = 12.21824 \exp(-2.51054i) + 1.68900i^{2.35427} \exp(-1.18462i). \quad (3)$$



Двучленный тренд погрешности



Остатки после тренда

Рис. 6. Графики распределения погрешности моделирования высоты р. Ировка

Первый член является снова законом Мандельброта и поэтому показывает некротное фрактальное распределение всех 12 вейвлетов.

Из остатков на рисунке видно, что третьим членом к формуле (3) станет асимметричный вейвлет. Это доказывает, что квантование высоты рельефа по фракталам может иметь не только некротное значение, но даже происходит по волновым уравнениям.

Заключение

Моделирование распределений приведенной к малой реке высоты позволило получить 12 вейвлетов с распределением 95,52% точек при погрешности моделирования до 5%. Первый член формулы распределения погрешностей в 290 точках русла реки является законом Лапласа экспоненциального спада, а второе уравнение показывает стрессовое возбуждение [4] количества погрешностей. Сравнение показало, что модель (1) для широты получила 25 членов, для долготы 18 и для высоты 12 членов.

Первые три члена модели высоты дали коэффициент корреляции 0,9993, уровень адекватности более 0,9 или сильнейшей связи. Остальные 9 члена повышают уровень адекватности почти до 1. В итоге высота как фактор проявляет определенность в квантовании.

Нулевой ранг при фрактальном распределении получает уравнение $y = a$ среднего арифметического значения. Стандартное отклонение снижается от 12,219 для среднеа-

рифметического уравнения до 1,489, то есть в 8,2 раза. После 12-го вейвлета трехкратное отклонение (правило три-сигмы) образует 0,3 м, что намного меньше фактической погрешности измерений $\pm 0,5$ м для высоты по космическим снимкам.

Список литературы / References

1. Рулев А.С., Юфев В.Г. Математическое и геоморфологическое моделирование эрозионных ландшафтов // Геоморфология. 2016. № 3. С. 36–45. DOI: 10.15356/0435-4281-2016-3-36-45.
2. Rulev A.S., Yuferev V.G. Mathematical and geomorphological modeling of the erosion landscapes // Geomorfologiya. 2016. № 3. P. 36–45 (in Russian).
3. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд. АН СССР, 1955. 346 с.
4. Makkaveev N.I. River bed and erosion in its basin. M.: Izd. AN SSSR, 1955. 346 p. (in Russian).
5. Карты высот, уклонов. [Электронный ресурс]. URL: <http://votetovid.ru/#56.201192,48.95536,17z,51v30l> (дата обращения: 02.11.2019).
6. Maps of heights, slopes. [Electronic resource]. URL: <http://votetovid.ru/#56.201192,48.95536,17z,51v30l> (date of access: 02.11.2019) (in Russian).
7. Mazurkin P.M. Wavelet Analysis Statistical Data. Advances in Sciences and Humanities. 2015. Vol. 1. No. 2. P. 30–44. DOI: 10.11648/j.ash.20150102.11.
8. Рычагов Г.И. Геоморфология. Учебник для академического бакалавриата. 4-е изд. М.: Юрайт, 2018. 396 с.
9. Levers G.I. Geomorphology. Textbook for academic undergraduate. M.: Yurayt, 2018. 396 p. (in Russian).
10. Георгиева Я.О., Мазуркин П.М. Изменение кривизны русла малой реки Ировка по космическим снимкам // SCI-ARTICLE.RU. 2019. [Электронный ресурс]. URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1574276162> (дата обращения: 16.11.2019).
11. Georgiev Ya.O., Mazurkin P.M. Changing the curvature of the channel of the small river Irovka from satellite imagery // SCI-ARTICLE.RU. 2019. [Electronic resource]. URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1574276162> (date of access: 16.11.2019) (in Russian).

УДК 551.3:691.223

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ КАРЬЕРОВ ПЕСКА В ЗОНАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Руденко А.С., Коркишко А.Н.

*Строительный институт ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень,
e-mail: rudenkoandrey76@mail.ru*

Предметом исследования в статье выступает технология разработки карьеров песка в условиях многолетнемерзлых грунтов Крайнего Севера. Целью настоящей статьи является определение и формирование отдельных организационно-технических решений, направленных на повышение эффективности работ по разработке карьеров песка в зонах расположения многолетнемерзлых грунтов арктических районов Крайнего Севера РФ. В процессе написания статьи были использованы методы наблюдения, обобщения и анализа. В статье проведен анализ проблемных вопросов существующей технологии разработки карьеров многолетнемерзлых грунтов. Для настоящего исследования авторами использованы материалы и данные, связанные с разработкой карьеров песка, расположенных в Ямало-Ненецком АО. Авторами предпринята попытка определить пути решения проблем и повышения эффективности разработки карьеров в условиях арктических районов Крайнего Севера. В рамках настоящего исследования авторами предложен способ оптимизации процесса организации водоотвода в круглогодичных карьерах со смешанными методами заготовки песка. Открытые водоотводные каналы и зумпф по периметру карьерного поля для летней заготовки песка предлагается формировать в зимний период, на завершающей стадии работ по буровзрывному рыхлению грунта. Данное поэтапное распределение работ по формированию водоотводов может существенно сократить затраты на заготовку песка в летний период, а также более качественно организовать отвод поверхностных вод с территории карьерного поля, уменьшить риски затопления карьера. Включение данных организационно-технических решений в типовые технические задания на проектирование разработки карьеров может существенно оптимизировать процессы вовлечения песка в строительство объектов Крайнего Севера.

Ключевые слова: Крайний Север, многолетнемерзлые грунты, карьер, буровзрывные работы, разработка, зумпф, водоотводные каналы

ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SOLUTIONS TO STRENGTHENING THE EFFICIENCY OF SAND QUARRIES IN THE ZONE OF PERMAFROST SOIL IN THE FAR NORTH

Rudenko A.S., Korkishko A.N.

*Construction Institute Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Industrial University of Tyumen», Tyumen, e-mail: rudenkoandrey76@mail.ru*

The article deals with the technology of sand quarrying in the context of permafrost soil in the Far North. The aim of the article is to define and form particular organizational and technical solutions which can strengthen the efficiency of sand quarries in the zone of permafrost soil in the Far North of the Russian Federation. Methods of observation, summarization and analysis were used in the process of writing the article. The article analyses problems of the present technology of permafrost soil quarrying. Much attention is given to an attempt of finding the ways to solve problems and to strengthen the efficiency of quarrying in the context of arctic areas of the Far North. For this research authors used data connected with sand quarrying in Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. Authors of the article offer the way of optimizing the construction of the drainage system in year-round quarries with mixed methods of sand storage. Open drainage ditches and a ditch on the perimeter of the quarrying field for summer sand storage are offered to be formed in winter during the final stage of drilling-and-blasting loosening the soils. These series of phased works to form drains can really reduce sand storage expenses in summer and organize better surface water drainage, reduce risks of submerging. The inclusion of these organizational and technical solutions in the standard design specifications for quarry development can significantly optimize the processes of involving sand in the construction of objects in the Far North.

Keywords: Far North, permafrost soil, quarry, drilling-and-blasting operations, exploitation, ditch, drainage ditches

В настоящее время идет активный процесс освоения арктических регионов Крайнего Севера Российской Федерации. В арктические регионы России идет вложение огромных государственных и частных инвестиций. Основными сферами инвестиций являются проекты, направленные на развитие транспортной инфраструктуры,

а также связанные с разработкой различных полезных ископаемых. Эти проекты требуют строительства очень большого количества самых разнообразных производственных объектов, что в свою очередь создает массу технологических и логистических вызовов. Особенно много проблем и вопросов возникает в связи с выполнением строитель-

ных работ на многолетнемерзлых грунтах и необходимостью вовлечения этих грунтов в качестве строительных материалов.

Цель исследования: определение и формирование отдельных организационно-технических решений, направленных на повышение эффективности работ по разработке карьеров песка в зонах расположения многолетнемерзлых грунтов Крайнего Севера РФ.

Материалы и методы исследования

В рамках процесса реализации данного исследования авторами использованы методы наблюдения, анализа, эксперимента, а также обобщения фактических данных и наработок, полученных в результате практической работы по разработке карьеров песка и вовлечения многолетнемерзлых грунтов в строительное производство в арктических регионах Крайнего Севера.

Результаты исследования и их обсуждения

Для того чтобы перейти к рассмотрению основного вопроса нашей статьи, полагаем необходимым определить, что же, собственно, представляют собой многолетнемерзлые грунты.

Пункт 3.19 Межгосударственного стандарта ГОСТ 25100-2011 (введен в действие Приказом Федерального агентства по технологическому регулированию и метрологии № 190-СТ от 12.07.2012 г.), дает следующее определение *мерзлого грунта* – это грунт, имеющий отрицательную температуру, содержащий в своем составе видимые ледяные включения и (или) лед-цемент и характеризующиеся криогенными структурными связями.

Многолетнемерзлый грунт – грунт, находящийся в мерзлом состоянии постоянно в течение трех и более лет.

Сезонномерзлый грунт – грунт, находящийся в мерзлом состоянии периодически, в течение холодного сезона.

Термин введен в литературу в 1927 г. М.И. Сумгиным, основателем советской школы мерзловедения, в его работе «Вечная мерзлота почвы в пределах СССР», но в 1950-х гг. этот термин подвергся серьезной критике и в современной научной литературе употребляется редко (чаще используется в научно-популярной), сейчас в основном используется термин – многолетнемерзлые грунты [1, с. 76].

Под многолетнемерзлыми грунтами (вечной мерзлотой) следует понимать толщи мерзлых горных пород, не оттаивающие

в течение времени от нескольких лет до десятков и сотен тысяч лет. Продолжительность существования вечной мерзлоты, т.е. подземного оледенения, соизмерима с отрезками геологического времени.

На процесс и сроки возникновения многолетнемерзлых грунтов (криолитозоны, вечной мерзлоты) существуют различные точки зрения. Одни исследователи полагают, что вечная мерзлота сформировалась 10–15 тыс. лет назад, в период последнего сильного похолодания климата на Земле, что ее привело к оледенению ее поверхности в ряде регионов (ледниковый период). Другие исследователи полагают, что многолетнемерзлые толщи в криолитозоне, т.е. в области вечной мерзлоты, являются наследием климата, существовавшего сотни тысяч лет назад [2, с. 28–30].

В данной статье авторы не ставят перед собой задачу раскрыть истинные причины возникновения многолетнемерзлых грунтов, а попытаются определить эффективные способы вовлечения многолетнемерзлых грунтов в строительный процесс в районах Крайнего Севера.

Итак, мерзлой породой, грунтом или почвой называется такая порода, грунт или почва, температура которых ниже 0 °С и содержит лед. Поэтому к мерзлым породам естественно относить все породы, содержащие лед, и включать в них и крупные массы подземного льда, рассматривая последние как мономинеральную мерзлую горную породу. Лед в мерзлой породе рассматривается как *породообразующий минерал*. Своеобразие льда как породообразующего минерала подчеркивается динамическими изменениями его свойств в зависимости от температуры, давления и других факторов. По *длительности* существования мерзлого состояния пород принято разделять понятие «мерзлые породы» на три вида:

1. Кратковременномерзлые породы (часы, сутки).
2. Сезонномерзлые породы (месяцы).
3. Многолетнемерзлые породы (годы, сотни и тысячи лет).

Между этими категориями мерзлых пород могут быть промежуточные формы и взаимные переходы. Так, например, сезонномерзлая порода может не протаять в течение лета и просуществовать несколько лет. Такие формы мерзлой породы называются «перелетками».

Зона сплошной мерзлоты характеризуется мощностями мерзлых толщ от 500 и более до 300 м и самыми низкими температу-

рами от -10°C и ниже. Островная мерзлота характеризуется малыми мощностями вечномёрзлых пород от нескольких десятков метров до нескольких метров и температурами, близкими к 0°C [2, с. 34–35].

В России южная граница распространения многолетнемерзлых пород, начинаясь на северной половине Кольского полуострова, протягивается к устью Мезени, затем к широтному колену Печоры и опускается вдоль западного склона Урала южнее 64° с.ш. В Западной Сибири южная граница проходит по северному широтному отрезку Оби, поднимаясь к северу по долине Оби и опускаясь к югу вдоль долины Енисея. Ниже устья Подкаменной Тунгуски граница резко поворачивает на юг, уходя по правому берегу Енисея за пределы России в горные районы Монголии и Китая. На востоке России южная граница распространения мерзлых толщ огибает горные хребты вдоль Амура и на Камчатке.

В России территорию вечномёрзлых грунтов делят на три зоны: сплошную; прерывистую (с таликами); островную. Сплошная мерзлота занимает крайний север Сибири, мощность мерзлой толщи сотни метров, температура грунтов минус $7-12^{\circ}\text{C}$. Зона с таликами располагается южнее. Отдельные участки зоны представляют собой талые грунты; мощность мерзлых толщ 20–60 м при температуре $0,2-2^{\circ}\text{C}$. Зона островной мерзлоты занимает территорию юга Сибири; мерзлые грунты встречаются в виде отдельных участков; мощность толщ 10–30 м; температура от 0 до $-0,3^{\circ}\text{C}$ [3, с. 4–6].

Существуют различные оценки площадей многолетнемерзлых грунтов на территории Российской Федерации. Так, например, А.А. Вакулин в своей работе «Основы геоэкологии» указывает, что площадь распространения многолетнемерзлых толщ горных пород в настоящее время составляет 25% суши земного шара и примерно 65% площади России [2, с. 7].

В.В. Пендин, В.О. Подборская и Т.П. Дубина в «Мерзлотоведении» утверждают, что площадь распространения многолетнемерзлых грунтов составляет 25% всей суши земного шара и около 60% площади РФ [4, с. 4].

Т.Я. Емельянова и В.В. Крамаренко в своей работе «Практикум по мерзлотоведению» определяют, что площадь распространения многолетнемерзлых пород в пределах России составляет 47% (примерно 10 млн кв. км) территории [3, с. 4].

Соответственно, вне зависимости от критериев, из которых в своих оценках

исходили исследователи, в любом случае, Россия имеет не менее восьми с половиной – девяти миллионов квадратных километров многолетнемерзлых грунтов, расположенных в основном на северо-востоке страны. Колоссальная территория. По факту она может быть существенно больше.

Это, безусловно, только усиливает необходимость тщательного изучения важнейших факторов инженерно-геологических условий разработки многолетнемерзлых грунтов в северных и восточных районах России. Особенно учитывая то обстоятельство, что значительная часть месторождений полезных ископаемых, которыми обладает Российская Федерация, уже разрабатываемых или еще планируемых к разработке в перспективе, преимущественно находятся на севере и северо-востоке РФ, в зонах многолетнемерзлых грунтов Крайнего Севера.

Состоянию вечной мерзлоты подвержены все виды грунтов. Грунты скального класса занимают незначительное место. Основную массу мерзлых толщ составляют дисперсные грунты (супеси, суглинки, глины, пески и т.д.) [5, с. 223].

Специфичность многолетнемерзлых грунтов заключается в том, что в них содержится лед, в зависимости от разновидности грунта до 90%. При повышении температуры выше 0°C мерзлый грунт оттаивает. При этом происходит выделение значительных объемов талых вод. По льдистости за счет видимых ледяных включений грунты подразделяют согласно табл. 1. Льдистость грунта за счет видимых ледяных включений i_p , д. е., – это отношение объема содержащихся в нем видимых ледяных включений к объему мерзлого грунта.

Таблица 1
Классификация мерзлых грунтов по льдистости [5, с. 224–225]

Разновидность грунтов	Льдистость за счет видимых ледяных включений, i_p , д. е.	
	Скальные и полускальные грунты	Дисперсные грунты
Слабольшедистый	$<0,01$	$<0,20$
Льдистый	$0,01-0,05$	$0,20-0,40$
Сильнольдистый	$>0,05$	$0,40-0,60$
Очень льдистый	–	$0,60-0,90$

Таким образом, в дисперсных грунтах, к которым в том числе относится и песчаный грунт, содержание льда, т.е. воды

в твердом агрегатном состоянии, составляет не менее 20 %.

ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация п. 3.28 дает следующее определение Песчаного грунта, – песчаный грунт (песок) – это несвязный минеральный грунт с массой частиц размером 0,05–2 мм более 50 % и числом пластичности – 1 %.

Песок – это основной строительный материал, который применяется при выполнении строительных работ. Именно песок используется для устройства насыпей автомобильных дорог и производственных площадок различного назначения. Определенно можно утверждать, что без песка необходимых объемов и качества добыча других полезных ископаемых в районах Крайнего Севера невозможна. Поэтому песок и его заготовка требуют к себе особого внимания. В строительстве характеристики и свойства песка имеют особое значение. Одной из наиболее существенных характеристик физико-механических свойств песка является влажность песка. Такая величина оказывает особое влияние на рабочий процесс вовлечения песка в строительстве. Поэтому перед использованием материала при сооружении зданий обязательно требуется знать, какое количество воды в его составе. Установленные данные влияют на процентный состав бетонных растворов, а также определяют пригодность сыпучей породы для строительных работ.

Влажность грунта характеризуют степенью насыщения грунта водой и определяют отношением массы воды в грунте к массе твердых частиц грунта. В зависимости от влажности, грунты подразделяют на:

- маловлажные (до 5 %),
- влажные (до 30 %),
- насыщенные водой (>30 %).

Одним из основных вопросов, требующих решения для эффективной разработки карьеров и добыче песка в летний период, является своевременная организация водоотведения и понижения уровня грунтовых вод (п. 6.2.10 СП 48.13330.2011).

Недостаточное внимание к осушению карьеров приводит к нарушению нормального технологического процесса их разработки и заготовки полезных ископаемых, а также формированию крупных оползневых деформаций. При этом снижается производительность карьера по заготовке песка, сама заготовка осложняется постоянными рисками подтопления разрабатываемых площадей, подтопление карьерного поля ведет к снижению объемов заготавли-

ваемого песка. Для понимания объема воды, образующейся в пределах карьерного поля только от протаивания многолетнемерзлых грунтов, можно указать следующее. При исходных данных влажности песка около 30 %, в ходе летней заготовки песка путем многократного перемещения оттаявших слоев грунта в валы бульдозерами с последующей их экскавацией, происходит осушка песка до показателей по влажности, близким к оптимальным – 12–13 % [3, с. 7].

Соответственно при заготовке в карьере 1 млн м³ песка, обычная сезонная норма заготовки, образуется не менее 150–170 тыс. м³ талых вод только от протаивания многолетнемерзлых грунтов. И это не учитывая естественных осадков, например, на Ямале, в годовом выражении составляют 300–350 мм, из них не менее 40 % выпадает в течение летних месяцев, т.е. речь идет о сотнях тысяч кубических метров воды, подлежащей удалению с территории карьерного поля в течение летнего сезона заготовки.

В соответствии с требованиями нормативных актов вода, удаляемая с территории объектов горных работ (карьеров), должна сбрасываться в ближайший водоток или в место, исключающее возможность ее обратного проникновения через трещины, провалы или водопроницаемые породы в выработки и заболачивание прилегающих территорий. Запрещается производить сброс (сток) вод в отвалы. Для обеспечения устойчивости откосов горных выработок и отвалов, снижения влажности разрабатываемых и вскрышных пород, создания безопасных условий работы горного и транспортного оборудования в проекте должны предусматриваться меры по осушению территории производства работ и защите от поверхностных вод и атмосферных осадков [6, с. 114.].

В этой связи, для обеспечения полноценной разработки песчаных карьеров, необходимо в процессе проектно-исследовательских работ выполнять гидрогеологические исследования способов и схем осушения карьеров, причем центральное место должны занимать следующие взаимосвязанные вопросы:

1) систематизация многолетнемерзлых песчаных месторождений, разрабатываемых открытым способом, по гидрогеологическим условиям;

2) оценка зависимости способов и схем осушения от технологии ведения открытых горных работ;

3) анализ технико-экономических показателей на осушение карьеров.

В то же время необходимо отметить, что устройство неоправданно сложных систем осушения ведет к резкому увеличению себестоимости добычи основного строительного материала при обустройстве месторождения и численности трудящихся, занятых в сфере осушения. Кроме того, необходимо отметить, что получаемые при разведке месторождений материалы гидрогеологических исследований зачастую являются недостаточно полными и качественными, особенно в свете обоснования систем осушения и охраны геологической среды при водопонижении на карьерах. Что в свою очередь побуждает нас искать оптимальные способы минимизации связанных с разработкой карьеров песка рисков.

Традиционно в проектах по разработке карьеров в летний период (сухоройным способом) в качестве основного решения по организации водоотвода предусматривается устройство водоотводных грунтовых канав, отвод воды из карьеров происходит по естественным уклонам рельефа.

Для устройства водоотводных канав в проектно-сметной документации закладываются работы и средства. Работы по устройству водоотводных канав требуют времени, технических и людских ресурсов, усилий подрядчиков и затраты средств заказчика. При этом необходимо отметить, что далеко не все карьеры предполагают наличие естественных уклонов рельефа для водоотведения.

В зимний период времени вопрос водоотведения в карьерах на Крайнем Севере обычно не стоит, поэтому технические решения проектов заготовки песка в карьерах в зимний период не содержат никаких технических решений по выполнению мероприятий для водоотведения. Однако учитывая непрерывность процесса обустройства месторождений в условиях многолетнемерзлых грунтов Крайнего Севера, сжатые сроки реализации строительных проектов объекты капитального строительства и постоянную потребность в песке, заготовка песка фактически идет в круглогодичном режиме, в том числе и в летний период. При этом сам процесс заготовки песка в летний период является достаточно затратным, в том числе и за счет мероприятий по водоотведению. С учетом данных обстоятельств, а также в целях оптимизации и сроков производственных процессов, связанных с заготовкой песка, мероприятия по водоотведению необходимо предусма-

тривать в рамках единого процесса разработки карьеров еще на фазе зимней разработки (заготовки) песка.

Анализируя результат межсезонных опытно-производственных работ, выполненных при разработке многолетнемерзлых грунтов в процессе добычи песка как основного строительного материала для обеспечения бесперебойного круглогодичного удовлетворения потребностей инженерной подготовки объектов промыслов – можно констатировать, что, на наш взгляд, оптимальным решением вышеуказанных задач является применение механизированного способа разработки грунта методом буровзрывного рыхления (БВР), выполняемого преимущественно в период наличия устойчивых отрицательных температур воздуха. При этом методе взорванный грунт перемещают бульдозерами в валы, после чего экскаваторами грузят в автосамосвалы и вывозят на объекты строительства, с одновременным устройством траншейных дренажей по периметру карьерного поля, которые необходимо располагать выше уровня, аккумулирующего воду грунтового сооружения, так называемого «зумпфа». По нашему мнению, наиболее оптимальным для проведения БВР при разработке грунтов в ЯНАО является взрывчатый материал типа «Граммонит 79/21».

Зумпф – это выемка, создаваемая, как правило, при горной разработке и используемая в основном для приема гидросмесей, воды при перекачивании их насосами. На карьерах зумпф используется не только для временного аккумулирования гидросмеси, поступающей из забоев, но и для образования ее из горной массы и воды (рис. 1) [7, с. 610].

Водоотводные каналы и зумпфы – это традиционные технические решения, которые повсеместно применяются для организации водоотвода (водоотлива) поверхностных и талых вод с территории карьерного поля. Суть идеи оптимизации процессов водоотведения состоит в устройстве дренажных водоотводных канав с зумпфом по периметру карьерного поля для осуществления водоотвода (водоотлива) в летний период, еще на фазе выполнения буровзрывных работ в зимний период, в рамках работ по разработке (заготовке) песка методом буровзрывного рыхления.

Разработка карьеров методом БВР осуществляется ярусами. Высота (мощность) яруса составляет в среднем 3–4 м. Разработка каждого яруса начинается с проходки по периметру карьерного поля открытой водоотводной траншеи (рис. 2).

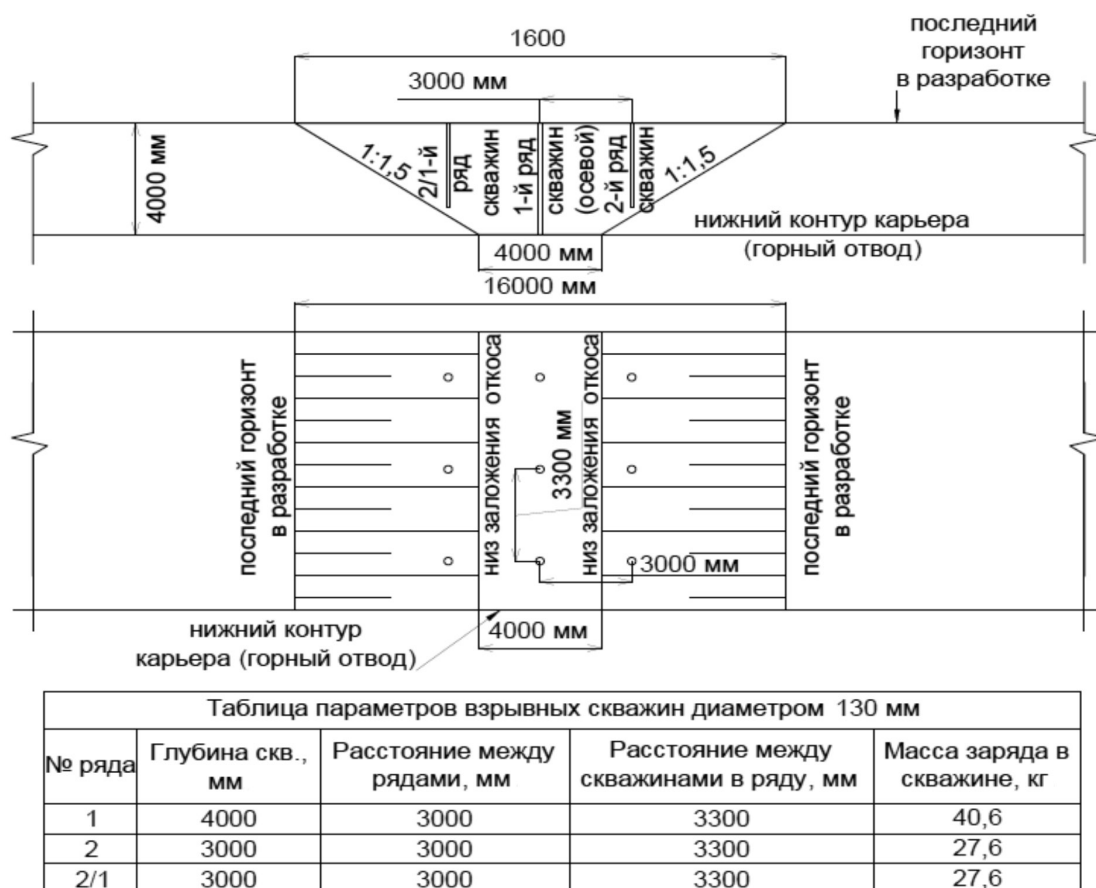


Рис. 1. Устройство «зумпф».
Разработка заключительного горизонта песка у нижнего контура карьера.
План расположения взрывных скважин



Рис. 2. Формирование водоотводной траншеи в процессе заготовки песка методом БВР



Рис. 3. Открытая водоотводная траншея по периметру карьерного поля

Уклон траншеи принимается противоположным направлению выезда из карьера, зумпф формируется в нижней точке открытой траншеи. Водоприемный зумпф для сбора фильтрующей воды формируется в нижней точке траншеи. Площадки

для установки насосов для откачки воды устанавливаются вблизи зумпфа у верхней бровки траншеи, при этом сами насосы для водоотлива устанавливаются уже после наступления положительных температур. По мере разработки карьера положение

зумпфа и водоотводных канав по периметру карьерного поля меняется при разработке каждого следующего яруса (рис. 3).

Такая технология позволяет даже в случае внеплановой приостановки работ по разработке карьера иметь возможность для организации водоотвода/водоотлива до начала летней заготовки. При этом мы можем в значительной степени сократить расходы на устройство водоотводных канав (водоотлива) в летний период, так как значительная их часть будет выполнена в зимний период, в процессе заготовки песка методом БВР, с соответствующим отнесением затрат на себестоимость заготовки песка БВР.

Учитывая необходимость комплексного подхода в организации водоотведения в карьерах, в проектах на разработку карьеров следует предусматривать поэтапное выполнение запроектированной системы водоотвода. Для выполнения вышеозначенных условий, в Технических заданиях и проектных решениях по разработке карьеров, предусматривающих выполнение работ по разработке (заготовке) песка, в течение двух и более сезонов, с использованием различных технологий заготовки, необходимо изначально предусматривать работы по устройству водоотводных канав с зумп-

фом в зимний период, в процессе финальной разработки БВР в сезоне. Организация и подготовка водоотвода из карьера должны опережать производственные процессы по добыче песка. Для успешного и оперативного обустройства водоотводных канав с зумпфом необходимо применить буровзрывные работы. Это особенно важно для обеспечения летней заготовки в карьерах, не обеспеченных свободным водостоком по уклонам рельефа поверхностных и талых вод, а также воды, выделяемой из грунта в процессе оттайки в результате воздействия солнечной радиации. При устройстве зумпфа для песка с влажностью до 20% предлагаем принять во внимание угол естественного откоса грунта в траншеи равный отношению 1:1.5 (рис. 4).

При наличии более влажных грунтов в откосной части водоотвода необходимо предусмотреть заложение естественного откоса с учётом фактической влажности и формирования откоса за счет естественного оплывания. Устройство зумпфа с дренажными водоотводными канавами по периметру карьерного поля позволяет организовать водосбор и уменьшить риски затопления карьерного поля талыми и поверхностными водами (рис. 5).

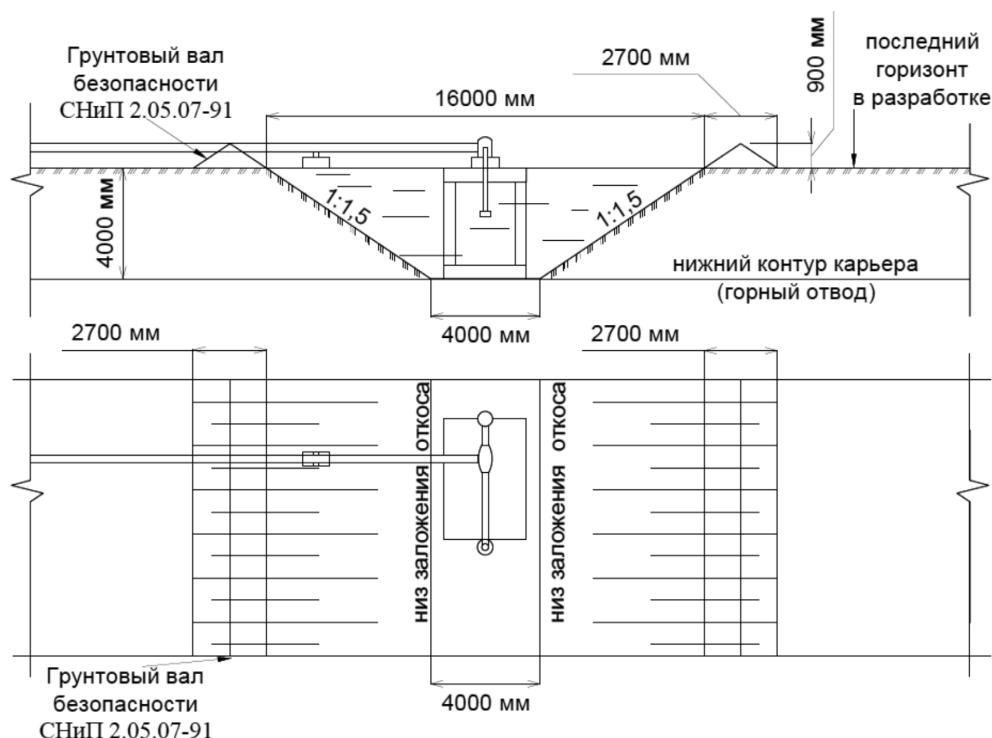


Рис. 4. Схема устройства зумпфа с водоотливом



Рис. 5. Карьерное поле с зумпфом, но без водоотводных канав по периметру

По факту, кроме всего прочего, мы получаем дополнительный резервуар для сбора поверхностных (талых) вод. Что немаловажно, с учетом возможных технических неисправностей водоотливных систем и просчетов, при организации водоотвода (рис. 6).



Рис. 6. Карьерное поле с зумпфом и водоотводными канавами по периметру, сформированными способом БВР в зимний период

Воду, собирающуюся в траншеях и канавах карьеров, необходимо отводить самотеком за пределы карьерного поля. В проектах систем защиты карьеров от поверхностных и талых вод необходимо предусматривать устройство насосных станций откачки воды непосредственно из карьерных выработок, когда невозможно или нецелесообразно отвести поступающую в них воду самотеком по естественным уклонам рельефа.

Основной водоприток в песчаных карьерах Крайнего Севера формируется в паводковый период за счет таяния снега, а также за счёт атмосферных осадков и оттаивания многолетнемерзлых грунтов от солнечной радиации. Соответственно, производительность используемых зумпфовых насосных станций должна обеспечи-

вать полное водоотведение поверхностных и талых вод за пределы карьера (разреза) с помощью водоотлива.

В соответствии с п. 6.9, 6.37 СП 103.13330.2012 зумпфовые насосные станции должны быть оборудованы не менее чем двумя насосными агрегатами – рабочим и резервным – и располагаться с учетом площади водосбора поверхностных вод и обеспечения минимальных затрат на водоотлив.

Для снижения концентрации взвешенных веществ также следует предусматривать отстаивание карьерных вод в отстойниках. Вместимость отстойника следует определять с учетом объема откачиваемых карьерных вод, требуемого времени отстоя и допускаемого сброса осветленных вод в водный объект, при этом время отстоя карьерных вод для достижения необходимого снижения концентрации взвешенных веществ следует определять опытным путем.

Важный вопрос – обеспечение безопасности работ в карьере. Для обеспечения безопасности при разработке карьеров необходимо соблюдать меры безопасности. В частности, по периметру водоотводных канав и зумпфа в связи с перепадом высот предлагается выполнять устройство ориентирующего грунтового вала безопасности по краям открытых водоотводных траншей и зумпфа. В нашем случае предлагается высота ориентирующего ограждающего вала равного 0,9 м. Работы по формированию вала можно выполнить перед началом летней заготовки за счет перемещения бульдозером оттаявшего песка по периметру зумпфа и водоотводных канав бульдозером. Либо на фазе проектирования предусмотреть замену защитного вала из грунта по периметру зумпфа сигнальным ограждением. Этот вопрос требует отдельной проработки, так как требует решения финансовых вопросов по оплате работ, связанных с обеспечением безопасности.

Закключение

Преимуществом устройства водоотводных канав и зумпфа для летней заготовки песка в карьерах на стадии БВР является их фактически нулевая себестоимость, так как данные работы производятся в рамках выполнения работ по заготовке песка в зимний период и не создают дополнительных издержек на фазе летней заготовки песка. Это позволяет экономить значительные финансовые и временные ресурсы, столь необходимые при реализации строительных проектов в условиях Крайнего Севера.

Список литературы / References

1. Коркишко А.Н. Особенности разработки и экспертизы проектно-сметной документации на сухоройные карьеры песка в районах вечной мерзлоты для обустройства нефтяных и газовых месторождений // Инженерный вестник Дона. 2015. Т. 38. № 4 (38) [Электронный ресурс]. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3351 (дата обращения: 18.12.2019).
Korkishko A.N. Features of development and expertise of design and estimate documentation for dry sand quarries in permafrost areas for the development of oil and gas fields // *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2015. Vol. 38. № 4 (38) [Electronic resource]. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3351 (date of access: 18.12.2019) (in Russian).
2. Вакулин А.А. Основы геокриологии. Тюмень: Изд. Тюменского государственного университета, 2011. 220 с.
Vakulin A.A. Fundamentals of Geocryology. Tyumen: Izd. Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta, 2011. 220 p. (in Russian).
3. Емельянова Т.Я., Крамаренко В.В. Практикум по мерзлотоведению. Томск: Изд. Томского политехнического университета, 2010. 120 с.
Emelyanova T.Ya., Kramarenko V.V. Workshop on permafrost. Tomsk: Izd. Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2010. 120 p. (in Russian).
4. Пендин В.В., Подборская В.О., Дубина Т.П. Мерзлотоведение: учебное пособие. СПб.: Изд. Лань, 2017. 172 с.
Pendin V.V., Podborskaya V.O., Dubina T.P. Studies of permafrost rocks: Textbook. SPb.: Izd. Lan', 2017. 172 p. (in Russian).
5. Ананьев В.П., Потапов А.Д. Инженерная геология. М.: Высшая школа, 2002. 511 с.
Ananyev V.P., Potapov A.D. Engineering Geology. M.: Vysshaya shkola, 2002. 511 p. (in Russian).
6. Кравец К.В., Кекелия Г.Ж., Крижанивская Т.В., Набоков А.В. О некоторых характерных особенностях разработки сухоройных карьеров песка в криолитозоне для обустройства нефтегазовых месторождений // Инженерный вестник Дона. 2018. № 1 (48) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4704> (дата обращения: 18.12.2019).
Kravets K.V., Kekelia G.Zh., Krizhanivskaya T.V., Nabokov A.V. on some characteristic features of the development of dry sand quarries in the cryolith zone for the development of oil and gas fields // *Engineering Bulletin of the Don*. 2018. No. 1 (48) [Electronic resource]. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4704> (date of access: 18.12.2019) (in Russian).
7. Большая советская энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1972. Т. 9. 624 с.
Great Soviet encyclopedia. M.: Sovetskaya entsiklopediya, 1972. Vol. 9. 624 p. (in Russian).

УДК 551.510.42:550.424(470.26)

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ВЕЩЕСТВЕННЫЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ
ОСАДОЧНОГО ВЕЩЕСТВА ДОЖДЯ, ПОСТУПАЮЩЕГО
НА ТЕРРИТОРИЮ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ РФ****¹Топчая В.Ю., ^{1,2}Котова Е.И., ¹Стародымова Д.П., ¹Чечко В.А.**¹*ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова» Российской академии наук,
Москва, e-mail: piwis@mail.ru;*²*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
им. академика Н.П. Лаврова РАН, Архангельск*

На окружающую среду Калининградской области большое влияние оказывает трансграничный атмосферный перенос антропогенных примесей, превышающий выбросы локальных источников эмиссий в 5–7 раз. Приведены результаты исследования количественного, вещественного и химического составов нерастворимых микрочастиц дождевых осадков. В рамках работы было собрано и обработано 29 проб дождевых осадков разных сезонов 2019 г. Определена концентрация нерастворимых микрочастиц в дождевой воде. Проведен анализ вещественного состава методом сканирующей электронной микроскопии. Содержание Al, Mn, Ni, Cu, Zn, Cr, Co, As, Sr, Cd, Mo, Ba, V и Pb определяли методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии. Методом расчета коэффициента обогащения выявлена группа тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu и Ni) антропогенного происхождения. Проведен корреляционный анализ, позволивший выделить две группы взаимосвязанных элементов. Определена значимая корреляционная связь между концентрациями Al, Mn, Co, Zn, Sr и Ba ($R = 0,87–0,98$), что подтверждает их литогенное происхождение. Вторая группа взаимосвязанных элементов – Zn, Cr, Mo, As и Pb ($R = 0,70–0,87$), что указывает на их литогенное и антропогенное происхождение. Для выявления удаленных источников эмиссий, при помощи программы HYSPLIT рассчитаны обратные траектории переноса воздушных масс. Выявлена сезонная изменчивость в количественном распределении и вещественном составе микрочастиц дождей. Наиболее высокие значения концентрации (6,5–12,2 мг/л) и доминирование антропогенной компоненты в составе выявлены в дождях летне-осеннего периода, а наиболее низкие (1,1–3,9 мг/л), с преобладанием биогенной и минеральной компонент – для весеннего периода. Установлено, что на распределение и состав нерастворимых микрочастиц дождевых осадков Калининградской области РФ оказывают влияние как локальный, так и дальний атмосферный перенос.

Ключевые слова: дождь, элементный состав, тяжелые металлы, Калининградская область РФ, трансграничный атмосферный перенос

**DISTRIBUTION, MATERIAL AND CHEMICAL COMPOSITION
OF SEDIMENTARY MATTER OF RAINFALL ON THE TERRITORY
OF THE KALININGRAD REGION RF****¹Topchaya V.Yu., ^{1,2}Kotova E.I., ¹Starodymova D.P., ¹Chechko V.A.**¹*P.P. Shirshov's Institute of Oceanology Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: piwis@mail.ru;*²*N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research RAS, Arkhangelsk*

The quantitative, material and chemical compositions of insoluble microparticles of rainfall was studied. As part of the work, 29 rainfall samples of different seasons of 2019 were collected and processed. The concentration of insoluble microparticles in rainwater was determined. The analysis of the material composition by scanning electron microscopy. The contents of Al, Mn, Ni, Cu, Zn, Cr, Co, As, Sr, Cd, Mo, Ba, V, and Pb was determined by atomic absorption spectrophotometry. The method of calculating the enrichment coefficient revealed a group of heavy metals (Pb, Cd, Zn, Cu, and Ni) of anthropogenic origin. As a result of correlation analysis, two groups of interconnected elements are distinguished. The first group of interrelated elements is Al, Mn, Co, Zn, Sr and Ba ($R = 0.87-0.98$) was determined, which confirms their lithogenic origin. The second group of interrelated elements is Zn, Cr, Mo, As and Pb ($R = 0.70-0.87$), which indicates their lithogenic and anthropogenic origin. To identify remote sources of emissions, using the HYSPLIT program, the reciprocal paths of air mass transfer are calculated. Seasonal variability in the quantitative distribution and material composition of rain microparticles was revealed. The highest concentration values (6.5-12.2 mg / l) and the dominance of the anthropogenic component in the composition were detected in rains of the summer-autumn period, and the lowest (1.1-3.9 mg / l), with the predominance of the biogenic and mineral components, for the spring period. It has been established that the distribution and composition of insoluble microparticles of rainfall in the Kaliningrad region RF is influenced by both local and long-range atmospheric transport.

Keywords: rain, elemental composition, heavy metals, Kaliningrad region, transboundary atmospheric transport

Атмосферный перенос – наиболее динамичный, характеризующийся высокими скоростями, дальностью и изменчивостью направлений переноса путь поставки микрочастиц различного генезиса, в том числе

и на подстилающую поверхность. Оседающие антропогенные микрочастицы с содержащимися на них тяжелыми металлами (Pb, Cd, Zn и др.) и иными экотоксикантами вызывают геохимические трансформации эко-

систем. Атмосферные поллютанты (в том числе и некоторые тяжелые металлы) вызывают проблемы со здоровьем при их проникновении в организм человека [1] и животных, а также способствуют развитию онкологических заболеваний. Взвешенные в воздухе субмикронные частицы (природного и антропогенного происхождения) могут переноситься при адвекции атмосферы и осадаться, в том числе с атмосферными осадками, выступая ядром конденсации, на больших расстояниях от источника их образования.

В соответствии с глобальными циркуляционными условиями, над территорией Калининградской области РФ преобладает западный атлантический перенос воздушных масс. Соответственно, на окружающую среду исследуемого региона оказывает большее влияние деятельность промышленных комплексов стран Западной Европы, нежели промышленных комплексов, расположенных на территории самой области и европейской части России. Показано [2], что поступление экотоксикантов за счет трансграничного атмосферного переноса превышает собственные выбросы локальных источников эмиссий в регионе в 5–7 раз.

В работе приведены результаты исследования составов (количественного, вещественного и химического) нерастворимых микрочастиц, поступающих с дождевыми осадками в прибрежные районы Калининградской области РФ.

Материалы и методы исследования

Изучение нерастворимых микрочастиц дождевых осадков в береговой зоне Ка-

лининградской области РФ проводилось в 2019 г. За весь срок исследования было собрано и обработано 29 проб дождевой воды. Сбор проб производился на станциях, расположенных в береговой зоне Самбийского п-ва и на Балтийской косе (рис. 1).

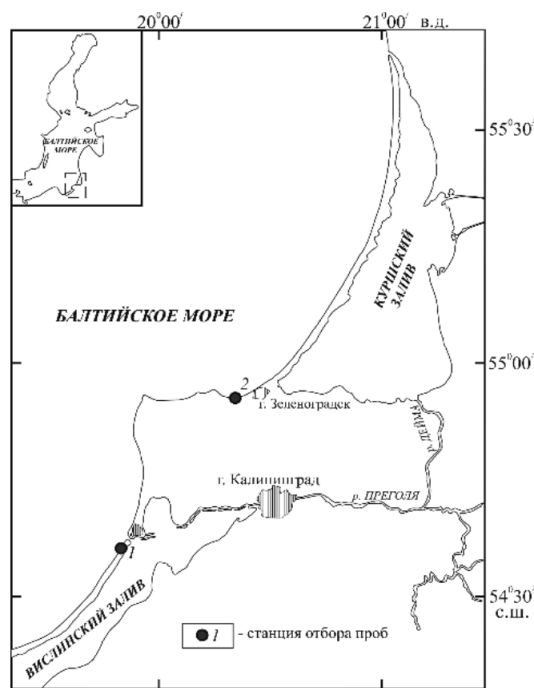


Рис. 1. Район исследования

Для сбора дождевых осадков использовали специальные приспособления (рис. 2). Устройство и принцип работы приспособления для сбора дождевых выпадений подробно описаны в статье [3].

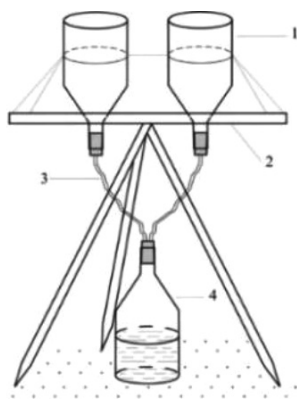


Рис. 2. Переносное специальное приспособление для сбора дождевых выпадений 1 – пластиковые сосуды-воронки; 2 – платформа; 3 – сливные трубки; 4 – накопительная пластиковая ёмкость

В зависимости от интенсивности и продолжительности дождевых выпадений, экспозиция по сбору проб составляла от 1 ч до 24 ч. Полученную дождевую воду доставляли в лабораторию. Осадочное вещество дождя выделяли на предварительно взвешенные лавсановые ядерные фильтры ($D = 47$ мм и $D_{\text{пор}} = 0,45$ мкм) методом вакуумной ультрафильтрации.

При взвешивании на аналитических весах получали массу вещества на фильтре. Общую концентрацию нерастворимых микрочастиц (мг/л) рассчитывали по соотношению полученной массы вещества на фильтре к количеству профильтрованной воды.

Вещественный состав осадочного вещества дождей, выделенного на фильтре, и элементный состав отдельных микрочастиц изучался на сканирующем электронном микроскопе Vega 3 TESCAN (производство Чехия), оснащенного рентгеновским микроанализатором INCA Energy Oxford (производство Великобритании).

Для определения содержания тяжелых металлов в осадочном веществе дождей собранный на фильтрах материал (известной навески) подвергали кислотному разложению в тefлоновых бюксах в ультразвуковой ванне в течение часа при температуре 70 градусов Цельсия. Концентрации Al, Mn, Ni, Cu, Zn, Cr, Co, As, Sr, Cd, Mo, Ba, V и Pb определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на масс-спектрометре «Agilent 7500» в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН. Для оценки качества анализа полученные результаты сопоставлялись с аттестованными значениями концентраций стандарта GSD-2. Стандартные ошибки определения не превышали 15%.

Результаты исследования и их обсуждение

Количественное распределение. Содержание нерастворимых микрочастиц, поступающих с дождевыми осадками на территорию региона, изменялось в небольшом диапазоне – от 1,03 до 12,2 мг/л. Для всего периода исследования (апрель – ноябрь 2019 г.), их концентрация в дождевой воде составила в среднем 5,3 мг/л (по 29 определениям). В результате изучения количественного распределения микрочастиц в дождевой воде были выявлены сезонные изменения в их концентрации. Наиболее низкие значения концентраций (1,1–3,9 мг/л) были отмечены для весенних дождей 2019 г.,

а наиболее высокие (от 6,5 до 12,2 мг/л) – для летне-осенних дождевых выпадений.

Вещественный состав. Нерастворимые микрочастицы осадочного вещества дождя представлены биогенными, литогенными и антропогенными компонентами различной размерности от алевритовой (до 50 мкм) до пелитовой (<10 мкм). К крупным микрочастицам (до 50 мкм) относятся растительный детрит и волокна, а также пыльца и споры. Биогенная компонента микрочастиц доминирует в пробах весенне-летнего периода. Обрывки растительных волокон и пыльца, подхватываемые ветрами с поверхности земли, переносятся на сотни километров [4]. То есть в составе вещества дождевых осадков присутствуют биогенные частицы как локального, так и дальнего атмосферного переноса. Литогенная компонента представлена в пробах всех сезонов и в основном состоит из микрочастиц кварца (размером до 40 мкм) (рис. 3, а). Кварц – наиболее распространенный минерал на побережье исследуемого региона, соответственно, его массовое присутствие в пробах свидетельствует о преимущественно локальном его переносе. Антропогенная составляющая нерастворимых микрочастиц доминирует в дождевых осадках, собранных в конце лета и на протяжении всей осени 2019 г. Антропогенная компонента представлена сгустками сажевых частиц, сферами сгорания (размером 3–8 мкм) различного элементного состава (рис. 3, б) и микрочастицами пепла. Образование и выброс в атмосферу сфер сгорания [5], происходит при деятельности тепловых электростанций (ТЭЦ), металлургических комбинатов и других промышленных комплексов. Субмикронный размер сфер сгорания позволяет им переноситься в атмосфере воздушными потоками на значительные расстояния. Так как исследуемый регион находится на пути западного трансграничного атмосферного переноса воздушных масс, значительное количество субмикронных сфер сгорания в составе дождевых осадков может быть связано с деятельностью промышленно-индустриальных комплексов Западной Европы. Источниками эмиссий сажи могут являться как локальные источники, печные дымовые трубы жилого сектора региона, так и удаленные [6, 7].

Химический состав. Результаты атомно-абсорбционного анализа о содержании химических элементов в пробах приведены в таблице.

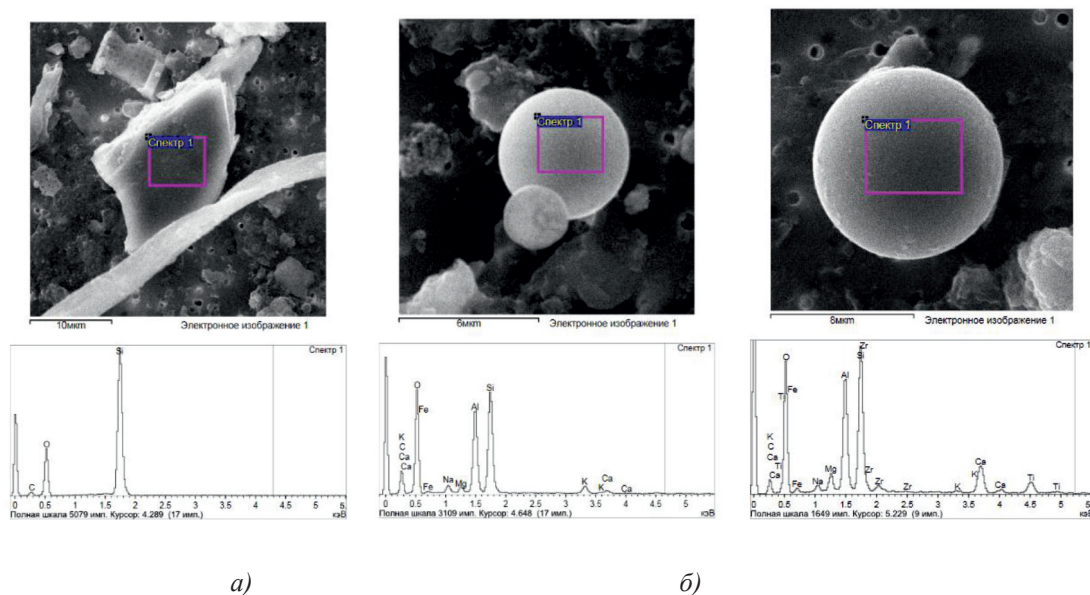


Рис. 3. Элементный состав характерных микрочастиц для разных сезонов 2019 г.:
а) микрочастица кварца и растительное волокно; б) сферы сгорания

Содержание элементов в пробах

Элемент	Самбийский п-ов		Балтийская коса	
	минимальное – максимальное значения, мкг/г	среднее значение $\pm$ ст. отклонение	минимальное – максимальное значения, мкг/г	среднее значение $\pm$ ст. отклонение
Al	2542–20225	8762 ± 7031	3113,3–22679	9744 ± 7592
V	6,7–35,7	$17,3 \pm 12,8$	16,2–46,2	$15,3 \pm 13$
Cr	13,3–52,1	$32,6 \pm 15,9$	11,7–106,5	$53,9 \pm 37$
Mn	35–609	232 ± 224	45,4–621,1	$225,5 \pm 221$
Co	1,3–9,4	$4,9 \pm 3,7$	0,9–9,7	$4,2 \pm 3,3$
Ni	7,3–217,4	$73,9 \pm 71$	7,5–189,5	$84,4 \pm 67,4$
Cu	31,9–119,5	$81,5 \pm 39,7$	23,3–210,4	$103,7 \pm 74$
Zn	63,4–1120	438 ± 401	62–1886,6	$672,3 \pm 659,4$
As	1,4–6,5	$3,9 \pm 2,4$	0,8–8,9	$4,4 \pm 3,3$
Sr	10,8–69,5	$34 \pm 23,2$	12–110,5	$49,4 \pm 39$
Mo	0,6–2,8	$1,5 \pm 1$	0,8–2,8	$1,8 \pm 0,9$
Pb	26,9–121,9	$73,3 \pm 36,8$	23,4–162,3	$90,7 \pm 58,8$
Cd	0,7–9,2	$3,7 \pm 3,5$	0,6–6,2	$2,8 \pm 2,1$
Ba	41,8–247,9	$94 \pm 86,6$	40,2–286	$127,4 \pm 97,9$

Из таблицы видно, что концентрации элементов Al, Cr, V, Pb, Ba, Mn, Cu, Ni, Zn, As, Sr, Mo и Co на Балтийской косе выше, чем их концентрация в осадочном веществе дождей на Самбийском полуострове. Исключение составляет содержание Cd, концентрация которого выше на Самбийском полуострове.

Содержание химических элементов в составе нерастворимых микрочастиц дождевых осадков меняется в зависимости

от соотношения различных компонент (литогенной и антропогенной). Известно [8], что скорости осаждения минеральных частиц достигают 2 см/с, а антропогенных – 0,1 см/с, т.е. литогенные частицы достигают поверхности суши значительно быстрее, чем антропогенные. Из чего можно предположить, что антропогенные тяжелые металлы (Pb, Cd, Zn, Cu и Ni) поступают на территорию исследуемого региона в результате дальнего атмосферного переноса.

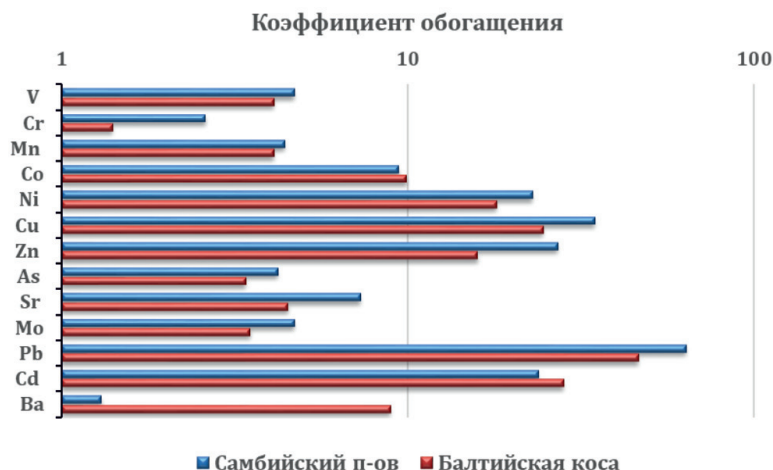


Рис. 4. Коэффициенты обогащения тяжелыми металлами осадочного вещества дождей Калининградской области РФ, относительно среднего состава верхнего слоя континентальной земной коры [9]

Для оценки роли различных источников тяжелых металлов в формировании элементного состава нерастворимых частиц в дождевой воде были рассчитаны коэффициенты обогащения (КО) относительно среднего состава земной коры по формуле $КО = (Эл./Al) \text{ проба} / (Эл./Al) \text{ земная кора}, (*)$ где Эл. и Al – содержание элемента и алюминия, которое мы рассматриваем как индикатор литогенного материала, в пробе и в верхней части континентальной земной коры [9].

Расчеты КО позволили разделить химические элементы на две группы: 1 группа ($КО < 10$) – литогенного происхождения, т.е. характерные для земной коры; 2 группа ($КО > 10$) – смешанного литогенного и антропогенного происхождения [10].

Коэффициент обогащения нерастворимых микрочастиц химическими элементами Cr, Mn, Co, As, Sr, Mo, V и Ba на Самбийском полуострове и на Балтийской косе меньше 10 (рис. 4), что свидетельствует о том, что эти химические элементы имеют главным образом литогенное происхождение. В то же время КО осадочного вещества дождей Ni, Cu, Zn, Cd и Pb значительно превышает 10 (КО Pb в Зеленоградске в среднем равен 64, а на Балтийской косе – 46; КО Cd в Зеленоградске равен в среднем 24, а на Балтийской косе – 28; КО Ni в Зеленоградске в среднем равен 23, а на Балтийской косе – 18; КО Cu в Зеленоградске – 35, а на Балтийской косе – 25), что свидетельствует об обогащении осадочного материала

Ni, Cu, Zn, Cd и Pb из преимущественно антропогенных источников (загрязнение атмосферы выбросами промышленных предприятий и транспорта), переносимых на большое расстояние.

Корреляционный анализ. По данным корреляционного анализа выделено две группы взаимосвязанных элементов, поступающих от единых источников. Определена значимая корреляционная связь между концентрациями алюминия, марганца, кобальта, цинка, стронция и бария ($R = 0,87–0,98$), что подтверждает их литогенное происхождение. Вторая группа взаимосвязанных элементов – цинк, хром, молибден, мышьяк и свинец ($R = 0,70–0,87$), что указывает на их литогенное и антропогенное происхождение. Связь содержания ванадия, никеля и меди с содержанием других веществ отсутствует, что предположительно может свидетельствовать о множественности источников поступления данных металлов.

Для определения основных районов источников были построены 120-часовые (5 суток) обратные траектории переноса воздушных масс к месту сбора дождевых осадков, при помощи модели HYSPLIT, доступной на сайте <http://www.arl.noaa.gov> [11]. По траекториям видно, что к моменту выпадения дождевых осадков в точках отбора на Самбийском п-ве и Балтийской косе воздушные массы в основном заходят с суши, проходя через города и промышленные центры европейских государств и мимо производственных и пустынных территорий области (рис. 5, а, б).

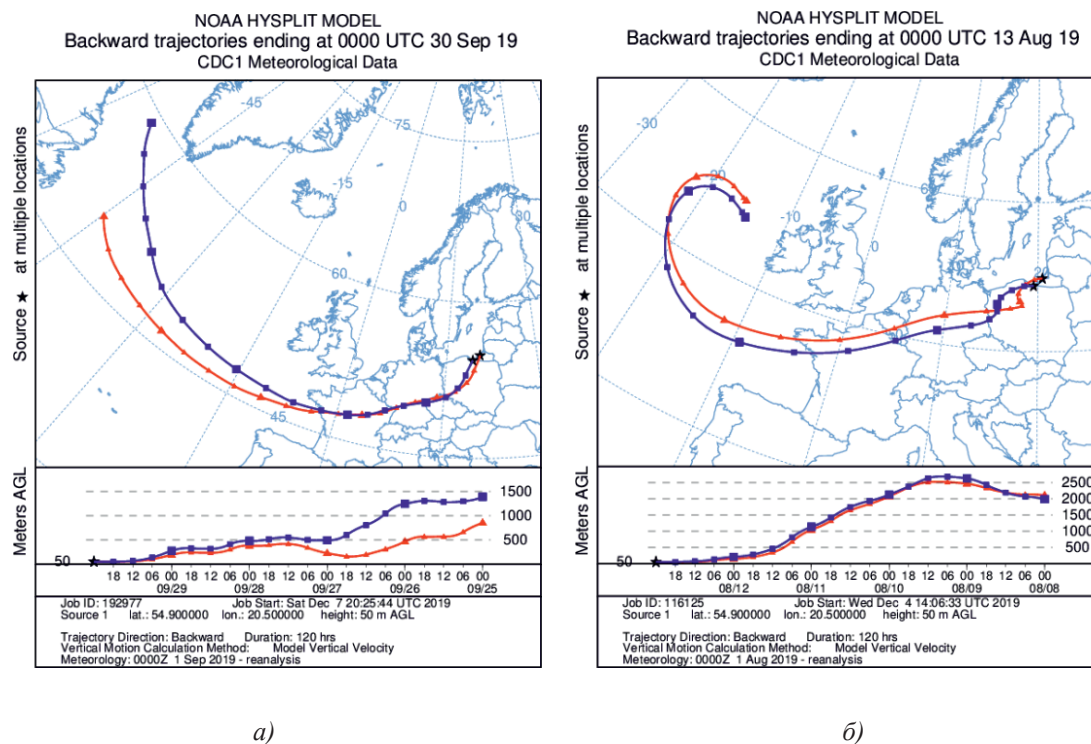


Рис. 5. Траектории переноса воздушных масс в точку отбора проб:
 а) максимальная концентрация в пробах Ni, Cd, Cu; б) максимальная концентрация в пробах Pb, Cu, Zn

Во время отбора пробы дождя с самым высоким содержанием свинца (121,9 мкг/г), меди (119,5 мкг/г) и цинка (1120 мкг/г) на Самбийском п-ове и свинца (162,3 мкг/г) и цинка (1886,6 мкг/г) на Балтийской косе (рис. 5, б), и с высоким содержанием никеля (217,4 мкг/г), кадмия (9,2 мкг/г) в осадочном веществе дождей на Самбийском п-ве, и отобранном на Балтийской косе (никель – 189,5 мкг/г, кадмий – 6,2 мкг/г, медь – 210,4 мкг/г и) (рис. 5, а), в эти точки поступили воздушные массы, ранее прошедшие над индустриальными центрами Франции, Германии и Польши.

Заключение

Авторами установлено, что средняя концентрация нерастворимых микрочастиц в дождевых осадках береговой зоны Калининградской области составила 5,3 мг/л. В количественном распределении и вещественном составе микрочастиц в дожде выявлена сезонная изменчивость. Наиболее высокие значения концентрации (6,5–12,2 мг/л) и доминирование антропогенной компоненты в составе осадочного вещества выявлены в дождях летне-осеннего периода, а наиболее низкие (1,1–3,9 мг/л), с пре-

обладанием биогенной и минеральной компонент – для весеннего периода. Выявлено, что тяжелые металлы Pb, Cd, Zn, Cu и Ni имеют антропогенное происхождение, а Cr, Mn, Co, As, Sr, Mo, V и Ba – литогенное.

Определена значимая корреляционная связь между концентрациями алюминия, марганца, кобальта, цинка, стронция и бария ($R = 0,87–0,98$). Вторая группа взаимосвязанных элементов – цинк, хром, молибден, мышьяк и свинец ($R = 0,70–0,87$). На распределение и состав нерастворимых микрочастиц дождевых осадков Калининградской области РФ оказывают влияние как локальный, так и дальний атмосферный перенос.

Экспедиционные исследования и химический анализ выполнялись при поддержке гранта РФФИ р. мол. а № 19-45-393007, анализ и интерпретация данных выполнялись в рамках госзадания ИО РАН (тема № 0149-2019-0013).

Список литературы / References

1. Lomova K., Valko M. Advances in metal-induced oxidative stress and human disease. Toxicology. 2011. V. 283 (2–3). P. 65–87. DOI: 10.1016/j.tox.2011.03.001.
2. Информационный бюллетень Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей

лей и благополучия человека по Калининградской области «Особенности состояния здоровья населения Калининградской области в связи с влиянием факторов среды обитания в 2010 году». 2011. 46 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://39.rospotrebnadzor.ru/content/osobennosti-sostoyaniya-zdorovya-naseleniya-kaliningradskoy-oblasti-v-svyazi-s-vliyaniem> (дата обращения: 10.12.2019).

Information bulletin of the Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being in the Kaliningrad Region «Features of the health status of the population of the Kaliningrad region in connection with the influence of environmental factors in 2010». 2011. 46 p. [Electronic resource]. URL: <http://39.rospotrebnadzor.ru/content/osobennosti-sostoyaniya-zdorovya-naseleniya-kaliningradskoy-oblasti-v-svyazi-s-vliyaniem> (date of access: 10.12.2019). (in Russia).

3. Чечко В.А., Курченко В.Ю. Методы исследований эолового материала в береговой зоне юго-восточной Балтики // Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водоемов: труды международной конференции. Новосибирск, 2009. С. 175–180.

Cechko V.A., Kurchenko V.Yu. Research methods for aeolian material in the coastal zone southeast Baltic // *Sozdaniye i ispol'zovaniye iskusstvennykh zemel'nykh uchastkov na beregakh i akvatorii vodoyemov: trudy mezhdunarodnoy konferentsii*. Novosibirsk, 2009. P. 175–180 (in Russia).

4. Стародымова Д.П., Шевченко В.П., Сивонен В.П., Сивонен В.В. Вещественный и элементный состав приземного аэрозоля северо-западного побережья Канталякшского залива Белого моря // Оптика атмосферы и океана. 2016. Т. 29. № 6. С. 488–492. DOI: 10.15372/AOO20160607.

Starodymova D.P., Shevchenko V.P., Sivonen V.P., Sivonen V.V. Material and elemental composition of surface aerosols on the north-western coast of the Kandalaksha Bay

of the White Sea. *Atmospheric and Oceanic Optics*. 2016. V. 29. № 6. P. 507–511. DOI: 10.1134/S1024856016060154.

5. Guieu C., Shevchenko V.P. Dust in the Ocean. *Encyclopedia of Earth Sciences Series*. 2016. P. 203–208. DOI: 10.1007/978-94-007-6644-0_56-3.

6. Shevchenko V.P., Vinogradova A.A., Lisitzin A.P., Novigatsky A.N., Panchenko M.V., Pol'kin V.V. Aeolian and ice transport of matter (including pollutants) in the Arctic. Implications and Consequences of Anthropogenic Pollution in Polar Environments / R. Kallenborn (editor). Springer. 2016. P. 59–73. DOI: 10.1007/978-3-642-12315-3_5.

7. Byčenkienė, S., Dudoitis, V., Ulevicus, V. The use of trajectory cluster analysis to evaluate the long-range transport of black carbon aerosol in the south-eastern Baltic region. *Advances in Meteorology*. 2014. P. 137–694. DOI: 10.1155/2014/137694.

8. Лукашин В.Н., Ключиткин А.А., Бобров В.А., Дара О.М., Шевченко В.П. Химический состав аэрозолей Северной Атлантики // *Океанология*. 2018. Т. 58. № 5. С. 781–791. DOI: 10.1134/S0030157418050052.

Lukashin V.N., Klyuvitkin A.A., Shevchenko V.P., Bobrov V.A., Dara O.M. Chemical Composition of North Atlantic Aerosols. *Oceanology*. 2018. V. 58. № 5. P. 717–726. DOI: 10.1134/S0001437018050053.

9. Rudnick R.L., Gao S. Composition of the continental crust. *Treatise on Geochemistry*. V. 3. The crust. Amsterdam: Elsevier. 2003. P. 1–64. DOI: 10.1016/b0-08-043751-6/03016-4.

10. Chester R., Murphy K.J.T., Towner J., Thomas A. The partitioning of elements in crust-dominated marine aerosols. *Chemical Geology*. 1986. V. 54. P. 1–15.

11. Draxler R.R., Rolph G.D. HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Mod access via NOAA ARL READY. Website (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>). Silver Spring, MD: NOAA Air Resources Laboratory. 2003.

УДК 550.84:553.982:543.068.5

УТОЧНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО СОСТАВУ НЕФТИ, ИЗВЛЕКАЕМОЙ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ СКВАЖИН

Туров Ю.П., Гузняяева М.Ю.

БУ ВО «Сургутский государственный университет», Сургут, e-mail: yuri_tom@rambler.ru

Для уточнения геологического строения и режимов питания продуктивных скважин эксплуатируемого нефтяного месторождения исследован состав извлекаемой нефти и его вариации для трех скважин многопластового месторождения. Показано, что за период наблюдения (три пробобора в течение 6 месяцев) заметных изменений состава извлекаемой из наблюдаемых скважин нефти не произошло. Оценена суммарная погрешность (воспроизводимость) результатов анализа состава, которая не превышала $\pm 6\%$ отн. С учетом этой погрешности установлено, что по результатам анализа изомерного состава парафинов, нафталинов, фенантронов и дибензотиофенов и на основе сопоставления рассчитанных по изомерному составу геохимических параметров образцов нефти из двух скважин (расхождения их не превышают 3% для парафиновых и 4% для нафталиновых и фенантроновых индексов) рассматривается как доказательство работы этих скважин на один общий продуктивный пласт. Существенные отличия всех этих характеристик для образцов нефти из третьей скважины (различия достигают 35% для парафиновых, 28% для нафталиновых и 37% для фенантроновых параметров) объясняются тем, что эта скважина извлекает нефть из другого нефтеносного пласта. Полученная информация дает возможность уточнить геологическое строение эксплуатируемого месторождения, оптимизировать режимы работы добывающих скважин, сформулировать научно обоснованные рекомендации по применению технологий повышения нефтеотдачи и оценить эффективность их применения. В случае неудачных операций при использовании технологий гидроразрыва пласта применение изложенной в работе методики идентификации источников извлекаемой нефти по ее составу позволит обнаруживать возникающие межпластовые перетоки флюидов.

Ключевые слова: геологическое строение нефтяных месторождений, состав извлекаемой нефти, геохимические параметры

CLARIFYING OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE OPERATED OIL DEPOSIT ON THE COMPOSITION OF OIL REMOVED FROM VARIOUS WELLS

Turov Yu.P., Guznyaeva M.Yu.

Surgut State University, Surgut, e-mail: yuri_tom@rambler.ru

To clarify the geological structure and feeding regimes of productive wells of an exploited oil field the composition of the recoverable oil and its variations for three wells of a multilayer field were studied. It was shown that during the observation period (three sampling within 6 months), no composition changes in recovered oil occurred. The total error (reproducibility) of the composition analysis results did not exceed $\pm 6\%$ rel. It was found that based on the isomeric composition of paraffins, naphthalenes, phenanthrenes and dibenzothiophenes and on the comparison of geochemical parameters calculated from the isomeric composition, the sources of oil samples are correctly identified. Practically identical composition and concurrence of the geochemical parameters values of oil samples from two wells (their differences do not exceed 3% for paraffin and 4% for naphthalene and phenanthrene indices) is considered as evidence of the operation of these wells on the same reservoir. The significant differences of all these characteristics for oil samples from the third well (differences reach 35% for paraffin, 28% for naphthalene and 37% for phenanthrene parameters) are explained by the fact that this well extracts oil from another oil stratum. The obtained information allow to clarify the geological structure of the exploited field, optimize the operating modes of production wells, formulate scientifically reasonable recommendations on the application of intensive oil recovery technologies and evaluate the effectiveness of their application. In case of unsuccessful fracturing technologies the application of the described methodology will allow to detect emerging inter-reservoir fluid flows.

Keywords: geological structure of oil fields, composition of recoverable oil, geochemical parameters

Несмотря на широкое использование высокотехнологичных геофизических методов разведки и современных вычислительных технологий для обработки полученной информации, геологическое строение введенных в эксплуатацию нефтяных месторождений уточняют на основе полученных данных о материальном составе извлекаемых пластовых флюидов [1, 2]. Особый интерес проблема детализации геологического строения представляет для эксплуа-

тируемых многопластовых месторождений, когда в результате применения интенсивных технологий повышения нефтеизвлечения возможно появление неконтролируемых межпластовых перетоков.

Основные корреляционные связи материального состава нефти и рассеянного органического вещества пород с геологическими условиями формирования нефти и ее месторождений в соответствии с принципами седиментационно-миграционной гипо-

тезы образования нефти были сформулированы, детально рассмотрены и обсуждены во второй половине XX в. в фундаментальных монографиях Б. Тиссо и Д. Вельте [3] и Дж. Ханта [4]. Особое внимание в органической геохимии уделяют нефтяным веществам-биомаркерам, которые рассматривают как доказательства генетической связи состава нефти с компонентами организмов живой природы [5].

При геологической оценке запасов месторождений и их оконтуривании принадлежность нефтяного флюида к конкретному продуктивному горизонту уточняют на основе состава извлекаемой нефти. Сложность состава сырой нефти вызывает необходимость предварительного фракционирования ее на более простые составляющие с количественной оценкой содержаний получаемых фракций. При этом исходный образец нефти разделяют на четыре фракции: насыщенные вещества, ароматические, смолы и асфальтены (SARA-анализы: – Saturateds, Aromatics, Resins, Asphaltenes) [6, 7].

Насыщенная фракция состоит из нормальных и разветвленных алканов и циклоалканов. Ароматическая фракция представлена ароматическими углеводородами, молекулы которых также могут включать боковые алкильные цепи. Последние две фракции SARA-анализа, смолы и асфальтены, являются самыми тяжелыми, наиболее высококипящими и наиболее полярными фракциями сырой нефти и обычно представлены ароматическими полициклическими структурами, которые могут включать алкильные цепи, гетероатомы и/или микроэлементы (например, Ni, V, Fe).

В большинстве случаев под «образцом нефти» конкретного месторождения понимают усредненную пробу нефти, представляющую собой смесь нефтяных флюидов, извлекаемых из разных добывающих скважин и подаваемую из центра подготовки нефти в транспортный трубопровод [8]. Но для уточнения геологического строения месторождений и при решении задач геохимического сопровождения эксплуатируемых скважин и месторождений в целом, необходимо учитывать возможные различия в составе образцов нефти, извлеченной из разных скважин одного месторождения, а также возможные изменения состава извлекаемой нефти в процессе эксплуатации скважин. Для решения этих задач используют более детальную информацию о составе насыщенной и ароматической фракций [9]. При этом основные идеи работ [3–5] в на-

стоящее время находят развитие и широкое применение для исследования влияния исходного органического материала, условий осадконакопления и термической эволюции нефти на ее состав [10], для идентификации пород, в которых генерировались углеводороды [11], для исследования процессов биодегradации нефти [12], для анализа влияния геологической гетерогенности месторождений на процессы миграции нефти [13]. В последнее время также исследуют влияние техногенного загрязнения керна и пород продуктивных пластов при бурении скважин на состав пластовых флюидов [14].

Цель исследования: уточнение геологического строения эксплуатируемого нефтяного месторождения по составу нефти, извлекаемой из различных скважин, на основе сопоставления изомерного и гомологического состава насыщенной и ароматической фракций образцов нефти, отобранных из трех скважин многопластового месторождения.

Материалы и методы исследования

Пробы нефти были отобраны на устье трех скважин Западно-Сургутского месторождения трижды с интервалом между пробоотборами в два месяца. По предварительной информации эти скважины работают на два различных продуктивных горизонта месторождения. Состав насыщенных и ароматических фракций, выделенных методами колонной адсорбционной хроматографии в соответствии с [6] был исследован методом газовой хроматографии/масс-спектрометрии (ГХ/МС) на хромато-масс-спектрометре Shimadzu GCMS TQ-8040 (Япония). Идентификацию веществ проводили по полным масс-спектрам с использованием библиотеки масс-спектров NIST'17, с применением спектро-структурных корреляций, методов селективной ионной регистрации и с привлечением информации из статей в научной периодике. Оценку относительных распространенностей веществ в разных образцах проводили по площадям хроматографических пиков на масс-фрагментограммах, полученных по интенсивностям характеристических ионных пиков в масс-спектрах соответствующих соединений [15].

Результаты исследования и их обсуждение

В исследованных образцах были идентифицированы более 300 индивидуальных веществ. В соответствии со сложившимися

в органической геохимии правилами для идентификации и геологического сопоставления образцов нефти и рассеянного органического вещества пород широко используют не только абсолютные содержания всех или некоторых, заранее определенных, веществ в исследуемых образцах, но и относительные, сравнивая соотношения между содержаниями отдельных веществ или даже между классами веществ в разных образцах. Чаще всего для этого используют некоторые простейшие функции от относительных содержаний индивидуальных веществ, которые называют геохимическими параметрами состава или геохимическими индексами [5]. Близость значений геохимических параметров для разных образцов органического вещества в органической геохимии рассматривают как свидетельство генетического родства геологических объектов. На основе получаемых значений геохимических параметров уточняют геологическое строение нефтегазовых месторождений, судят об условиях осадконакопления и созревания органического вещества и механизмах формирования месторождений, о нефтепроизводящем потенциале пород, о степени зрелости и источниках органического вещества, из кото-

рого образовалась нефть конкретного месторождения [3, 4].

В данной работе на основе сравнения состава и рассчитанных по нему геохимических параметров образцов произведена их классификация по отношению к возможным источникам происхождения – из какого продуктивного горизонта получен каждый образец нефти. Для этого был исследован и сопоставлен изомерный состав парафинов, нафталинов, фенантронов и дибензотиофенов во всех девяти образцах нефти. Проверка воспроизводимости получаемых результатов показала, что максимальные относительные отклонения значений характеристик состава и рассчитанных геохимических параметров не превышали $\pm 6\%$ отн.

В табл. 1 приведены усредненные по трем пробоотборам изомерные составы (относительные содержания) парафинов в образцах нефти из разных скважин.

В табл. 2 приведены значения рассчитанных по относительным содержаниям парафинов геохимических параметров, чаще всего используемых в органической геохимии для идентификации и сопоставления состава геологических образцов нефти и рассеянного органического вещества пород.

Таблица 1

Сопоставление усредненных по трем пробоотборам относительных содержаний *n*-алканов, пристана (**Pr**) и фитана (**Phy**) в образцах нефти из трех скважин

<i>n</i> -алканы, изопrenoиды	Относительное содержание, %		
	Скважина I	Скважина II	Скважина III
C ₁₇	7,90	7,58	6,53
Pr	3,64	3,52	4,66
C ₁₈	7,62	7,50	6,48
Phy	5,44	5,25	6,97
C ₂₄	7,45	7,44	6,52
C ₂₅	7,29	7,49	6,55
C ₂₆	7,07	7,29	6,67
C ₂₇	7,19	7,31	6,94
C ₂₈	6,25	6,47	6,11
C ₂₉	6,53	6,86	6,95
C ₃₀	5,56	5,80	5,74
C ₃₁	5,57	5,70	6,20
C ₃₂	3,88	4,07	3,89
C ₃₃	3,50	3,53	3,65
C ₃₄	3,30	3,17	3,33
Итого	100,00	100,00	100,00

Таблица 2

Усредненные по трем пробоотборам значения геохимических параметров, рассчитанные по составу парафинов

Геохимические параметры	Место пробоотбора		
	Скважина I	Скважина II	Скважина III
CPI	0,95	0,97	0,92
CPI(1)	0,92	0,92	0,88
CPI(2)	0,86	0,88	0,79
Pr/C ₁₇	0,46	0,47	0,67
Phy/C ₁₈	0,71	0,70	1,08
K(I)	0,58	0,58	0,89
Wax	0,67	0,65	0,63
OEP	0,91	0,92	0,88
OEP(1)	0,89	0,90	0,82

CPI – carbon preference index (индекс преобладающих парафинов, индекс нечетности) = $((C_{25} + C_{27} + C_{29} + C_{31} + C_{33}) / (C_{24} + C_{26} + C_{28} + C_{30} + C_{32}) + (C_{25} + C_{27} + C_{29} + C_{31} + C_{33}) / (C_{26} + C_{28} + C_{30} + C_{32} + C_{34})) / 2$;
 CPI(1) – carbon preference index (1) = $2(C_{23} + C_{25} + C_{27} + C_{29}) / (C_{22} + 2(C_{24} + C_{26} + C_{28}) + C_{30})$;
 CPI(2) – carbon preference index (2) = $2(C_{27}) / (C_{26} + C_{28})$; K(I) – изопреноидный коэффициент = $(Pr + Phy) / (C_{17} + C_{18})$; Wax – waxiness («парафинистость») = $C_{17} / (C_{17} + C_{27})$; OEP – odd over even predominance (преобладание нечетных парафинов над четными) = $(C_{21} + 6C_{23} + C_{25}) / 4(C_{22} + C_{24})$; OEP(1) – odd over even predominance (1) = $(C_{25} + 6C_{27} + C_{29}) / 4(C_{26} + C_{28})$,
 где Pr, Phy, C₁₇, C₁₈ и т.д. – относительные содержания (площади хроматографических пиков) пристана, фитана и нормальных парафинов с числом атомов углерода в молекуле 17, 18 и т.д.

Геохимические параметры или индексы рассчитывают с учетом представлений седиментационно-миграционной гипотезы образования нефти из захороненного органического вещества и его превращений в соответствии с устойчивостью его компонентов к воздействию различных геологических и геохимических факторов (термических, окислительно-восстановительных, биологических и т.п.) [10].

Для более наглядного сопоставления полученных результатов (значений геохимических параметров исследованных образцов) на рис. 1 приведена графическая иллюстрация полученных характеристик состава. Как следует из табл. 2 и рис. 1, характеристики состава насыщенной части нефти двух скважин (I и II) очень близки, диаграммы их на отдельных участках практически полностью перекрываются, различия в значениях геохимических индексов не превышают 3%. Иная картина наблюдается для третьей скважины – значения параметров OEP(1), CPI(2), K(I), Pr/C₁₇ и Phy/C₁₈ существенно отличаются от значений этих характеристик, рассчитанных для образцов нефти из первых двух скважин, и для наиболее дифференцирующих признаков различия превышают 30%. Максимальные различия наблюдаются для изопреноидного

коэффициента K(I) (34,7%) и соотношений между содержаниями пристана и гептадекана *n*-C₁₇ (Pr/C₁₇, 35,1%), а также фитана и октадекана *n*-C₁₈ (Phy/C₁₈, 34,3%).

Графический формат представления результатов более удобен для демонстрации различий в значениях геохимических индексов и наглядно иллюстрирует возможность надежного дифференцирования образцов по источнику поступления нефти.

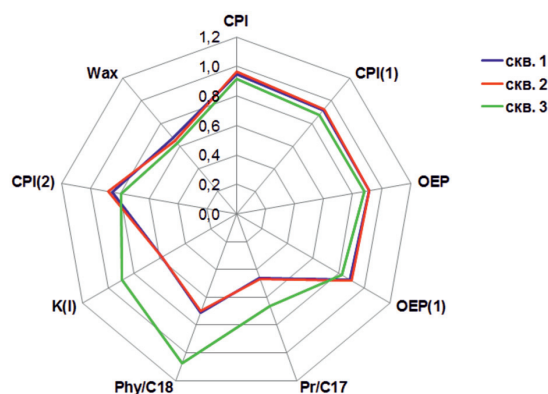


Рис. 1. Распределение значений геохимических параметров, рассчитанных по изомерному составу парафинов в образцах нефти из разных скважин

Таблица 3

Значения геохимических параметров, рассчитанных по изомерному составу нафталинов

Геохимические параметры	Скважины		
	I	II	III
TNR 2	0,59	0,59	0,66
TNR 3	1,33	1,34	1,60
TNR 5	0,81	0,81	0,97
TMNR	0,50	0,50	0,54
MNR	1,20	1,19	1,28
DNR/3	1,08	1,12	1,53
TNR 1	0,41	0,42	0,56

Метилнафталиновый индекс: $MNR = 2\text{-мн} / 1\text{-мн}$;Диметилнафталиновый индекс: $DNR = (2,6\text{-дмн} + 2,7\text{-дмн}) / 1,5\text{-дмн}$;Триметилнафталиновые индексы: $TNR\ 1 = 2,3,6\text{-тмн} / (1,4,6\text{-тмн} + 1,3,5\text{-тмн})$; $TNR\ 2 = (1,3,7\text{-тмн} + 2,3,6\text{-тмн}) / (1,3,5\text{-тмн} + 1,4,6\text{-тмн} + 1,3,6\text{-тмн})$; $TNR\ 3 = 1,3,6\text{-тмн} / 1,2,5\text{-тмн}$; $TNR\ 5 = 1,3,7\text{-тмн} / (1,4,6\text{-тмн} + 1,3,5\text{-тмн})$; $TMNR = 1,3,7\text{-тмн} / (1,3,7\text{-тмн} + 1,2,5\text{-тмн})$;

-мн, -дмн и -тмн – метилнафталины, диметилнафталины и триметилнафталины соответственно

Таблица 4

Значения геохимических параметров, рассчитанных по изомерному составу трициклических ароматических веществ

Геохимические параметры	Скважины		
	I	II	III
DBT/P	0,45	0,46	0,67
3-MP/4-MDBT	0,44	0,42	0,57
MDR	1,29	1,38	0,97
MDR'	0,56	0,58	0,49
MPR	0,76	0,76	0,98
MPI-1	0,44	0,43	0,49

 $MDR = 4\text{-MDBT} / 1\text{-MDBT}$; $MDR' = 4\text{-MDBT} / (4+1)\text{-MDBT}$; $MPR = 2\text{-MP} / 1\text{-MP}$; $MPI-1 = 1,5 \times (2\text{-MP} + 3\text{-MP}) / (P + 1\text{-MP} + 9\text{-MP})$, где P, 1-MP, 2-MP, 3-MP, 9-MP, DBT, 1-MDBT и 4-MDBT – относительные содержания (площади хроматографических пиков) фенантрена, 1-, 2- и 3-метилфенантронов, дибензотиофена, 1- и 4-метилдибензотиофенов

Число используемых геохимических параметров для сопоставления состава образцов нефти и условий ее формирования превышает несколько десятков. При этом, кроме парафинов, используют относительные содержания изомеров ароматических соединений.

Вариации и различия в изомерном составе ароматических веществ иллюстрируются данными табл. 3 и табл. 4, в которых приведены значения геохимических индексов, рассчитанных по изомерному составу би- и трициклических классов ароматических веществ.

Визуальная оценка различий в значениях рассчитанных геохимических параметров возможна при рассмотрении рис. 2.

Наблюдаемые различия полностью коррелируют с картиной, полученной для парафиновых геохимических индексов (рис. 1) – на диаграммах рис. 2 характеристики образцов нефти из первой и вто-

рой скважин практически полностью совпадают (различия не превышают 4% для нафталиновых и 6% для фенантроновых параметров), а для третьей – кардинально отличаются от первых двух, различия для наиболее контрастирующих признаков достигают 28% для нафталиновых индексов (DNR/3) и 37% для фенантроновых (MDR). По представленным иллюстрациям отнесение исследованных образцов нефти к различным источникам является очевидным – первые две скважины извлекают нефть из одного пласта, третья – из другого.

Из приведенных результатов следует, что на основе сопоставления относительных содержаний изомеров различных классов соединений и рассчитанных по ним геохимическим параметрам состава можно надежно дифференцировать источники нефти и установить принадлежность образца извлекаемой нефти к определенному продуктивному пласту.

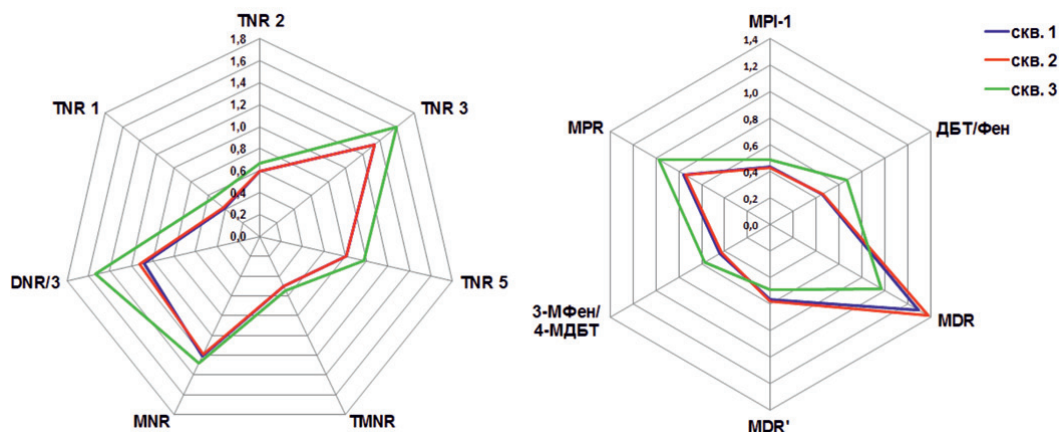


Рис. 2. Распределение значений геохимических параметров, рассчитанных по изомерному составу бициклических (слева) и трициклических (справа) ароматических веществ в образцах нефти из разных скважин

В соответствии с полученными результатами подтверждено наличие двух продуктивных горизонтов месторождения, для которых состав извлекаемой нефти существенно различается, и для них рассчитаны геохимические параметры. Изложенный методический подход позволяет на основе этой информации в случае необходимости провести инвентаризацию всех добывающих скважин месторождения по составу извлекаемой из них нефти.

Такие данные необходимы для оптимизации режимов нефтеотбора для каждой продуктивной скважины и научно обоснованного планирования мероприятий по повышению нефтеотдачи пластов с учетом фактической нагрузки на эксплуатируемые нефтеносные горизонты. Кроме того, открывается возможность оценивать эффективность применения технологий по интенсификации нефтеотдачи, в том числе методом гидроразрыва пласта, а также обнаруживать появление нежелательных межпластовых перетоков пластовых флюидов на основе сопоставления состава извлекаемой нефти до и после мероприятий.

Заключение

Таким образом, продемонстрирована возможность уточнения геологического строения эксплуатируемых месторождений, особенно на поздних этапах их выработки, когда повышается вероятность антропогенных изменений строения первоначальных геологических структур из-за множественных перфораций и других техногенных воздействий, на основе де-

тальной информации о составе и извлекаемой нефти.

Полученная информация дает возможность не только уточнить геологическое строение эксплуатируемого месторождения, но и оптимизировать режимы работы добывающих скважин, сформулировать научно обоснованные рекомендации по применению технологий повышения нефтеотдачи и оценивать эффективность их применения. Контроль возможного появления межпластовых перетоков в результате неудачного гидроразрыва пласта особенно важен для горизонтальных скважин месторождений баженовской свиты с продуктивными пластами небольшой мощности, где малые вертикальные угловые отклонения в направленности горизонтального участка скважины могут привести к уходу ее из продуктивного горизонта и перфорации межпластовых изолирующих пропластков. В случае неудачных операций при использовании технологий гидроразрыва пласта применение изложенной в работе методики идентификации источников извлекаемой нефти по ее составу позволит обнаруживать возникающие межпластовые перетоки флюидов.

Список литературы / References

1. Pollastro R.M., Roberts L.N.R., Cook T.A. Geologic assessment of technically recoverable oil in the Devonian and Mississippian Bakken Formation. Chap. 5 of U.S. Geological Survey Williston basin province assessment team. Assessment of undiscovered oil and gas resources of the Williston basin province of North Dakota, Montana, and South Dakota: U.S. Geological Survey Digital Data Series DDS-69-W, 2013. (ver. 1.1, November 2013). 34 p.

2. Mullins O.C., Zuo J.Y., Pomerantz A.E., Forsythe J.C., Peters K. Reservoir fluid geodynamics: the chemistry and physics of oilfield reservoir fluids after trap filling. *Energy Fuels*. 2017. vol. 31. no. 12. P. 13088–13119. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.7b02945.
3. Tissot B.P., Welte D.H. *Petroleum formation and occurrence*. 1984. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 702 p. DOI: 10.1007/978-3-642-87813-8.
4. Hunt J.M. *Petroleum geochemistry and geology*. 2nd ed. New York: W.H. Freeman and Company, 1995. 743 p. DOI: 10.1007/S0016756800007755.
5. Peters K.E., Walters C.C., Moldowan J.M. *The biomarker guide*. Parts I and II. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 1155 p. DOI: 10.1017/CBO9780511524868.
6. Gutiérrez D., Moore R.G., Mehta S.A., Ursenbach M., Bernal A. Phase-behavior modeling of oils in terms of saturates/aromatics/resins/asphaltenes fractions. *SPE Reservoir Evaluation & Engineering*. 2019. vol. 22. no. 03. P. 1–15. DOI: 10.2118/189727-pa.
7. Sieben V.J., Stickel A.J., Obiosa-Maife C., Rowbotham J., Memon A., Hamed N., Ratulowski J., Mostowfi F. Optical measurement of saturates, aromatics, resins, and asphaltenes in crude oil. *Energy Fuels*. 2017. vol. 31. no. 4. P. 3684–3697. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.6b03274.
8. Лазарев Д.А., Муравская Ю.А., Гузниева М.Ю., Туров Ю.П. Углеводородный состав нефтей некоторых месторождений Ханты-Мансийского автономного // *Успехи современного естествознания*. 2016. № 9. С. 126–130.
- Лазарев Д.А., Муравская Ю.А., Гузниева М.Ю., Туров Ю.П. Hydrocarbon composition of oils of some deposits of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug // *Advances in current natural sciences*. 2016. № 9. P. 126–130 (in Russian).
9. Sinnathamb C.M., Nor N.M. Relationship between SARA fractions and crude oil fouling. *Journal of Applied Sciences*. 2012. vol. 12. no. 23. P. 2479–2483. DOI: 10.3923/jas.2012.2479.2483.
10. Chang Xiang-chun, Li Zeng-xue, Yan Cheng-peng. Geochemistry of aromatic fractions in es4 oil extracts from the south slope of dongying sag and its implications. *Procedia Environmental Sciences*. 2011. vol. 11. P. 680–685. DOI: 10.1016/j.proenv.2011.12.106.
11. El Nady M.M., Mohamed N.S. Source rock evaluation for hydrocarbon generation in Halal oilfield, southern Gulf of Suez, Egypt. *Egyptian Journal of Petroleum*. 2016. vol. 25. P. 383–389. DOI: 10.1016/j.ejpe.2015.09.003.
12. Qi Wang, Fang Hao, Changgui Xu, Yangming Zhu, Zhongheng Sun, Huayao Zou. The origin and charging directions of Neogene biodegraded oils: A geochemical study of large oil fields in the middle of the Shijiutuo Uplift, Bohai Sea, China. *Marine and Petroleum Geology*. 2017. vol. 88. P. 200–213. DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2017.08.020.
13. Fustica M., Strobl R., Fowler M., Jablonski B.V., Martinus A.W. Impact of reservoir heterogeneity on oil migration and the origin of oilwater contacts: McMurray Formation type section, Alberta, Canada. *Marine and Petroleum Geology*. 2019. vol. 103. P. 216–230. DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2019.01.020.
14. Schinteie R., Colangelo-Lillis J.R., Hope J.M., Chen J., Nelson D.B., Jarrett A.J.M., Brocks J.J. Impact of drill core contamination on compound-specific carbon and hydrogen isotopic signatures. *Organic Geochemistry*. 2019. vol. 128. P. 161–171. DOI: 10.1016/j.orggeochem.2019.01.003.
15. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия в органической химии. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2003. 475 с.
- Lebedev A.T. *Mass spectrometry in organic chemistry*. M.: Binom. Laboratoriia znanii, 2003. 475 p. (in Russian).

УДК 913(470)

**ОЦЕНКА ФАКТОРОВ НЕРАВЕНСТВА СУБЪЕКТОВ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО СОВОКУПНОСТИ
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ****Ушаков Е.А.***ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» ДВО РАН, Владивосток,
e-mail: ushakov.tig.dvo@gmail.com*

В статье рассматривается проблема количественной оценки факторов сложившегося неравенства социально-экономического положения субъектов Российской Федерации. Предлагается специальный коэффициент, с помощью которого проанализировано современное состояние социальной и экономической сферы субъектов и динамика её составляющих. Для расчёта коэффициента использовались статистические показатели за период с 2005 по 2017 г. Были рассчитаны значения коэффициента по всем субъектам Российской Федерации, выделены группы субъектов в зависимости от состояния их социальной сферы и экономики, показаны субъекты с наибольшей положительной или отрицательной динамикой социально-экономической сферы. Для оценки особенностей динамики социальной и экономической сферы субъектов Российской Федерации весь рассматриваемый период делился на трехлетние этапы, проводился ежегодный анализ значений коэффициента по субъектам. Выделена прямая зависимость между значениями коэффициента с размером валового регионального продукта на душу населения и их сходная динамика. В ходе анализа рассчитанного коэффициента было выявлено сходство между субъектами в период социально-экономических кризисов и восстановительного периода после них. Было отмечено, что социально-экономическое развитие субъектов зависело главным образом от их специализации, экономико-географического и транспортно-географического положения, агломерационного эффекта. Важнейшим фактором развития субъектов, динамики их социальной и экономической сферы являлось качество управления со стороны федеральных и местных властей имеющимися экономико-географическими факторами на территории. Отмечена важная роль добывающей промышленности, как основного вида экономической деятельности, для развития социальной и экономической сферы в субъектах с экономикой ресурсного типа, большинство которых являются лидерами по значениям коэффициента.

Ключевые слова: социально-экономическое развитие, экономико-географические факторы, коэффициент соотношения социально-экономических показателей, региональный уровень, кризисные явления, субъекты Российской Федерации

**ASSESSMENT OF INEQUALITY FACTORS OF SUBJECTS
OF THE RUSSIAN FEDERATION ON TOTALITY OF SOCIO-ECONOMIC INDICATORS****Ushakov E.A.***Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, e-mail: ushakov.tig.dvo@gmail.com*

The article considers the problem of quantitative assessment of factors of the existing inequality of the socio-economic situation of the constituent entities of the Russian Federation. A special coefficient is proposed, with the help of which the current state of the social and economic sphere of the subjects and the dynamics of its components are analyzed. To calculate the coefficient, statistical indicators for the period from 2005 to 2017 were used. The coefficient values were calculated for all subjects of the Russian Federation, groups of subjects were identified depending on the state of its social sphere and economy, and subjects with the greatest positive or negative dynamics of the socio-economic sphere were shown. To assess the characteristics of the dynamics of the social and economic sphere of the constituent entities of the Russian Federation, the entire period under consideration was divided into three-year stages, an annual analysis of the coefficient values by subjects was carried out. A direct relationship between the values of the coefficient with the size of the gross regional product per capita and their analogous dynamics is highlighted. The analysis of the calculated coefficient revealed similarities between the subjects during the period of socio-economic crises and the recovery period after them. It was noted that the socio-economic development of the subjects depended mainly on their specialization, economic-geographical and transport-geographical position, agglomeration effect. The most important factor in the development of subjects, the dynamics of their social and economic sphere was the quality of management by the federal and local authorities of the existing economic and geographical factors in the territory. The important role of the mining industry, as the main type of economic activity, for the development of the social and economic sphere in entities with a resource-type economy, most of which are leaders in terms of the coefficient, is noted.

Keywords: socio-economic development, geographical factors, ratio coefficient of socio-economic indicators, regional level, crisis phenomena, subjects

Важнейшей проблемой развития Российской Федерации являются большие различия между субъектами в уровнях социально-экономического развития. Во многом пространственные различия сложились под воздействием совокупности экономико-

географических факторов: неравномерно размещенный по территории страны природно-ресурсный потенциал, более или менее выгодное экономико-географическое и транспортно-географическое положение, особенности исторического развития

субъектов, влияние других факторов (агломерационного, специализации, трудовых ресурсов и пр.). Изучению данной проблемы были посвящены исследования многих экономико-географов и экономистов. Например, в работах П.Я. Бакланова [1] отмечается, что географические факторы начинают действовать с самой первой стадии регионального развития – освоения территории. При этом, одним из главных факторов выступают территориальные сочетания природных ресурсов, которые определяют формирование добывающих видов деятельности, как элементов территориально-производственных структур разного ранга [2].

Также не менее значимой является роль экономико-географического положения территории, при формировании структуры экономики районов, специализированных и обслуживающих производств [3–5]. Особо стоит отметить значение экономико-географического положения при формировании территориальной системы рынков и рыночных зон. Эти исследования проводились рядом ученых (Баранский, Майергойз, Бабурин, Трейвиш, Шувалов и т. д.). По мнению А.В. Мошкова [6], важнейшим индикатором эффективности функционирования региона является составляющая структура экономики и уровень доходов населения. Наибольшие доходы населения в тех регионах, где развита добывающая промышленность, а перспективными следует считать обрабатывающие производства, которые обеспечивают большую устойчивость структуры экономики регионов и конкурентоспособность выпускаемой продукции. В свою очередь, специализированные промышленные предприятия в отдельных случаях могут сами формировать благоприятные факторы для развития в регионе некоторых видов экономической деятельности [7]. Отдельным фактором пространственного развития территории служат агломерационные процессы [8]. О.В. Кузнецова [9] рассматривала факторы регионального развития и распределила их по группам – субъективные факторы, уровень развития и структура экономики, обеспеченность инфраструктурой, система расселения и демографические характеристики, природно-климатические условия и ресурсы. Кроме этого, ею была проанализирована роль форм и методов территориального управления при реализации региональной политики центральных органов управления страной [10]. Важно понимать, что повышение эффективности социально-экономического развития субъектов также

зависит от качества управления со стороны федеральных и местных властей. В целом же вопросы регионального развития и влияние на них географических факторов и качества территориального управления рассматривались в работах других авторов [11–13].

Следует отметить, что существующая система социально-экономических показателей, которые традиционно используют при оценке уровня развития социальной и экономической сферы субъектов Российской Федерации, в первую очередь отражает их общие сравнительные характеристики, однако она не в полной мере учитывает региональные особенности территории, сложившиеся факторы развития, их динамику.

Цель исследования: показать различия субъектов Российской Федерации с помощью определенного коэффициента, рассчитанного на основе совокупности социально-экономических показателей, отражающих их региональные особенности развития.

Материалы и методы исследования

Для расчета коэффициента соотношения социально-экономических показателей было взято 17 статистических показателей на душу населения, из которых 5 количественных и 12 стоимостных (которые учитывались с учетом стоимости жизни в регионах). Это были демографические показатели (динамика численности населения), социальные показатели (безработица, среднемесячная заработная плата и др.) и экономические (объем отгруженных товаров, инвестиции и др.). Для исследования брался период 2005–2017 гг. с ежегодным и трехлетним периодом. При расчете использовалась система подсчета для субъектов, в которых получившиеся максимальный социально-экономический показатель среди регионов был равен 1, а минимальный – 0, а значения других регионов рассчитывались следующим образом:

$$X = (P_{\text{reg}} - P_{\text{min}}) / (P_{\text{max}} - P_{\text{min}}),$$

где P_{reg} – значение показателя субъекта, P_{min} – минимальное значение показателя среди субъектов, P_{max} – максимальное значение показателя среди субъектов

Все получившиеся расчетные данные в дальнейшем суммировались и делились на количество социально-экономических показателей:

$$K = (X_1 + X_2 + \dots + X_{17})/N,$$

где N – количество социально-экономических показателей.

Если получившийся коэффициент был ближе к 1, то субъект выглядит благополучнее по отношению к другим. Если коэффициент близок к 0, то и субъект смотрится на фоне других менее развитым. Также по полученным данным можно рассматривать динамику субъектов по отношению друг к другу (по годам или за определенный период). При подсчете коэффициента и его анализе было взято 83 субъекта Российской Федерации (на 2005 г.), в том числе с учетом, что ряд бывших автономных округов вошли в состав «материнских» территорий, которые учитывались уже вместе с ними. Стоит учитывать, что данное количество показателей за этот период было взято с учетом всех возможностей статистических данных, поскольку ряд потенциальных показателей не могли быть найденными из-за проблем со статистическими данными на территории Чеченской республики до 2008 г., поэтому они не смогли войти в подсчет рассчитываемого коэффициента.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведен анализ современного состояния социальной и экономической сферы субъектов и динамика её составляющих. Для расчёта коэффициента использовались статистические

показатели за период с 2005 по 2017 г. Были рассчитаны значения коэффициента по всем субъектам Российской Федерации, выделены группы субъектов в зависимости от состояния его социальной сферы и экономики, показаны субъекты с наибольшей положительной или отрицательной динамикой социально-экономической сферы. Для оценки особенностей динамики социальной и экономической сферы субъектов Российской Федерации весь рассматриваемый период делился на трехлетние этапы, проводился ежегодный анализ значений коэффициента по субъектам (табл. 1).

Большинство субъектов (около 70%) имели показатели в пределах 0,200–0,300. В 2005 г. показатель выше 0,300 имели 20 субъектов, в пределах – 0,250–0,300 – 31; 0,200–0,250 – 25; ниже 0,200 – 7 субъектов. Средняя медиана имела значение – 0,260. Приблизительно такие же данные сохранились и в 2017 г. (выше 0,300 – 19 субъектов, 0,250–0,300 – 28; 0,200–0,250 – 28; ниже 0,200 – 7 субъектов, а средняя медиана – 0,268). Лидерами по рассчитанному коэффициенту являются Ненецкий АО, Тюменская область и ее автономные округа, Москва, Санкт-Петербург, Татарстан. Главными аутсайдерами Чечня, Ингушетия, Тыва, а в последние годы в эту группу вошли Карачаево-Черкессия и Калмыкия.

Таблица 1

Лидеры и аутсайдеры среди субъектов по рассчитанному коэффициенту

2005	2011	2017
Регионы-лидеры		
Ненецкий АО – 0,572	Ненецкий АО – 0,653	Ненецкий АО – 0,664
Тюменская область – 0,558	Тюменская область – 0,532	Сахалинская область – 0,491
Ханты-Мансийский АО – 0,552	Ханты-Мансийский АО – 0,480	Тюменская область – 0,478
Ямало-Ненецкий АО – 0,616	Ямало-Ненецкий АО – 0,640	Ханты-Мансийский АО – 0,431
Москва – 0,468	Москва – 0,448	Ямало-Ненецкий АО – 0,665
Чукотский АО – 0,426	Санкт-Петербург – 0,430	Санкт-Петербург – 0,429
Санкт-Петербург – 0,386	Сахалинская область – 0,407	Москва – 0,415
Татарстан – 0,379	Татарстан – 0,396	Татарстан – 0,387
Липецкая область – 0,372	Чукотский АО – 0,388	Московская область – 0,383
Омская область – 0,360	Белгородская область – 0,384	Белгородская область – 0,381
Регионы-аутсайдеры		
Курганская область – 0,212	Адыгея – 0,216	Северная Осетия – Алания – 0,195
Бурятия – 0,209	Северная Осетия – Алания – 0,208	Еврейская АО – 0,194
Дагестан – 0,204	Курганская область – 0,203	Кабардино-Балкария – 0,190
Приморский край – 0,195	Ивановская область – 0,198	Алтай – 0,186
Кабардино-Балкария – 0,194	Кабардино-Балкария – 0,194	Курганская область – 0,182
Ивановская область – 0,187	Тыва – 0,174	Чечня – 0,174
Адыгея – 0,181	Карачаево-Черкессия – 0,165	Тыва – 0,173
Тыва – 0,178	Калмыкия – 0,164	Калмыкия – 0,150
Чечня – 0,097	Чечня – 0,134	Карачаево-Черкессия – 0,148
Ингушетия – 0,050	Ингушетия – 0,107	Ингушетия – 0,111

Примечание. Рассчитано по статистическим данным предоставленным Росстатом.

Таблица 2

Группировка субъектов по рассчитанному коэффициенту

Группа	Субъекты РФ
Лидеры	Ненецкий автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ.
Регионы с наиболее высоким показателем	Санкт-Петербург, Москва, Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ, Сахалинская область
Регионы с относительно высоким показателем	Ленинградская область, Калининградская область, Калужская область, Московская область, Башкортостан, Новосибирская область, Самарская область, Нижегородская область, Белгородская область, Воронежская область, Липецкая область, Татарстан, Краснодарский край, Пермский край, Свердловская область, Красноярский край, Якутия, Магаданская область, Чукотский автономный округ
Регионы-середняки	Коми, Архангельская область, Вологодская область, Мурманская область, Новгородская область, Орловская область, Рязанская область, Смоленская область, Тульская область, Ярославская область, Удмуртия, Оренбургская область, Кемеровская область, Саратовская область, Ульяновская область, Пензенская область, Марий Эл, Курская область, Тамбовская область, Астраханская область, Дагестан, Ростовская область, Челябинская область, Омская область, Томская область, Иркутская область, Камчатский край, Хабаровский край, Амурская область
Регионы с относительно низким показателем	Карелия, Псковская область, Брянская область, Ивановская область, Костромская область, Тверская область, Мордовия, Чувашия, Кировская область, Волгоградская область, Адыгея, Ставропольский край, Алтайский край, Бурятия, Хакасия, Забайкальский край, Приморский край
Регионы с наиболее низким показателем	Курганская область, Алтай, Чечня, Кабардино-Балкария, Северная Осетия – Алания, Тыва, Еврейская автономная область
Аутсайдеры	Калмыкия, Ингушетия, Карачаево-Черкесия

Таким образом, можно выделить следующие группы: лидеры, регионы с высоким показателем, регионы с относительно высоким показателем, регионы-середняки, регионы с относительно низким показателем, регионы с наиболее низким показателем и аутсайдеры (табл. 2). Среди лидеров и регионов с высокими показателями коэффициента являются те регионы, где, как правило, развита промышленность (в основном добывающая) и города федерального подчинения – Москва и Санкт-Петербург. Отстающими регионами по этому показателю можно назвать главным образом депрессивные регионы (особенно северо-кавказские республики).

Рассчитанный коэффициент позволяет отметить особенности динамики субъектов. В частности, можно выделить несколько групп субъектов. Выделяются следующие группы субъектов – лидеры, субъекты с положительной динамикой социально-экономических показателей, субъекты с отрицательной динамикой, кризисные субъекты, стабильные, относительно стабильные, неустойчивые. Во многом, на этот показатель оказывает влияние качество управления субъектом, а также показатели внешнеэкономической деятельности – колебание цен

на мировых рынках, объем производства продукции производимой субъектом, пользующейся спросом на зарубежных рынках, событийные мероприятия, за счет которых происходит вливание бюджетных средств и ряд других внутренних факторов (табл. 3).

Среди лидеров прежде всего следует отметить Сахалинскую область, а также Калининградскую и Калужскую области, Ненецкий АО и Республику Дагестан (табл. 4). Это нефтедобывающие субъекты (Сахалинская область и Ненецкий АО) со значительным объемом инвестиций, вложенных в основной капитал добывающих видов экономической деятельности, а также субъекты, где было более эффективное управление, в том числе за счет дополнительных субсидий и субвенций из федерального центра (стоит отметить, что кратковременное вложение больших инвестиций обеспечивает только непродолжительный рост социально-экономических показателей, которые заметно замедляют темп после прекращения больших объемов инвестиций). Отдельно стоит отметить Республику Дагестан, которая по показателям имеет крайне неравномерную динамику значения рассчитанного коэффициента – от очень высоких и до очень низких. В целом положительная динамика

коэффициента для этого субъекта обеспечена более активным ростом социально-экономических показателей по отношению с другими субъектами. Среди главных аутсайдеров оказалась Омская и Тюменская области (прежде всего за счет Ханты-Мансийского АО), а также депрессивные субъекты (во многом даже кризисные) – Ре-

спублики Калмыкия, Карачаево-Черкессия и Алтай. Необходимо выделить два субъекта, которые отличаются весьма неустойчивым характером динамики значения коэффициента – Республика Коми и Чукотский АО, которые из года в год отличаются или резким ростом, или не менее значительным падением.

Таблица 3

Группировка субъектов по динамике рассчитанного коэффициента

Группа	Субъекты
Лидеры	Калужская область, Воронежская область, Республика Дагестан, Республика Ингушетия, Республика Чечня, Камчатский край, Сахалинская область.
Субъекты с положительной динамикой	Мурманская область, Санкт-Петербург, Ленинградская область, Калининградская область, Брянская область, Тульская область, Ульяновская область, Пензенская область, Нижегородская область, Белгородская область, Курская область, Тамбовская область, Республика Адыгея, Краснодарский край, Республика Саха (Якутия), Приморский край, Хабаровский край, Амурская область, Магаданская область.
Субъекты с отрицательной динамикой	Карелия, Вологодская область, Москва, Башкортостан, Курганская область, Кемеровская область, Республика Мордовия, Республика Чувашия, Волгоградская область, Республика Северная Осетия – Алания, Челябинская область, Омская область, Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ, Еврейская автономная область.
Кризисные субъекты	Республика Алтай, Республика Калмыкия, Республика Карачаево-Черкесия.
Стабильные субъекты	Костромская область, Рязанская область, Тверская область, Ярославская область, Республика Удмуртия, Оренбургская область, Саратовская область, Республика Марий Эл, Кировская область, Республика Кабардино-Балкария, Ставропольский край, Ростовская область, Свердловская область, Алтайский край, Томская область, Республика Тыва, Красноярский край, Иркутская область.
Относительно стабильные субъекты	Архангельская область, Ненецкий автономный округ, Новгородская область, Псковская область, Владимирская область, Ивановская область, Московская область, Орловская область, Смоленская область, Новосибирская область, Самарская область, Липецкая область, Республика Татарстан, Астраханская область, Пермский край, Ямало-Ненецкий автономный округ, Республика Бурятия, Республика Хакасия, Забайкальский край.
Неустойчивые субъекты	Республика Коми, Чукотский автономный округ.

Таблица 4

Лидеры и аутсайдеры среди субъектов в динамике по рассчитанному коэффициенту

Наиболее положительная	2005	2017	Наиболее отрицательная	2005	2017
Сахалинская область	0,298	0,491	Омская область	0,360	0,274
Калининградская область	0,270	0,368	Тюменская область	0,558	0,478
Ненецкий АО	0,572	0,664	Ханты-Мансийский АО	0,552	0,431
Республика Дагестан	0,204	0,294	Республика Калмыкия	0,223	0,150
Калужская область	0,252	0,337	Республика Карачаево-Черкессия	0,221	0,148
Республика Чечня	0,097	0,174	Чукотский АО	0,426	0,372
Камчатский край	0,223	0,295	Москва	0,468	0,415
Воронежская область	0,254	0,312	Кемеровская область	0,307	0,259
Амурская область	0,221	0,287	Республика Алтай	0,232	0,186
Республика Ингушетия	0,050	0,111	Республика Чувашия	0,263	0,217

В целом для большинства субъектов за рассматриваемый период было характерно незначительное изменение значения коэффициента. Однако, распределив весь период на несколько этапов, возникает более интересная картина. Были выделены трехлетние этапы: 2005–2008 гг., 2008–2011 гг., 2011–2014 гг., 2014–2017 гг. Первый этап обозначался, как время, при котором шел активный социально-экономический рост. Следующий этап (2008–2011 гг.) как кризисный, при котором шло сочетание кризиса 2008–2009 гг. с резким снижением статистических социально-экономических показателей, а в 2010–2011 гг., происходило их активное восстановление. Этап (2011–2014 гг.) характеризовался незначительным ростом статистических показателей в социально-экономической сфере страны. Следующий этап (2014–2017 гг.) характеризовался как этап прихода нового социально-экономического кризиса.

Первый этап характеризовался более активным ростом социальной сферы и экономики в субъектах Урала и Поволжья (Челябинская область, Пермский край, Курганская область, Свердловская область, Республика Татарстан, Ульяновская и Пензенская области). Среди лидеров оказались субъекты, в которых отмечался рост производства в добывающих видах деятельности (добыча нефти и природного газа) – Сахалинская область и Ненецкий АО. За счет эффективного использования региональных факторов (выгодное экономико-географическое положение относительно федерального центра) и качества управления развитие получили Калужская область и Белгородская область, а за счет поддержки федерального бюджета – Республика Чечня. Среди главных аутсайдеров оказались северные и дальневосточные субъекты – Тюменская и Омская области, Республика Якутия и Чукотский АО; и приграничные Западные субъекты – Псковская и Смоленская области; депрессивные субъекты – Калмыкия и Карачаево-Черкессия. Данное падение было вызвано падением качества управления этими субъектами, сокращением доходной части регионального бюджета из-за перерегистрации крупных компаний в Москве. Большие отличия по годам заключаются лишь в том, что в 2006 г. было небольшое число субъектов, где отмечался рост коэффициента, а в 2008 г. их стало гораздо больше, что характерно перед наступлением социально-экономического кризиса.

В кризисном этапе (2008–2011 гг.) отмечено, что наибольшее снижение коэффи-

циента происходило в нефтедобывающем Ханты-Мансийском АО, промышленных регионах Урала или других субъектах с развитой металлургией (сталелитейное производство) – прежде всего в Вологодской и Липецкой областях. Причиной стало снижение мировых цен на минеральное сырье (в том числе нефтегазовое), а также падение спроса на черные металлы в машиностроительных и строительных компаниях за рубежом.

Снижение коэффициента отмечалось в депрессивных субъектах – Республиках Калмыкия и Карачаево-Черкессия. Наименее позитивная ситуация была в субъектах Дальнего Востока, а также в Северном (Мурманская область, Республика Коми, Ямало-Ненецкий АО) и Северо-Западном регионе (Санкт-Петербург, Ленинградская и Новгородская области). За счет выгодного географического положения и других региональных факторов, высокого качества управления высокие темпы развития отмечались в Калужской области. В 2009 г. был характерен наибольший рост значений коэффициента в подавляющем большинстве субъектов страны. Исключением стал Урал, где большинство субъектов, прежде всего с преобладанием обрабатывающей промышленности, показали снижение этого показателя. В 2010 и 2011 гг. стала восстанавливаться после кризиса социальная сфера и экономика большинства субъектов страны с обрабатывающей промышленностью. Рост показателя в 2011 г. был характерен прежде всего для центральной части России и большинства субъектов Дальнего Востока.

На этапе 2011–2014 гг. отмечалась негативная динамика значений коэффициента в большинстве субъектов страны. Рост в основном происходил в северной части Европейской России и полосой на юг до регионов центрального Черноземья, которые стали лидерами по динамике данного коэффициента – Курская, Воронежская, Липецкая, Тамбовская области. Также лидерами были регионы нефтедобывающего роста (Сахалинская область и Ненецкий АО), Калининградская область и Чеченская республика. Главными аутсайдерами стали Кемеровская область, Республика Алтай, Еврейская АО и Чукотский АО. Для субъектов с преобладанием промышленных видов деятельности (прежде всего, обрабатывающая промышленность) динамика коэффициента была более отрицательна, чем для субъектов с экономикой ресурсного типа (добыча полезных ископаемых). В целом 2012 г. характеризовался практически повсеместным ростом

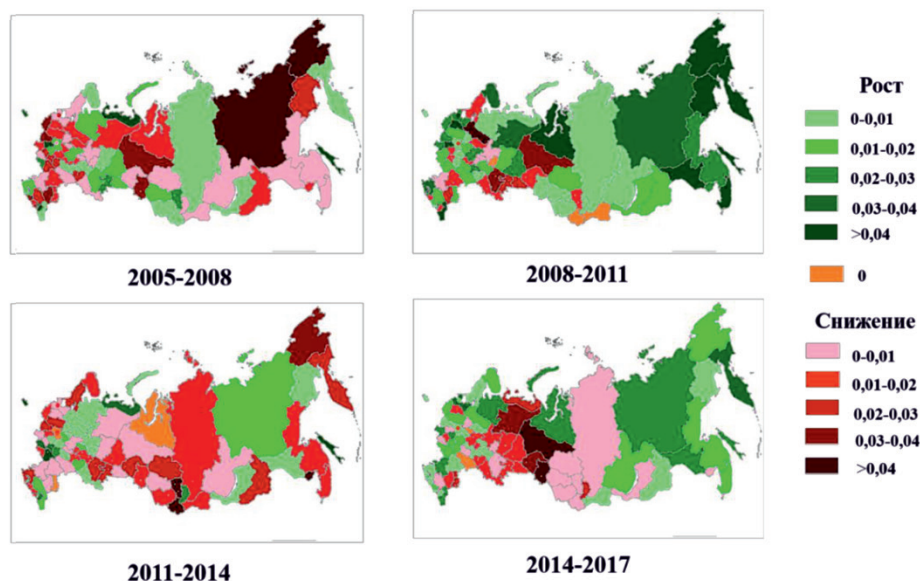
коэффициента всем субъектам, однако уже в 2013 и 2014 гг. наоборот – в подавляющем числе субъектов отмечается снижение значений коэффициента.

Новый кризисный этап (2014-2017 гг.) характеризуется снижением значения коэффициента у промышленных субъектов Урала и Сибири. Наибольший рост показателя наблюдается прежде всего на Дальнем Востоке и значительной части европейских субъектов страны. В 2017 г. продолжилось снижение показателя коэффициента практически по всем субъектам, что свидетельствует о негативной стабилизации социально-экономической сферы после кризиса (его прохождение). По нашему мнению, следует ожидать роста значения показателей коэффициента, несмотря на отрицательные и слабopоложительные динамики показателей по итогам года (рисунок).

В целом можно отметить четкую взаимосвязь между экономической структурой регионов и динамикой коэффициента по определенным этапам. В кризисные годы промышленные регионы показывают более сильное снижение показателей по отношению к другим субъектам вследствие падения цен на сырье и продукции машиностроительного комплекса. Другим примером может стать увеличение значения коэффициента в сельскохозяйственных регионах Черноземья в последние рассматриваемые годы за счет действия программы импортозамещения. Влияет на коэффициент и каче-

ство местного управления в регионах. Примером может служить Калужская область.

Среди регионов необходимо отметить, что их изменение в социально-экономическом развитии происходило в основном в 2000-х гг., а кризис произошедший в конце 2000-х гг. установил нынешний уровень значений рассчитанного коэффициента, которые слабо изменяются после этого кризиса. Наилучшим образом положительные изменения коэффициента произошли за рассматриваемый период в субъектах Дальнего Востока, которые по отношению к субъектам европейской части страны, Урала и Сибири в кризисные периоды смотрятся как субъекты, которые кризисные явления затрагивают менее всего. Причина – сравнительно обособленное развитие субъектов, слабое развитие экономических связей с федеральным центром; благоприятное экономико-географическое и транспортно-географическое положение относительно динамично развивающихся стран Азиатско-Тихоокеанского региона. Более сложная обстановка сложилась в промышленных субъектах Урала и Поволжья, которые показывают замедление развития по сравнению с большинством субъектов по стране. Кризисные субъекты, в которых сложилась депрессивная экономика и низкий уровень развития социальной сферы, остаются в своих минимальных значениях коэффициента или проседают еще больше по отношению к другим субъектам страны [14].



Динамика рассчитанного коэффициента соотношения социально-экономических показателей по субъектам Российской Федерации

Заключение

В статье предложен коэффициент для оценки роли факторов формирования неравенства между субъектами по уровням социально-экономического развития. Предложенный коэффициент учитывает общероссийские (и общемировые) тенденции и региональные особенности развития экономики субъекта, их динамику, под воздействием совокупности экономико-географических факторов.

Основными факторами, влияющими на динамику значения коэффициента, являются:

Качество управления – оно зависит прежде всего от уровня компетентности или профессионализма как со стороны местных (региональных) властей, так и со стороны федерального центра по отношению к региону, проводимой к нему социально-экономической политикой. Это могут быть, например, инвестиции со стороны федерального бюджета для проведения каких-либо мероприятий и связанного с этим осуществления инвестиционных проектов, введении льготных режимов или отдельных постановлений, связанных со стимулированием социально-экономических процессов в субъекте. По сути данный фактор оказывает ключевое влияние на все остальные географические факторы.

Специализация регионов является наиболее важным фактором развития регионов. Так, регионы с самыми высокими показателями обладают значительной долей добывающей промышленности (прежде всего нефтегазовой) в ВРП. А регионы с высокой долей обрабатывающей промышленности также отличаются более высокими значениями коэффициента. Но для этих субъектов характерно снижение коэффициента за рассматриваемый период. В регионах, где значительно возросла доля обрабатывающей промышленности, произошел рост этого коэффициента. По сути развитие обрабатывающей промышленности влечет за собой и развитие субъекта в целом.

Экономико-географическое и транспортно-географическое положение – примером служит Дальний Восток, который имеет рост коэффициента за счет экономических связей и активного товарооборота со странами Азиатско-Тихоокеанского региона, прежде всего Китая.

Историческое развитие (накопленный производственный и демографический потенциалы) – это главным образом связано со становлением специализации субъек-

та на обрабатывающей промышленности, которую можно рассматривать как фактор развития региона в настоящем и будущем. Данный фактор в большей степени проявляется в староосвоенных европейских субъектах страны. Субъекты Сибири и Дальнего Востока относятся к регионам нового освоения, поэтому здесь высокая доля добывающей промышленности.

Агломерационный эффект оказывает положительное влияние на значение коэффициента в субъектах с высокой численностью городского населения, наличием городов-миллионеров. Например, Москва и Санкт-Петербург, а также субъекты, попавшие под влияние агломерационного эффекта от этих городов – Московская и Ленинградская области. При этом субъекты с высокими показателями доли сельского населения, где отсутствуют крупные города и преимущественно развиты сельскохозяйственных виды деятельности, имеют более низкие показатели коэффициента.

Отмечается прямая взаимосвязь между значением коэффициента и величиной валового регионального продукта (ВРП) на человека в субъекте. Субъекты – лидеры и аутсайдеры по размерам ВРП сходны с лидерами и аутсайдерами по рассматриваемому коэффициенту. Субъекты с положительной динамикой ВРП имеют также рост коэффициента, а субъекты с низкой или негативной динамикой ВРП отличаются снижением значений коэффициента.

Такая же тенденция прослеживается и с регионами с довольно развитой промышленностью в структуре ВРП. Особенно это касается добычи полезных ископаемых в отличие от обрабатывающих производств. Главная зависимость идет прежде всего от вида добываемых ресурсов – это прежде всего нефть и газ. На развитие региона они оказывают сильное влияние если добываются в большом объеме (в том числе на душу населения). Обрабатывающая промышленность имеет не столь большое влияние на сам коэффициент, но динамика его производства может подтолкнуть к росту рассматриваемого коэффициента.

Рассчитанный коэффициент соотношения социально-экономических показателей показывает, насколько различаются субъекты между собой по уровню социально-экономического развития. Подсчеты показали, что лидерами, прежде всего, являются субъекты, где ведущим видом деятельности является добывающая промышленность (прежде всего нефтегазовая), а также если

в субъекте имеются города федерального подчинения – Москва и Санкт-Петербург. Большинство субъектов (почти 70%) имеет схожие значения показателя коэффициента: 0,200–0,300. Аутсайдерами в основном являются субъекты с депрессивной экономикой (Республики Ингушетия, Чечня, Калмыкия, Тыва и др.).

Динамика показателя выявила, что он сильно зависит от социально-экономических колебаний в стране. Например, общемировой кризис конца 2000-х гг., в результате которого одна часть субъектов улучшила свои показатели, а другие более развитые субъекты показали снижение (кризис затронул сильнее всего наиболее развитые регионы). После этого кризиса часть субъектов не смогла вернуть былые более высокие показатели. А кризис, начавшийся в 2014 г., повторил по динамике коэффициента в регионах сценарии 2009 г. В других случаях динамика показателя зависит также от качества управления регионом или резких колебаний поступления инвестиций. Особо стоит отметить, что наиболее значительные изменения данного коэффициента в субъектах происходят в большинстве случаев не плавно, а резко в течение 1–3 лет из всего рассматриваемого периода 2005–2017 гг.

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).

Список литературы / References

1. Бакланов П.Я. Географические и геополитические факторы в региональном развитии // Региональные исследования. 2014. № 2. С. 4–10.
2. Бакланов П.Я. Geographic and Geopolitical factors in Regional Development // Regional'nyye issledovaniya. 2014. № 2. P. 4–10 (in Russian).
3. Бакланов П.Я. Территориальные структуры хозяйства в региональном управлении. М.: Наука, 2007. 237 с.
4. Бакланов П.Я. Territorial structures of the Economy in Regional Management. M.: Nauka, 2007. 237 p. (in Russian).
5. Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX и XXI веков в 3 т. Том 3. Территориальные социально-экономические системы / Под общ. ред. П. Я. Бакланова. Владивосток: Дальнаука, 2012. 364 с.
6. Geosystems of the Russian Far East at the Turn of the 20th and 21st centuries in 3 volumes. Volume 3. Territorial Socio-economic Systems / Pod obshch. red. P.Ya. Baklanova. Vladivostok: Dal'nauka, 2012. 364 p. (in Russian).
7. Земцов С.П., Бабури В.Л. Оценка потенциала экономико-географического положения регионов России // Экономика региона. 2016. Т. 12. № 1. С. 117–138. DOI: 10.17059/2016-1-9.
8. Zemtsov S.P., Baburin V.L. Assessing the Potential of Economic-Geographical Position for Russian Regions // Ekonomika regiona. 2016. V. 12. № 1. P. 117–138 (in Russian).
9. Романов М.Т. Территориальная организация хозяйства слабоосвоенных регионов России. Владивосток: Дальнаука, 2009. 317 с.
10. Romanov M.T. Territorial organization of the economy of poorly developed regions of Russia. Vladivostok: Dal'nauka, 2009. 317 p. (in Russian).
11. Мошков А.В. Структурные сдвиги в промышленном производстве Тихоокеанских регионов России // Ученые записки Государственного Забайкальского университета. 2015. № 1. С. 98–106.
12. Moshkov A.V. Structural Shifts in the Industrial production of the Pacific regions of Russia // Uchenyye zapiski Gosudarstvennogo Zabaykal'skogo universiteta. 2015. № 1. P. 98–106 (in Russian).
13. Мошков А.В. Структурные изменения в территориально-производственных системах промышленности региона // Проблемы современной экономики. 2014. № 2. С. 251–254.
14. Moshkov A.V. Structural shifts in the territorial-production systems of industry in the region // Problemy sovremennoy ekonomiki. 2014. № 2. P. 251–254 (in Russian).
15. Горяченко Е.Е., Мосиенко Н.Л., Демчук Н.В. Городские агломерации Сибири: предпосылки формирования и барьеры развития // Регион: экономика и социология. 2011. № 3. С. 94–112.
16. Goryachenko Ye.Ye., Mosiyenko N.L., Demchuk N.V. Siberian urban agglomerations: preconditions to the formations and barriers to their development // Region: ekonomika i sotsiologiya. 2011. № 3. P. 94–112 (in Russian).
17. Кузнецова О.В. Типология факторов социально-экономического развития регионов России // Вестник Московского университета Серия 5. География. 2014. № 2. С. 3–8.
18. Kuznetsova O.V. Typology of factors of socio-economic development of Russian regions // Vestnik Moskovskogo universiteta Seriya 5. Geografiya. 2014. № 2. P. 3–8 (in Russian).
19. Кузнецова О.В. Региональная политика России: дискуссионные вопросы современного этапа развития // Региональные исследования. 2016. № 4. С. 10–16.
20. Kuznetsova O.V. Regional policy of Russia: debatable issues of the modern stage of development // Regional'nyye issledovaniya. 2016. № 4. P. 10–16 (in Russian).
21. Мошков А.В. Структурные изменения в региональных территориально-отраслевых системах промышленности Российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2008. 266 с.
22. Moshkov A.V. Structural changes in regional territorial-sectoral industrial systems of the Russian Far East. Vladivostok: Dal'nauka, 2008. 266 p. (in Russian).
23. Социально-экономическая география в России / под общ. ред. П.Я. Бакланова, В.Е. Шувалова. Русское географическое общество. Владивосток: Дальнаука, 2016. 326 с.
24. Socio-economic geography in Russia / pod obshch. red. P.Ya. Baklanova, V.Ye. Shuvalova. Russkoye geograficheskoye obshchestvo. Vladivostok: Dal'nauka, 2016. 326 p. (in Russian).
25. Тихоокеанская Россия: страницы, прошлого, настоящего, будущего / отв. ред. П.Я. Бакланов. Владивосток: Дальнаука, 2012. 406 с.
26. Pacific Russia: pages of the past, present, future / otv. red. P.Ya. Baklanov. Vladivostok: Dal'nauka, 2012. 406 p. (in Russian).
27. Ушаков Е.А. Сравнение социально-экономического положения субъектов Российской Федерации // Географические исследования Сибири и сопредельных территорий: материалы Международной географической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика Владимира Васильевича Воробьева. Иркутск: ИГ СО РАН, 2019. С. 238–240.
28. Ushakov E.A. Comparison of the socio-economic situation of the constituent entities of the Russian Federation // Geograficheskiye issledovaniya Sibiri i sopredel'nykh territorii: materialy Mezhdunarodnoy geograficheskoy konferentsii, posvyashchennoy 90-letiyu so dnya rozhdeniya akademika Vladimira Vasil'yevicha Vorobyeva. Irkutsk: IG SO RAN, 2019. P. 238–240 (in Russian).

УДК 911.37(470.341)

ИЗУЧЕНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ МАЯТНИКОВОЙ МИГРАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Шевченко И.А., ¹Давыдова Ю.В., ¹Замашкина О.В., ¹Зарубина Н.В.,
²Лябина А.Н., ²Бикмаева А.В.

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени К. Минина», Нижний Новгород, e-mail: irina-dzr52@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ», Дзержинский филиал, Москва

В статье рассмотрена актуальная проблема выявления особенности демографических аспектов маятниковой миграции населения Нижегородской области. Постоянный приток социально активного населения в пригородную зону Нижнего Новгорода, а также развитие транспортной и инженерной инфраструктур областного центра приводили к тому, что не всегда новые специализированные участки и филиалы промышленного комплекса Нижнего Новгорода строились в тех городах, где это считалось целесообразным. Многие хозяйственные объекты размещаются вблизи городской черты, стимулируя здесь ускоренный рост и агломерацию поселений. Развитие такого процесса стимулирует маятниковую миграцию сельского населения и дополняет ее все возрастающими потоками межгородских маятниковых передвижений. Благодаря развитию маятниковой миграции часть необходимой городам рабочей силы привлекается из окружающей городских и сельских поселений. Особенно велико ее значение для социально-экономического развития такого города, как Нижний Новгород. Здесь маятниковая миграция выполняет двойную роль: с одной стороны, она регулирует рост численности населения этого города; с другой – пополняет недостающие трудовые ресурсы. Маятниковая миграция охватывает все более значительные слои населения, возрастает ее роль в жизни общества. Сделана попытка изучения маятниковой миграции как современной черты сельского образа жизни. Нашли свое дальнейшее развитие социальные аспекты в изучении маятниковой миграции населения. Процессы формирования новых центров социально-экономического развития области и становления агломерации в окружении Нижнего Новгорода развиваются одновременно. Материалы статьи представляют практическую ценность, поскольку дальнейшее развитие маятниковой миграции во многом зависит от того, какому из этих процессов будет отдано предпочтение в перспективной организации территориально-хозяйственного комплекса города.

Ключевые слова: демография, миграция, маятниковая миграция, социальный портрет, маятниковый мигрант, образ жизни, население

THE STUDY OF DEMOGRAPHIC ASPECTS OF CIRCULAR MIGRATION OF THE POPULATION OF NIZHNY NOVGOROD REGION

¹Shevchenko I.A., ¹Davydova Yu.V., ¹Zamashkina O.V., ¹Zarubina N.V.,
²Lyabina A.N., ²Bikmaeva A.V.

¹Nizhny Novgorod State Pedagogical University named after K. Minin,
Nizhny Novgorod, e-mail: irina-dzr52@mail.ru;

²The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow

The article deals with the actual problem of identifying the features of demographic aspects of the pendulum migration of the population of the Nizhny Novgorod region. The constant influx of socially active population in the suburban area of Nizhny Novgorod, as well as the development of transport and engineering infrastructure of the regional center led to the fact that not always new specialized sites and branches of the industrial complex of Nizhny Novgorod were built in those cities where it was considered appropriate. Many economic facilities are located near the city limits, stimulating the accelerated growth and agglomeration of settlements. The development of such a process stimulates the pendulum migration of the rural population and complements it with increasing flows between urban pendulum movements. Thanks to the development of pendulum migration, part of the labor force needed by cities is attracted from the surrounding urban and rural settlements. As a source of labor, pendulum migration does not directly lead to the growth of the city's population. Especially great is its importance for the socio-economic development of such a city as Nizhny Novgorod. Here, pendulum migration plays a dual role: on the one hand, it regulates the growth of the population of this city; on the other, it replenishes the undersupplied labor resources. Pendulum migration covers more and more significant segments of the population, its role in the life of society increases. An attempt is made to study pendulum migration as a modern feature of rural lifestyle. Social aspects found their further development in the study of pendulum migration of the population. The processes of formation of new centers of socio-economic development of the region and the formation of agglomeration in the environment of Nizhny Novgorod are developing simultaneously. The materials of the article are of practical value, since the further development of pendulum migration largely depends on which of these processes will be preferred in the perspective organization of the territorial and economic complex of the city.

Keywords: demographics, migration, pendulum migration, social portrait, pendulum migrant, lifestyle, population

Закономерное ограничение роста крупнейших городских агломераций вызывает привлечение трудовых ресурсов из пригородной зоны через маятниковые миграции,

или поездки. В этих поездках участвуют не только жители городов и поселков городского типа, но и жители сельских поселений, расположенных близ транспортных

магистралей, надежно связывающих ядро агломерации с периферийными участками. Как правило, удельный вес маятниковых мигрантов в пригородных сельских поселениях ниже, чем в городских поселениях, поскольку часть трудоспособного населения сел продолжает заниматься сельским хозяйством. Тем не менее трудовые поездки достаточно значительны, чтобы заниматься изучением их структуры, взаимодействия с демографической ситуацией и условиями их развития [1].

Цель исследования: выявление особенности демографических аспектов маятниковой миграции населения Нижегородской области. Постоянный приток социально активного населения в пригородную зону Нижнего Новгорода, а также развитие транспортной и инженерной инфраструктур областного центра приводили к тому, что не всегда новые специализированные участки и филиалы промышленного комплекса Нижнего Новгорода строились в тех городах, где это считалось целесообразным. Многие хозяйственные объекты размещаются вблизи городской черты, стимулируя здесь ускоренный рост и агломерацию поселений. Развитие такого процесса стимулирует маятниковую миграцию сельского населения и дополняет ее все возрастающими потоками межгородских маятниковых передвижений. Благодаря развитию маятниковой миграции часть необходимой городам рабочей силы привлекается из окружающих городских и сельских поселений. Особенно велико ее значение для социально-экономического развития такого города, как Нижний Новгород, здесь маятниковая миграция выполняет двойную роль: с одной стороны, она регулирует рост численности населения этого города; с другой – пополняет недостающие трудовые ресурсы.

Материалы и методы исследования

В процессе исследования нами были рассмотрены миграционные процессы Нижегородской области. Методы исследования: анализ литературы; картографический; описательный; геоинформационный; статистический; географического районирования. Наибольшее влияние на интенсивность трудовой маятниковой миграции оказывает величина городских поселений, уровень индустриального развития, их транспортная и временная доступность. Каков же социальный портрет маятникового мигранта? В числе работающих в городах, как отмечено ранее, основную массу

представляют женщины (57%). Это объясняется особыми условиями женского труда в сельском хозяйстве, строительстве и промышленности на селе [2]. Социология установили четкую закономерность, что именно неудовлетворительные условия труда на местах проживания вынуждают женщин работать в городах. По мере роста на селе рабочих мест с удовлетворительными условиями труда удельный вес женщин в числе работающих в городах должен сокращаться. Так оно и происходит фактически. Об этом свидетельствует сокращение удельного веса женщин-мигрантов с 65% до 57%. За последние годы произошли прогрессивные изменения в квалифицированно-должностной и профессионально-отраслевой структурах сельских работников, главным образом женщин [3].

Для маятниковых мигрантов, как мужчин, так и женщин, характерно преобладание молодежи по сравнению с другими работниками (17–30 лет). Следовательно, город притягивает к себе дефицитную на селе квалифицированную рабочую силу, поскольку уровень образования молодежи выше. В самом деле, среди сельских жителей, работающих в городах, каждый десятый имеет высшее или среднее специальное образование, каждый третий окончил курсы повышения квалификации или был подготовлен по новой профессии, каждый пятый закончил техникум или колледж. В числе маятниковых мигрантов лиц с полным средним общим образованием в 2 раза больше, чем среди работающих на селе. Поскольку в городах работают и люди старших возрастов, среди них есть работники с неполным общим средним образованием (почти половина всех мужчин) и даже с начальным (7% всех работающих в городах). Среди работающих в городах выделяется группа мужчин 40–47 лет и женщин первого пятилетия после пенсионного возраста. Уровень образования маятниковых мигрантов позволяет им работать по самым разнообразным специальностям [4].

Результаты исследования и их обсуждение

В результате выборочного обследования маятниковых мигрантов Нижегородской области были получены следующие результаты. Во-первых, бросается в глаза, что маятниковые мигранты занимают рабочие места всех рангов. Однако в их числе в 2 раза меньше руководителей и специалистов и в 3 раза больше служащих-неспециали-

стов, чем у работающих на селе. Во-вторых, за пять лет в их социальном статусе, как и в составе всех работающих на селе, произошли существенные сдвиги в сторону сокращения занятых неквалифицированным трудом и увеличения удельного веса служащих-неспециалистов. Небольшой удельный вес высококвалифицированных работников среди мигрантов – результат проводимой работы на селе по дополнительному стимулированию дефицитного труда специалистов непосредственно в сельском хозяйстве (введение ряда льгот и привилегий).

Исследование маятниковых мигрантов по отраслям народного хозяйства Нижегород в последние годы показало, что среди приезжающих преобладают мигранты, занятые в отраслях материального производства (79%). При этом почти половина маятниковых мигрантов (45%) занята в промышленности. В числе трудовых маятниковых мигрантов преобладают рабочие промышленности, строительства, работники просвещения, здравоохранения, а также работники учетно-плановых профессий. Спектр промышленных и строительных профессий весьма широк. Маятниковые мигранты работают электриками, электромонтерами, станочниками, штамповщиками, кузнецами, слесарями, малярами, штукатурами, столярами, плотниками, т.е. по тем профессиям, которые в перспективе должны занимать прочное место на селе по мере индустриализации сельского хозяйства и развертывания строительства предприятий и учреждений по обслуживанию населения [5]. Особенно велика доля мигрантов в промышленности деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной, строительных материалов, химической, машиностроения и металлообработке.

Сельские мигранты имеют и другие социальные характеристики. Поскольку это прежде всего молодежь, то среди них больше одиночек, чем у работающих на селе (18 против 11%). В семьях, работающих в городах, меньше число детей. Малодетность семей, работающих в городах, может быть фактором, позволяющим мигрантам работать в городах, поскольку у них больше свободного времени, чем у многодетных семей. Частично «погружение» в городскую образ жизни, расширение круга потребностей и возможностей их удовлетворения, в том числе и повышенный уровень образования, отодвигают удовлетворение потребности в детях на второй план.

Социологами отмечено, что тесно связаны между собой такие черты индивида, как уровень образования и стремление повышать его: чем выше уровень образования, тем больше желание учиться дальше. Более высокая образовательная подготовка работающих в городах и в этом случае сочетается с большим удельным весом среди мигрантов, совмещающих работу с учебой (удельный вес этой категории работающих в городах выше в 2 раза и более по сравнению с работающими на селе). То обстоятельство, что одна треть учащихся из числа работающих в городах – это студенты заочных и вечерних высших и средних специальных учебных заведений, а еще одна треть из числа учащихся в городах намерена повысить свое образование в этих учебных заведениях, – еще одно свидетельство предпочтения маятниковыми мигрантами того социального блага, которого почти нет на селе. Отсюда социальная обусловленность маятниковой миграции в городах. Удовлетворить запросы сельской молодежи в среднем специальном и высшем образовании можно путем дальнейшего расширения заочного образования в вузах, техникумах и колледжах, организации консультативных и подготовительных курсов на селе, проведения выездных сессий в сельских районных центрах. Необходимо также расширить номенклатуру специальностей в колледжах и техникумах [6]. Дело в том, что в перспективе потребностей сельских предприятий в специалистах несельскохозяйственного профиля, особенно в сфере обслуживания населения, резко возрастут. Частичная подготовка их на селе может способствовать закреплению кадров.

Семьи маятниковых мигрантов, работающих в городах, характеризуются большим удельным весом не имеющих личного подсобного хозяйства: он в 3 раза больше, чем у работающих на селе. Правда, эта черта хозяйства вообще свойственна жителям пригородных поселений, поскольку среди них не так уж много работников, связанных с сельским хозяйством. Семьи маятниковых мигрантов в подавляющей части несельскохозяйственные. По данным выборочного обследования доля занятых в сельском хозяйстве во всем общественном хозяйстве пригородных поселений в области составила немного более одной пятой. Таким образом, для работающих в городах жителей пригородных поселений в целом характерно отсутствие личного подсобного хозяйства. Как оценить это явление? В условиях недо-

статочного снабжения населения сел продуктами через торговую сеть всем жителям села целесообразно иметь подсобное хозяйство. К сожалению, многие сельские жители, особенно те, кто имеет высокий уровень образования и более широкий набор потребностей, предпочитают его не иметь. Более того, в отдельных случаях необходимость ведения подсобного хозяйства может послужить мотивом маятниковой миграции из села в город, что видно из таблицы, в которой приведена структура мотивов потенциальной маятниковой миграции.

По-видимому, для жителей сельских поселений ведение личного подсобного хозяйства за последние 10 лет стало нежелательным явлением, несмотря на снижение его трудоемкости, за счет помощи, оказываемой совхозами и колхозами. Особенно велика негативная оценка ведения подсобного сельского хозяйства у молодежи. Об этом свидетельствуют и данные бюджетов времени маятниковых мигрантов.

По структуре годового бюджета времени образ жизни маятникового мигранта – переходный от сельского к городскому. По сравнению с сельскими все работающие в городе маятниковые мигранты тратят на ведение личного подсобного хозяйства времени в 2 раза меньше. У маятникового мигранта на одну треть больше свободного времени, чем у сельского работника. Причем структура его прогрессивнее: они больше времени тратят на образование. Из-за того, что у них меньше детей и соответственно меньше затрат времени на уход за ними и воспитание, у работающих в городах сельских жителей

остается больше времени на отдых и развлечения. Тем не менее их общая трудовая нагрузка несколько превышает нагрузку работающих горожан. Режим рабочего дня сельских жителей, работающих в городах, устойчив: каждые 8 из 10 мигрантов работают 7–8 ч в день, в то время как треть сельских работников имеет неустойчивый режим рабочего дня [7].

Дальше мы сделаем попытку детального анализа трудовых связей одного из сел Нижегородской агломерации – Линды. Особенностью географического положения села является его расположение на пересечении железной дороги с автомобильными магистралями, ведущими в города Нижний Новгород, Бор, Семенов, Городец, северную часть Борского района и ближайшие селения. При изучении маятниковых мигрантов было охвачено обследованием около 90% всех выезжающих на работу в другие населенные пункты. В прошлом году маятниковые мигранты составляли около 50% всего трудоспособного населения. Преобладающее число маятниковых мигрантов направляется в города Нижегородской агломерации (90,1%), особенно в ее ядро. Это обусловлено обширностью и разнообразием сфер приложения труда, и удобством транспортного сообщения. После Нижнего Новгорода стоит Бор, но его относительная доля невелика. Совсем небольшой процент выезжающих приходится на Городец. Анализ стажа работы показал, что поездки городецкого направления сохранились с тех пор, когда Линда входила в Городецкий район и связи с ним были более активными.

Структура мотивов потенциальной маятниковой миграции сельских жителей
(% к совокупности всех ответов)

Мотивы	2008	2018
Неудовлетворенность сельским образом жизни или населенным пунктам в целом	13,0	6,0
Тяжелая и неинтересная работа	16,4	18,4
Низкая оплата труда	6,8	2,3
Отсутствие детских учреждений, школ, специальных учебных заведений	13,9	11,0
Желание жить с родственниками	5,5	10,2
Не удовлетворяют природно-климатические условия, по состоянию здоровья	5,1	8,1
Трудности с жильем и его благоустройством	5,6	7,8
Трудности ведения личного подсобного хозяйства	1,5	9,4
Плохая работа транспорта	0,4	3,0
Плохое снабжение	0,9	3,1
Неблагоприятный психологический климат: отсутствие анонимности, пьянство и другие	4,2	9,5
Недостатки в бытовом обслуживании	2,1	2,4
Плохое культурное обслуживание	2,5	2,7
Не дали определенного ответа	22,1	6,1

За вычетом дистанционных рабочих доля выезжающих в Семенов составляет 2 %, что объясняется ограниченностью спроса на рабочие руки и в какой-то мере положением на «полюсе», противоположном основному направлению выезда. Заметна доля выезжающих в сельскую местность. Но пункты выезда рассредоточены, в каждом из них работает, как правило, 1–2 человека. Анализ половой структуры маятниковых мигрантов показал, что в выезде преобладают мужчины, их на 13,2 % больше, чем женщин. Это связано с развитием в селе сферы обслуживания, которая в основном использует женскую рабочую силу, и большей привязанностью женщин к домашнему и подсобному хозяйству. Среди выезжающих в Нижний Новгород, Семенов и Городец превышение доли мужчин близко к средним показателям. Для выезжающих в сельскую местность и Городецкий леспромхоз характерно резкое преобладание мужчин (70 % и 90 % соответственно), поскольку в леспромхоз выезжают в основном лесорубы и шоферы, а в колхозы – механизаторы. Среди выезжающих в Борском направлении преобладают женщины, так как здесь загородники больше всего привлечены в сферу обслуживания. Превышение доли мужчин характерно не для всех возрастных групп. Оно наблюдается в возрастах старше 24 лет, за исключением 40–51 год, где преобладают женщины, и 51–53, где их доля одинакова. Снижение доли мужчин в младших возрастах, выезжающих обусловлено привлечением юношей для службы в армии и, вероятно, более длительной профессиональной подготовки, так как среди мужчин квалифицированных рабочих больше, чем среди женщин. В возрастах от 45 до 53 лет в селе наблюдается наиболее неблагоприятная половая структура, что отражается на структуре маятниковых мигрантов. Наиболее ярко выражен мужчин в возрасте 30–45 лет, поскольку многие женщины возрастной группы по семейным обстоятельствам вынуждены искать работу по месту жительства или не работать совсем. Оценка возрастного состава показывает, что самый незначительный объем выезжающих в возрасте 16–18 лет (0,6 %) и старше 60 лет (1,5 %). Представители младшей возрастной группы выезжают только в Нижний Новгород, старшей – в Нижний Новгород и на Бор. Почти половину выезжающих составляют люди средних возрастов, это в значительной мере определяет их образовательный и квалификационный состав.

Вторая по величине группа – младшая, но значительна доля и старших возрастов. Следовательно, в трудовые связи вовлечены все возрастные слои населения, и маятниковые миграции являются неотъемлемой частью социально-экономического облика Линды. В браке состоят 83 % выезжающих. Процент брачности зависит от пола и возраста. До 30 лет этот показатель у мужчин ниже, чем у женщин (соответственно 29 % и 59 % в возрасте до 25 лет и 85 % и 90 % в группе от 26 до 30 лет). От 30 до 36 лет доля состоящих в браке одинакова – около 98 %, от 36 до 50 лет разница наиболее значительна: семейные мужчины составляют 98 %, а женщины – 69 %.

Высокий процент брачности в возрастах с благоприятной половой структурой показывает, что маятниковые миграции не оказывают отрицательного влияния на эту сторону демографической ситуации.

Выводы

Таким образом, маятниковая миграция охватывает все более значительные слои населения, возрастает ее роль в жизни общества. Сделана попытка изучения маятниковой миграции как современной черты сельского образа жизни. Нашли свое дальнейшее развитие социальные аспекты в изучении маятниковой миграции населения. Процессы формирования новых центров социально-экономического развития области и становления агломерации в окружении Нижнего Новгорода развиваются одновременно. Дальнейшее развитие маятниковой миграции во многом зависит от того, какому из этих процессов будет отдано предпочтение в перспективной организации территориально-хозяйственного комплекса города.

Список литературы / References

1. Аракчеева О.В., Кривдина И.Ю. Миграции населения Нижегородской области // *Успехи современного естествознания*. 2018. № 12–2. С. 339–344.
2. Arakcheeva O.V., Krivdina I.Yu. Migration of the population of the Nizhny Novgorod region. // *Advances in current natural sciences*. 2018. № 12–2. P. 339–344 (in Russian).
3. Смирнова В.М. Маятниковые трудовые связи и семья / Под ред. Д.И. Валеттой. М.: Финансы и статистика, 1991. С. 62–70.
4. Smirnova V.M. Pendulum labor relations and family / Pod red. D.I. Valettoy. M.: Finansy i statistika, 1991. P. 62–70 (in Russian).
5. Михайлова Т.Е. Особенности маятниковой миграции в зонах влияния больших городов. М.: Веста, 2001. 247 с.
6. Mikhailova T.E. Characteristics of circular migration in the zones of influence of large cities. M.: Vesta, 2001. 247 p. (in Russian).
7. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2016 [Электронный ресурс] URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/B16_14p/Main.htm (дата обращения: 07.11.2019).

Region of Russia. Socio-economic indicators. 2016 [Electronic resource] URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/B16_14p/Main.htm (date of access: 07.11.2019) (in Russian).

5. Бикмаева А.В., Лябина А.Н., Пухарев А.С. Маятниковая миграция населения между крупными городами Нижегородской области // Орфановские чтения – 2018: Всероссийская научно-практическая конференция. Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина 14 декабря 2018. Н. Новгород, 2019. С. 53–58.

Bikmaeva A.V., Labina A.N., Pujari A.S. Pendular migration between the major cities of the Nizhny Novgorod region // Orfanovskiye chteniya – 2018: Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Nizhegorodskiy gosudarstvennyy pedagogicheskiy universitet imeni Koz'my Minina 14 dekabrya 2018. N. Novgorod, 2019. P. 53–58 (in Russian).

6. Смирнова Ж.В., Красикова О.Г. Современные средства и технологии оценивания результатов обучения.

Вестник Мининского университета. 2018. Т. 6 № 3. [Электронный ресурс]. URL: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/870> (дата обращения: 14.12.2019). DOI: 10.26795/2307-1281-2018-6-3-9.

Smirnova J.V., Krasikova O.G. Modern tools and techniques of assessment of learning outcomes. Vestnik Mininskogo universiteta. 2018. V. 6. № 3. [Electronic resource]. URL: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/870> (date of access: 14.12.2019) (in Russian).

7. Шевченко И.А., Соткина С.А., Голованова А.П., Макарова И.С., Бикмаева А.В. Маятниковая миграция сельского населения Нижегородской области // Успехи современного естествознания. 2019. № 1. С. 117–122.

Shevchenko I.A., Snatkina S.A., Golovanov A.P., Markarov I.S., Bikmaeva A. Circular migration of the rural population of the Nizhny Novgorod region // Advances in current natural sciences. 2019. № 1. P. 117–122 (in Russian).