

СОДЕРЖАНИЕ

География и экология

- Киреева М.Б., Илич В.П., Гончаров А.В., Богачев А.Н., Фролова Н.Л., Пахомова О.М., Соловьева В.В. Влияние маловодья 2007–2015 гг. в бассейне р. Дон на состояние водных экосистем 3
- Мухаметов С.С., Кондратьев С.И. Экстремальные значения гидрохимических параметров в водах Балаклавской бухты в феврале 2015 г. 14
- Казанцева Л.А., Сиппель А.Е. Экологическая и пожарная опасность полигона твердых бытовых отходов на территории Сорокинского района Тюменской области 22

Методы географических исследований

- Бобылев С.Н., Тикунов В.С., Черешня О.Ю. Уровень развития цифровой экономики в регионах России 27
- Халыков Е.Е. Применение методик лазерного сканирования и геоинформационных систем при изучении овражной эрозии (Казахстан) 36
- Зырянов А.И. Дробное районирование и площадное развитие туризма 44

Региональные исследования

- Безродных Ю.П., Янина Т.А., Сорокин В.М., Романюк Б.Ф. Строение осадочной толщи голоцена Северного Каспия как отражение изменений климата и уровня моря 52
- Гафуров А.М., Рысин И.И., Голосов В.Н., Григорьев И.И., Шарифуллин А.Г. Оценка современного роста вершин оврагов южного мегасклона Восточно-Европейской равнины с применением набора инструментальных методов 61
- Агибалов А.О., Сенцов А.А., Зайцев В.А. Отражение гранито-гнейсовых куполов Северного Приладожья в современном рельефе 72

50 лет Сатинской учебно-научной базе Географического факультета МГУ

- Казьмин М.А., Карпачевский А.М. Трансформация землепользования на Сатинском учебно-научном полигоне за 40 лет (1977–2017 гг.) 81
- Микляева И.М., Кадетов Н.Г., Сулова Е.Г., Вахнина О.В. Многолетняя динамика растительного покрова полигона Сатинской учебно-научной станции 89
- Косицкий А.Г., Лукьянова А.Н. Подземные водосборы малых водотоков Сатинского полигона (их размер и влияние на химический состав воды) 97

Краткие сообщения

- Алексеев А.И., Воробьев Н.И. Сколько сельских жителей в России зимой? 104

Юбилей

- 60-летие Сергея Анатольевича Добролюбова 108

C O N T E N T S

Geography and ecology

Kireeva M.B., Ilich V.P., Goncharov A.V., Bogachev A.N., Frolova N.L., Pakhomova O.M., Solovieva V.V. Influence of 2007–2015 extreme low-flow period in the Don River basin on water ecosystems	3
Mukhametov S.S., Kondratiev S.I. Extreme values of hydrochemical parameters in the Balaklava Bay water in February 2015	14
Kazantseva L.A., Sippel A.E. Environmental and fire danger of a solid waste landfill within the territory of the Sorokino raion (the Tyumen oblast)	22

Methods of geographical studies

Bobylev S.N., Tikunov V.S., Chereshnya O.Yu. The level of digital economy development in the regions of Russia	27
Khalykov E.E. Application of laser scanning methods and geof ormation systems for studying the gully erosion (Kazakhstan)	36
Zyrianov A.I. Districting and areal development of tourism	44

Regional studies

Bezrodnykh Yu.P., Yanina T.A., Sorokin V.M., Romanyuk B.F. Structure of the Holocene sedimentary series of the Northern Caspian Sea as a reflection of climate and sea level changes	52
Gafurov A.M., Rysin I.I., Golosov V.N., Grigoryev I.I., Sharifullin A.G. Estimation of the recent rate of gully head retreat on the southern macroslope of the East European Plain using a set of instrumental methods	61
Agibalov A.O., Sentsov A.A., Zaitsev V.A. Projection of granite-gneiss domes of the Northern Ladoga Lake region in modern relief	72

50 years of the Satino training and research station of the MSU Faculty of Geography

Kazmin M.A., Karpachevsky A.M. Transformation of land use within the Satino training station over 40 years (1977–2017)	81
Miklyaeva I.M., Kadetov N.G., Suslova E.G., Vakhnina O.V. Long-term dynamics of vegetation cover within the Satino training and research station area	89
Kositskiy A.G., Lukianova A.N. Underground catchments of small streams of the Satino training station area (their size and influence over the chemical composition of water)	97

Short communications

Alekseev A.I., Vorobiev M.I. How many rural residents are there in Russia in winter?	104
--	-----

Jubilee

To the 60th birthday of Sergey Anatolievich Dobrolyubov	108
---	-----

ГЕОГРАФИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 556.167.6: 639.3.03 (282.247.36)

М.Б. Киреева¹, В.П. Илич², А.В. Гончаров³, А.Н. Богачев⁴, Н.Л. Фролова⁵, О.М. Пахомова⁶, В.В. Соловьева⁷**ВЛИЯНИЕ МАЛОВОДЬЯ 2007–2015 гг. В БАССЕЙНЕ р. ДОН НА СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

Приведены результаты анализа пространственно-временной изменчивости различных характеристик маловодного периода 2007–2015 гг. Используются временные ряды годового и сезонного стока, гидробиологические данные о концентрации фитопланктона и численности молоди различных видов рыб. Сделаны выводы о роли маловодного периода в циклах колебаний стока в различных частях бассейна, перераспределении стока внутри года в течение периода экстремально низкой водности, об особенностях чередования лет с различной водностью внутри периода, увеличении обеспеченности речного стока от верховьев к низовьям бассейна. Выявлено существенное увеличение концентрации фитопланктона на Среднем Дону в годы пониженного стока. Для Цимлянского водохранилища показано сокращение воспроизводства большинства видов рыб, вызванное уменьшением площади нерестилищ в годы с низким уровнем воды.

Ключевые слова: сток воды, дефицит стока, маловодье, Дон, Цимлянское водохранилище, обеспеченность, концентрация фитопланктона, ихтиофауна, воспроизводящая способность, сеголеток.

Введение. Бассейн реки Дон занимает площадь 422 тыс. км², на которой в настоящий момент проживает около 29 млн человек. Река Дон и ее притоки являются основными источниками пресной воды для населения. Помимо этого, они играют ключевую роль в таких отраслях, как рыбное хозяйство, рекреация, водный транспорт, гидроэнергетика (Цимлянская ГЭС). В бассейне р. Дон на протяжении нескольких десятилетий происходит сокращение водного стока [Джамалов с соавт., 2013]. Особенно остро дефицит воды начал сказываться с 2007–2008 гг. Маловодье наносит вред хозяйству: водоснабжению, гидроэнергетике судоходству, рекреации [Никаноров, Брызгалов, Кондакова, 2012]. Кроме того, маловодье может привести к существенной трансформации водных экосистем. Можно предположить, что низкий уровень воды способствует эвтрофированию водных объектов, а также – уменьшению рыбных запасов.

Проблема сокращения рыбных запасов в бассейне р. Дон обсуждается давно [Воловик, Косолапов, 2009; Архипов, Яковлев, Болдырев, 2002; Хоружая, Яковлев, 2012]. В качестве причин называют загрязнение рек, строительство плотин, прегражда-

ющих проходным рыбам путь на нерест, нерациональный промысел, браконьерство [Фесенко, 1998; Архипов, 2000; Ратиев, 2003; Калюжная, Хоружая с соавт., 2015; Матишов с соавт., 2016]. В то же время мало внимания уделяется влиянию гидрологических факторов на жизнь рыб, а именно – наблюдаемому на Дону сильному сокращению стока в весеннее время. Снижение уровня воды в реках и водохранилищах весной приводит к тому, что существенно уменьшаются площади нерестилищ многих видов рыб и, следовательно, их воспроизводство, что неизбежно ведет к сокращению рыбных ресурсов, существенной трансформации всей ихтиофауны.

В данной статье особое внимание уделено некоторым аспектам влияния гидрологического фактора на гидробиологические показатели за короткий, но ярко выраженный период маловодья 2007–2015 гг. – на примере рыбного сообщества Цимлянского водохранилища. Для этого же периода рассмотрен вопрос эвтрофирования р. Дон выше Цимлянского водохранилища (ниже г. Воронеж).

Материал и методы исследований. Объектом исследования является бассейн реки Дон – крупней-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, м. н. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* kireeva_mb@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, бакалавр; *e-mail:* vladilich4@mail.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, вед. науч. с., канд. биол. н.; *e-mail:* gonch2@rambler.ru

⁴ Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Ростов-на-Дону, зам. директора, кандидат с.-х. н., доцент; *e-mail:* persyan@gmail.com

⁵ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, зав. кафедрой, проф., докт. геогр. н.; *e-mail:* frolova_nl@mail.ru

⁶ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* olpah@mail.ru

⁷ Институт биологии внутренних вод РАН им. И.Д. Папанова, науч. с.; *e-mail:* veravc2@gmail.com

шей водной артерии юга европейской территории России, зарегулированной в нижнем течении каскадом водохранилищ, крупнейшим из которых является Цимлянское. Для анализа использовались данные многолетних наблюдений на сети гидрологических станций и постов в бассейне Дона. По результатам прошлых исследований [Джамалов с соавт., 2013, 2015] были отобраны репрезентативные посты, расположенные в замыкающих створах крупных притоков, имеющие наиболее продолжительный период непрерывных наблюдений и обладающие условно-естественным водным режимом. В результате выбрано 14 постов (5 на Дону и 9 на притоках), (табл. 1, рис. 1). Для них были построены аналитические кривые обеспеченности годового стока по водохозяйственным годам, определены все маловодные годы и периоды, рассчитан дефицит воды маловодий как отношение разницы среднего стока за период маловодья и стока 50%-ой обеспеченности к стоку 50%-ой обеспеченности.

Для характеристики состояния рыб Цимлянского водохранилища использованы сведения ежегодно повторяющихся обловов молоди (сеголетков) рыб на основных нерестилищах водоема, проводившихся сотрудниками института рыбного хозяйства (ФГНУ ГосНИОРХ, Волгоградское отделение) в летние периоды 2003–2015 гг. Именно эти данные в наибольшей степени подходят для решения задачи: оценить влияние колебаний уровня воды в водохранилище на результативность нереста в данном году. Результаты промысловых уловов (за такой короткий промежуток времени – около 10 лет) не подхо-

дят, поскольку уловы данного года зависят от целого ряда условий (нереста, выживания, нагула рыб), складывавшихся в предыдущие годы. Рыба облавливалась волокушей; результат учета представлен как количество рыб, пойманных за один зачет волокуши.

Анализ фитопланктона основан на материалах полевых наблюдений. Пробы фитопланктона отбирались ежегодно в конце августа – начале сентября в четырех створах на участке р. Дон от пос. Шилово до пос. Сторожевого. Определяли состав, численность и биомассу водорослей. В данной работе использованы средние для всего участка реки значения.

Результаты исследований и их обсуждение.

Общее описание маловодного периода 2007–2015 гг. Колебания речного стока, как многих других природных процессов, часто имеют циклический характер. Свойство группировки лет повышенной и пониженной водности является характерной чертой стока рек, особенно в маловодный период года [Владимиров, 1976; Евстигнеев, 1990]. Цикличность стока по-разному проявляется в различных бассейнах европейской части России. Наиболее ярко она выражена в колебаниях стока с крупных водосборов, охватывающих наиболее южные территории европейской России – для замыкающих створов рек Дона и Урала, а также низовьев Волги. Для бассейна Дона циклы повышенной и пониженной водности носят ярко выраженный характер [Джамалов с соавт., 2015; Дмитриева, 2015, 2013] и имеют периодичность 11–15 лет. Особенно ярко цикличность стока стала проявляться в Донском бассейне после 1970-го года (рис. 2). Наблюдается синхронность колебаний стока в целом за год и за маловодные периоды года. При этом средняя продолжительность группировок с пониженным стоком составляет 3–5 лет.

Маловодный период 2007–2015 гг. в чем-то схож, а в чем-то отличается от предшествующих аналогичных маловодий. Данное экстремальное гидрологическое событие – далеко не единственное за исторический период гидрометеорологических наблюдений (рис. 3). Похожее маловодье наблюдалось в бассейне Дона в 1972–1977 гг.; тогда отклонение объема годового стока в среднем составляло 8,4 км³. В текущем маловодном периоде этот показатель равен 5,5 км³. Однако из-за рекордной продолжительности маловодных лет недополученный сток за 2007–2015 гг. составил рекордные 44,3 км³. В маловодный период 1972–1977 гг. дефицит составил 42 км³ (табл. 2).

Интересной особенностью маловодья 2007–2015 гг. явилась его пространственная неоднородность. Если проанализировать многолетние колебания водности в верхней, средней и нижней частях бассейна по створам, расположенным непосредственно на р. Дон, то станет видно, что на Верхнем Дону (рис. 3, А) в последние годы водность была близка к среднемуголетним показателям или даже превышала их. Здесь наиболее маловодными были 1973–1977 гг., объем дефицита составил 6,3 км³, а

Таблица 1

Створы, используемые при пространственном анализе маловодья

№	Река	Пост	Площадь водосбора, км ²
1	Дон	Задонск	31 100
2	Дон	Лиски	69 500
3	Дон	Беляевский	204 000
4	Дон	Казанская	102 000
5	Дон	Раздорская	378 000
6	Красивая Меча	Ефремов	3 240
7	Сосна	Елец	16 300
8	Воронеж	Липецк	15 300
9	Битюг	Бобров	7 650
10	Хопер	Бесплемяновский	44 900
11	Медведица	Арчединская	33 700
12	Иловля	Александровка	6 520
13	Чир	Обливская	8 540
14	Северский Донец	Белая Калитва	80 900

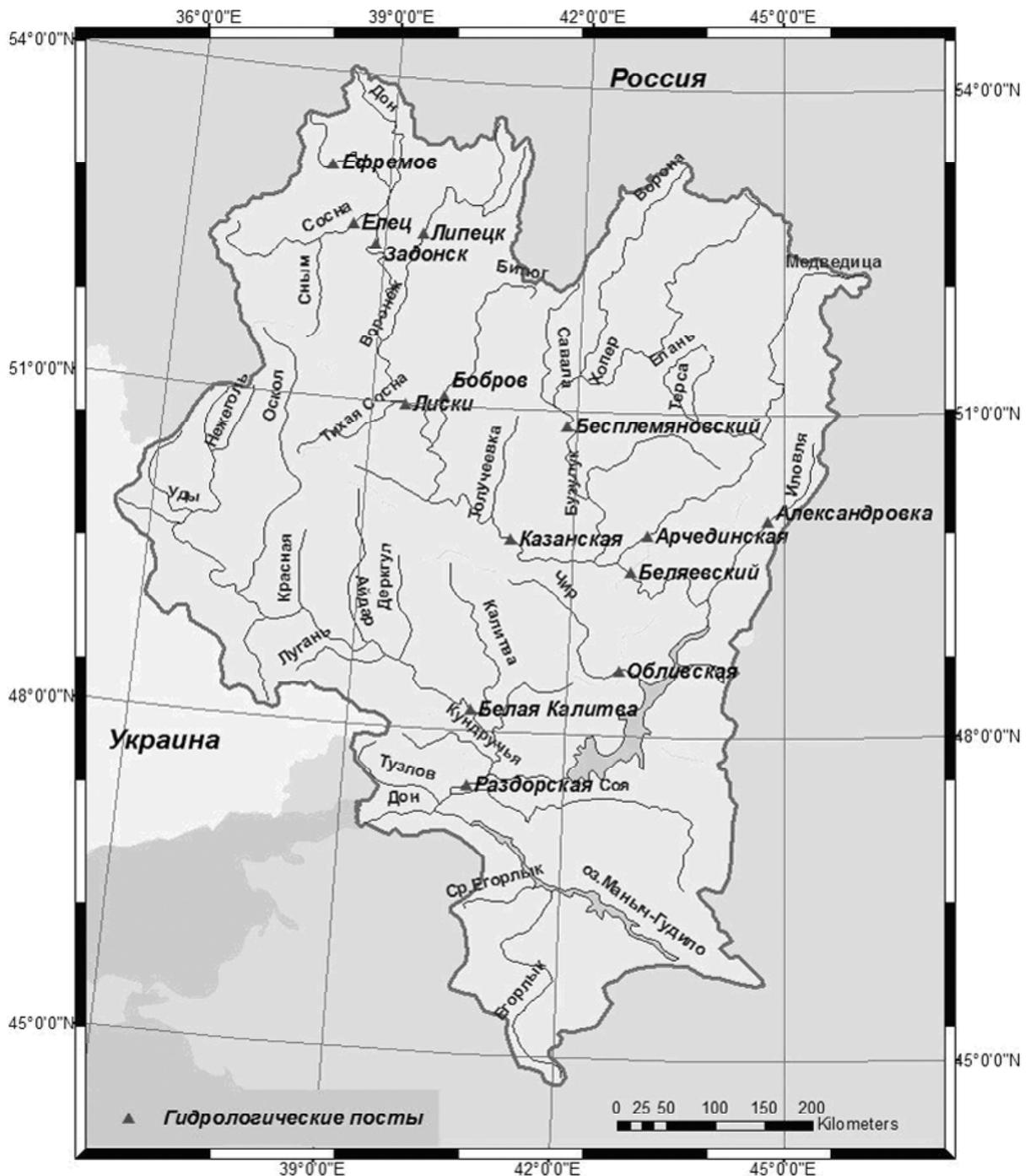


Рис. 1. Бассейн р. Дон и створы, используемые в исследовании
 Fig. 1. The Don River basin and the gauging stations used for the study

отклонение среднегодового объема стока от нормы – 1,6 км³. Последний маловодный период наблюдался здесь и в конце 1980-х – начале 1990-х гг., дефицит водных ресурсов составил тогда 5,1 км³. Для более детального анализа вклада различных частей бассейна и различных притоков в формирование дефицита воды в нижнем течении были построены карты обеспеченностей стока за отдельные годы и маловодный период 2007–2015 годов в целом.

Таким образом, для верховьев бассейна последнее десятилетие можно считать многоводным

(рис. 4). Особенно это характерно для р. Красивая Меча. Незначительно выше обеспеченности на Дону в створе г. Задонск. В бассейнах практически всех притоков наблюдается чередование лет относительно высокой и относительно низкой водности. Так, например, 2009, 2011, 2014 гг. явно выделяются среди других как наиболее маловодные во всех бассейнах. Обеспеченность стока в эти годы для большинства притоков Среднего и Нижнего Дона превышала 80%. Наиболее существенный вклад в формирование маловодного периода вносят лево-

Таблица 2

Характеристика маловодных периодов для г/п ст. Раздорская

Маловодный период, гг.	Длительность, лет	Среднегодовой объем стока за маловодный период	Отклонение от среднего стока	Недополученный сток за маловодный период
1938–1940	2	16,0	4,9	9,8
1949–1951	2	12,7	8,2	16,4
1972–1977	5	12,5	8,4	42,0
2007–2015	8	15,4	5,5	44,3

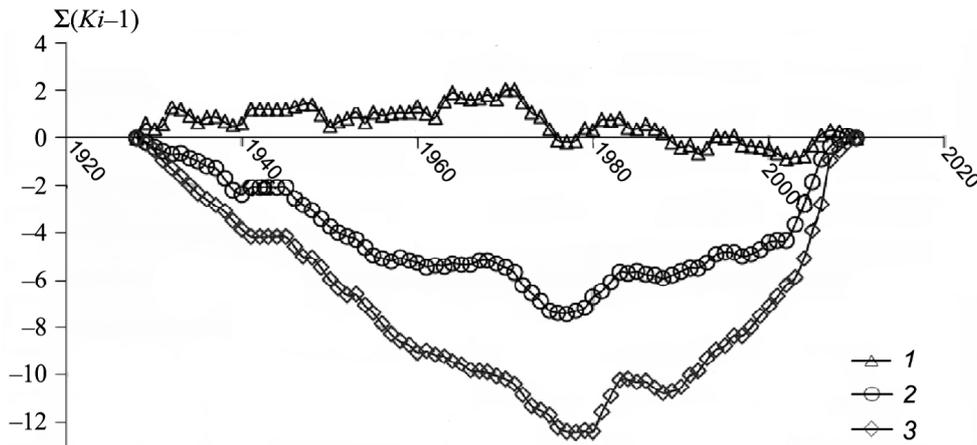


Рис. 2. Разностно-интегральная кривая р. Дон – ст. Казанская для годового (1), минимального месячного за летне-осенний (2) и зимний (3) период

Fig. 2. Integrative differential curve of the Don River – Kazanskaya St. for the annual (1) and minimum monthly during summer-autumn (2) and winter (3) periods

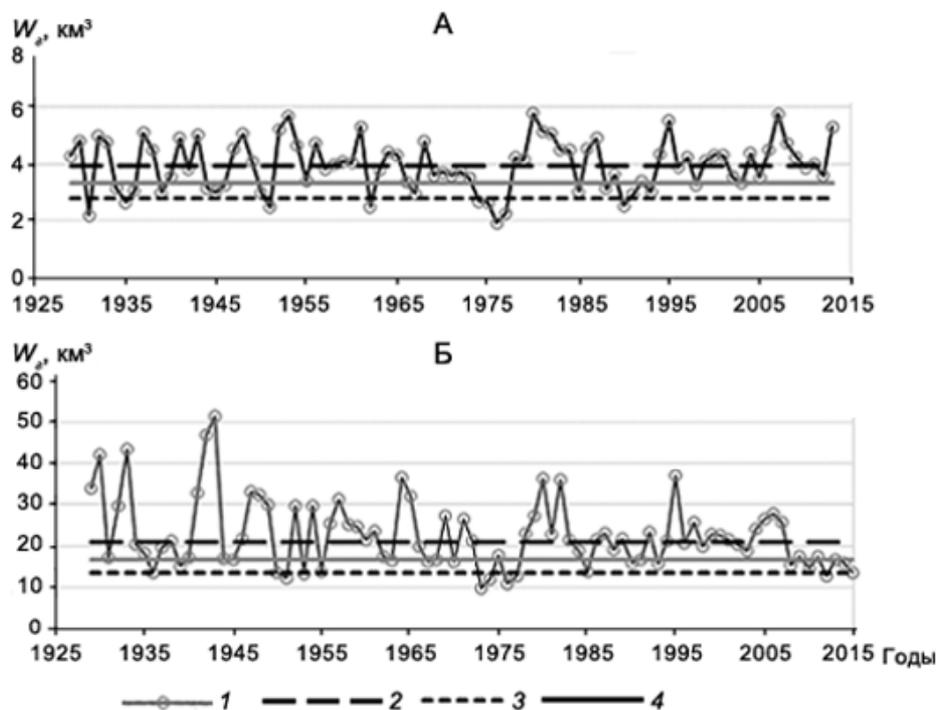


Рис. 3. Многолетние колебания объемов стока р. Дон (1) в сравнении с пороговыми значениями 90% (2), 75% (3) и 50% (4) обеспеченности в створах: А – г. Задонск, Б – ст. Раздорская

Fig. 3. Long-term variations of the Don River annual runoff (1) in comparison with the threshold values of 90% (2), 75% (3) and 50% (4) probability at the gauges: А – г. Zadonsk town, Б – ст. Razdorskaya

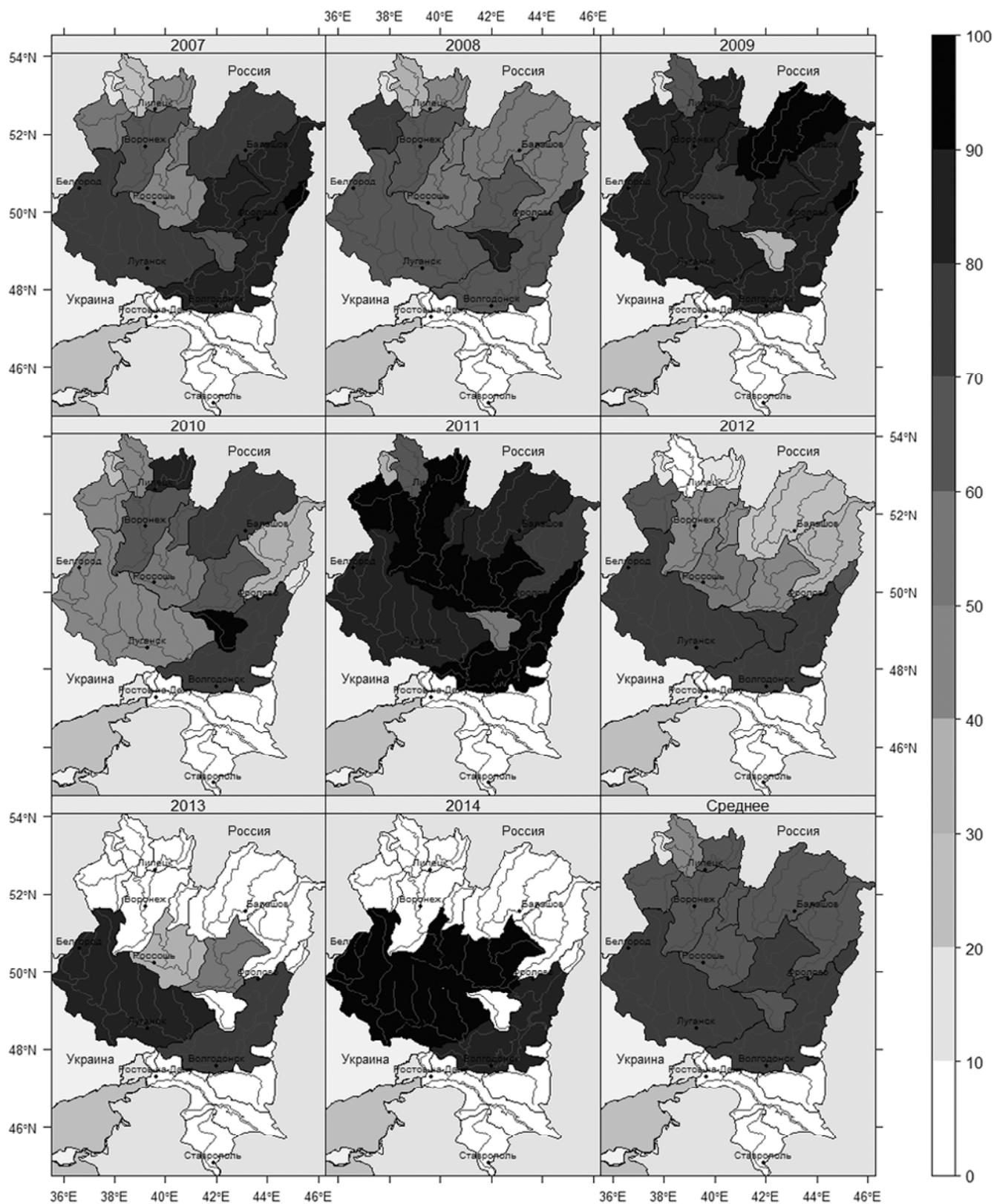


Рис. 4. Обеспеченность стока рек бассейна Дона по водохозяйственным годам (XI–X) за маловодный период 2007–2015 гг.
 Fig. 4. Annual runoff probability for the Don River basin rivers by hydrological years (XI–X) for 2007–2015 extreme low flow period

бережные крупные притоки – р. Хопер и р. Медведица, а также р. Северский Донец, зарегулированный каскадом водохранилищ. Для створа р. Дон – х. Беляевский, являющегося замыкающим с точки зрения притока воды в Цимлянское водохранилище, обеспеченность годового стока за маловодный период варьировала от 40 до 90%, в среднем составляя 70%. Наиболее маловодными оказались 2009, 2011 и 2014 гг., когда обеспеченность годового стока составляла 88, 91 и 92%.

Состояние рыбного сообщества во многом отражает общее состояние экосистемы в целом, поскольку рыбы являются замыкающим звеном пищевой цепи. На рис. 5, А представлены сведения об изменении апрельских уровней воды в Цимлянском водохранилище в разные годы и соответствующая им численность сеголетков всех выловленных видов рыб. Видно достаточно хорошее соответствие между сопоставляемыми характеристиками (рис. – 5, Б). Эту связь можно интерпретировать следующим образом: при низком уровне воды в водохранилище весной (в апреле) существенно уменьшаются площади нерестилищ. Соответственно сокращается количество отложенной икры, вылупившихся личинок, количество мальков (сеголетков), вылавливаемых во время контрольных обловов во второй половине лета.

Известно, что разные виды рыб используют разные нерестовые субстраты. Из табл. 3, в которой представлены результаты обловов сеголетков Цимлянского водохранилища, видно, что основная часть рыб – представители карповых: плотва, густера, карась, лещ, уклейка, сазан. Большая часть этих видов нерестится весной, откладывая икру на залитую половодьем прошлогоднюю растительность. И если весной мало воды и уровень водохранилища низок, как это было в 2015 г., то значительные площади нерестилищ оказываются неиспользуемыми (рис. 6). При колебаниях уровня воды весной уже отложенная икра может обсохнуть и погибнуть.

По данным табл. 3 видно, что на некоторые виды рыб маловодье 2015 г. не оказало отрицательного влияния. К ним относятся бычки, судак, карась. Причина этого заключается в следующем. Бычки (а их в Цимлянском водохранилище около 10 видов, которые не идентифицировались во время обловов) обычно нерестятся не на растительности, а на песчано-каменистом грунте. Причем для них характерна забота о потомстве: самец строит гнездо и охраняет его после откладки икры; нерест растянут во времени. Судак нерестится на песчаном грунте, а серебряный карась, как поздненерестящаяся рыба, – на подводной растительности, развивающейся в мае–июне.

Таким образом, результаты проведенного исследования показывают, что маловодье и низкий уровень воды оказывают негативное влияние на воспроизводство большинства рыб Цимлянского водохранилища – вследствие сокращения площади нерестилищ. При этом ослабление связи числа сеголетков с уровнем при величине последнего более

Таблица 3

Относительные показатели урожайности молоди рыб (шт./замет) в Цимлянском водохранилище в 2015 г. и среднемноголетние 2002–2014 гг.

Виды рыб	2015	2002–2014
<i>Промысловые</i>	74,6	274,2±57,6
Плотва	18,7	158,4±39,0
Густера	15,4	53,1±13,7
Карась серебряный	22,9	22,0±5,9
Окунь	0,9	13,7±1,9
Лещ	2,0	13,1±1,6
Щука	0,0	0,7±0,1
Судак	4,7	0,5±0,1
Сазан	1,4	0,2±0,1
<i>Прочие промысловые</i>	9,6	26,8±0,6
<i>Непромысловые</i>	154,2	309,2±47,6
Уклейка	9,0	64,4±24,5
Бычки	137,3	57,4±9,5
Тюлька	1,5	13,5±8,2
<i>Прочие непромысловые</i>	15,5	27,4±0,9

590 см (рис. 5, Б) можно расценивать как свидетельство того, что ниже этого значения уровень является главным лимитирующим фактором, а выше его – существенное влияние на воспроизводство рыб могут оказывать другие факторы, такие, как температура воды, количество и состав производителей, кормовая база, присутствие хищников и т. п.

Характеристика фитопланктона. Как видно из данных табл. 4, основная часть фитопланктона на рассматриваемом участке р. Дон представлена наиболее часто встречаемыми в реках группами: диатомовыми (47,3% от общей биомассы), зелеными (26,1%) и синезелеными (23,2%) водорослями. Биомасса 8,8 мг/л свидетельствует о высоком трофическом статусе водного объекта (эвтрофное состояние) [Трифенова, 1990]. По численности преобладают синезеленые водоросли, представленные мелкоклеточными видами родов *Microcystis*, *Merismopedia*, *Aphanizomenon*.

Вместе с тем, концентрация водорослей по годам изменяется. Как видно из рис. 7, Б, имеется

Таблица 4

Биомасса и численность фитопланктона на участке р. Дон между пос. Шилово и пос. Сторожевое; средние значения за 2004–2015 гг.

Отдел	Биомасса		Численность	
	мг/л	%	тыс. кл./л	%
Диатомовые	4,1	47,3	6705	10,4
Зеленые	2,3	26,1	21 880	33,8
Синезеленые	2,0	23,2	260	0,4
Прочие	0,3	3,4	35 894	55,4
Итого	8,8	100,0	64 739	100,0

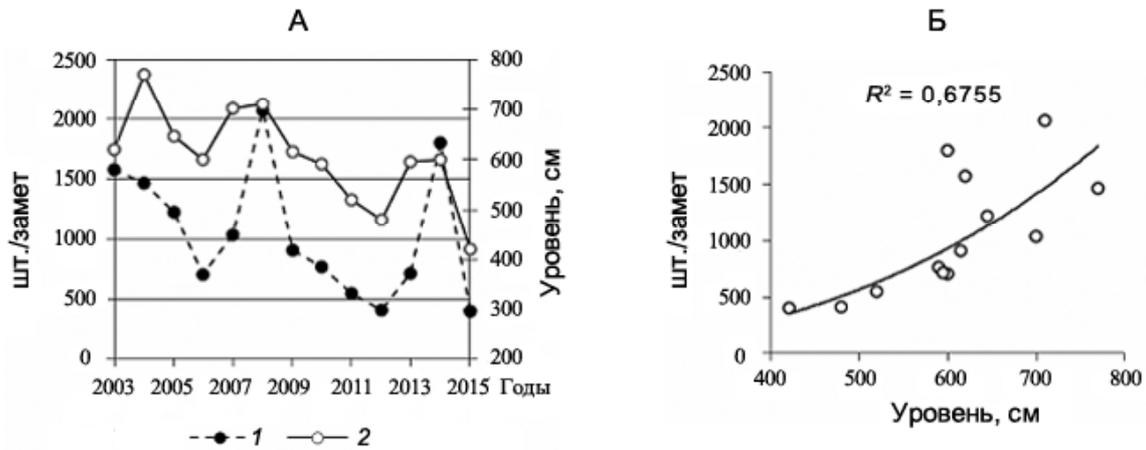


Рис. 5. Изменение численности сеголеток (1) и апрельских уровней воды (2) в Цимлянском водохранилище (А); связь между рассматриваемыми параметрами (Б)

Fig. 5. Changes in the numbers of the yearlings (1) and the April water levels (2) in the Tsymlyansk reservoir (А); correlation between the above parameters (Б)



Рис. 6. Незалитые нерестилища Чирского залива Цимлянского водохранилища (7 мая 2015 г.)

Fig. 6. Dried spawning areas in the Chir Bay of the Tsymlyansk reservoir on May 7, 2015

связь между фитопланктоном и расходом воды в р. Дон (у ст. Казанской) в период исследования: чем больше расход, тем меньше биомасса фитопланктона. Это связано с тем, что высокая скорость течения неблагоприятно влияет на развитие фитопланктона. Кроме того, в маловодье река лучше прогревается, в ней может увеличиваться содержание биогенных элементов. В маловодные годы значительного развития достигает фитопланктон придаточных водоемов, прудов и водохранилищ в бассейне Дона (в частности, Воронежского водохранилища); из этих водоемов водоросли поступают в русло р. Дон.

В результате, в годы с низким уровнем воды биомасса фитопланктона в отдельных створах может достигать 15–30 мг/л, свидетельствуя об эвтрофном (гипертрофном) состоянии – при котором качество воды сильно ухудшается. На рис. 8, А наглядно проявляется разница содержания фитопланктона реки в годы с разным расходом воды (за малый расход принят $Q < 150 \text{ м}^3/\text{с}$, большой – $Q > 150 \text{ м}^3/\text{с}$, средний уровень развития фитопланктона подсчитан по всем значениям). На рис. 8, Б видно также, что с уменьшением расходов воды уменьшается доля диатомовых водорослей и, наоборот, увеличивается процент синезеленых, что

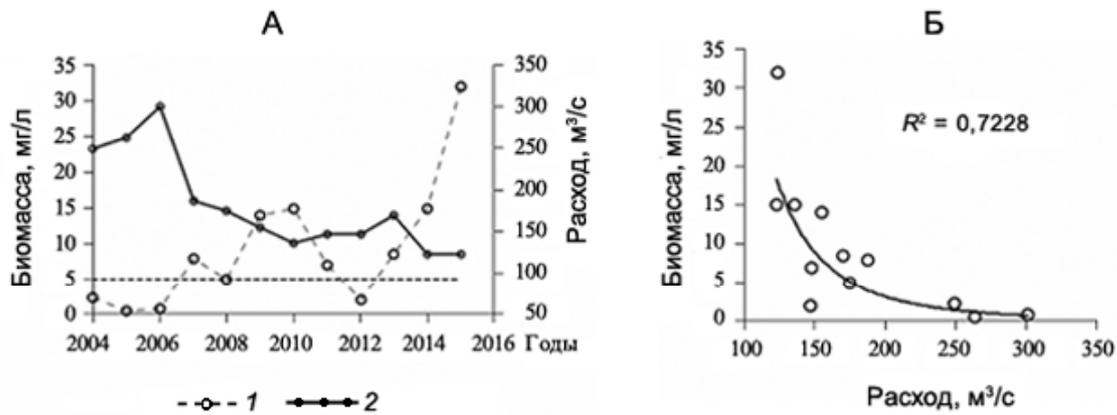


Рис. 7. Изменение количества биомассы фитопланктона (1) и расхода воды (2) в р. Дон (А); связь между рассматриваемыми параметрами (Б); пунктирной линией показана граница между мезотрофным и эвтрофным состоянием водоемов

Fig. 7. Changes in the amounts of phytoplankton biomass (1) and river discharges (2) in the Don River (А); correlation between the above parameters (Б); the boundary between mesotrophic and eutrophic conditions is shown with pecked line

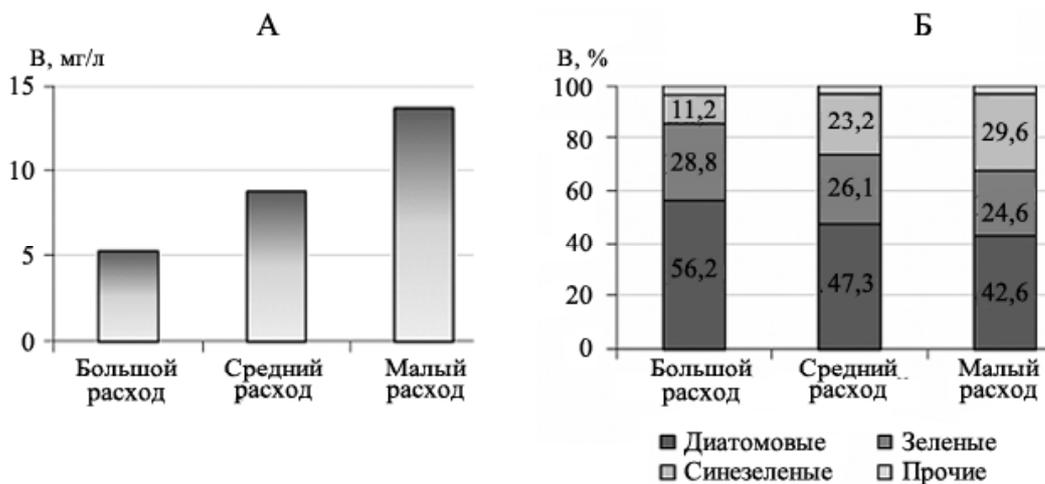


Рис. 8. Изменение биомассы (А) и состава (Б) фитопланктона при разных расходах воды в р. Дон (по средним за 2004–2015 гг. значениям)

Fig. 8. Changes in the phytoplankton biomass (А) and composition (Б) under different water discharges of the Don River (averaged values for 2004–2015)

свидетельствует о возрастании лимнофильности планктона и эвтрофировании реки [Гончаров, 2007].

Выводы:

– возникновение маловодных периодов на р. Дон является типичным явлением. Однако маловодье 2007–2015 гг. стало рекордным по своей продолжительности, которая составила 8 лет. Интересной особенностью маловодного периода является его пространственная неоднородность. В верховьях бассейна последнее десятилетие можно считать близким по водности к среднемноголетним значениям. Основной вклад в формирование маловодья вносят левобережные притоки – р. Хопер и р. Медведица. Также существенную роль в формировании дефи-

цита воды вносил в последние годы сток р. Северский Донец. Асинхронное чередование маловодных лет в этих бассейнах и их суперпозиция привели к формированию столь продолжительного маловодного периода на Нижнем Дону;

– в маловодные годы, при низком уровне воды в Цимлянском водохранилище, резко снижается эффективность нереста рыб, большинство которых являются весенне-нерестящимися филогфилами. Это обусловлено тем, что нерестилища этих рыб, откладывающих икру весной на растительность предыдущего года, не заливаются водой. Наибольший урон воспроизводству рыб наносится при снижении уровня воды в водохранилище ниже 590 см;

– рыбы, откладываящие икру на песчаном грунте, позднеперестояющиеся, с растянутым во времени нерестом, а также проявляющие заботу о потомстве (судак, бычки, карась, сазан) оказываются в более выгодном положении. Их численность в маловодье возрастает, приводя к существенной трансформации видовой структуры ихтиоценоза;

– маловодье приводит к эвтрофированию р. Дон (на участке пос. Шилово – пос. Сторожевое) вслед-

ствие создания благоприятных условий для развития водорослей в самой реке, ее придаточных водоемах, прудах, водохранилищах. При малых расходах воды (меньше 150 м³/с в районе ст. Казанской) биомасса фитопланктона может достигать 15–30 мг/л, свидетельствуя о гипертрофном состоянии реки. В это время резко увеличивается количество сине-зеленых водорослей и ухудшается качество воды в реке.

Благодарности: Исследование выполнено при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-2331.2017.5, а также гранта РФФИ № 16-35-60080 в части методологии анализа исходной информации, гранта РНФ № 14-17-00155 в части исходной информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства. Режим доступа: <http://azniirrh.ru/>

Архипов Е.М. О причинах снижения уловов рыбы в Верхнем Дону // Современные достижения рыбохозяйственной науки России. Мат-лы научно-практической конф., посвященной 100-летию со дня основания Саратовского отделения ГосНИОРХ. Саратов, 2000. С. 9–11.

Архипов Е.М., Яковлев С.В., Болдырев В.С. Видовой состав ихтиофауны бассейна реки Дон выше плотины Цимлянской ГЭС // Сб. ГосНИОРХ. Рыбохозяйственные исследования в бассейне Волго-Донского междуречья на современном этапе (к 50-летию Волгоградского отделения ГосНИОРХ). СПб.: ООО «Квинта Северо-Запад», 2002. С. 62–68.

Владимиров А.М. Сток рек в маловодный период года. Л.: Гидрометеоздат, 1976. 279 с.

Воловик Г.С., Воловик С.П., Косолапов А.Е. Водные и биологические ресурсы Нижнего Дона: состояние и проблемы управления. Новочеркасск: СевКавНИИВХ, 2009. 302 с.

Гончаров А.В. Сравнение водохранилищ московорекско-вазуской водной системы по количественному развитию фитопланктона и степени эвтрофирования // Водные ресурсы. 2007. Т. 34. № 1. С. 78–82.

Дмитриева В.А., Маскайкина С.В. Изменчивость водного режима в верховье Донского бассейна в современный климатический период // Вестн. Воронежского гос. ун-та. Сер. География. Геоэкология. 2013. № 1. С. 17–21.

Дмитриева В.А., Бучик С.В. Генезис максимумов водности рек и изменчивость водного режима в современный климатический период // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2016. № 5. С. 49–62.

Евстигнеев В.М. Речной сток и гидрологические расчеты. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. 304 с.

Калюжная Н.С., Хоружая В.В., Калюжная И.Ю., Сохина Э.Н. Основные факторы воздействия на условия естественного воспроизводства водных биоресурсов Верхнего плеса Цимлянского водохранилища // Актуальные проблемы аквакультуры в современный период. Мат-лы Международной научной конф., 28 сентября – 2 октября 2015 г. Ростов-на-Дону: ФГБНУ «АзНИИРХ». 2015. С. 76–79.

Матишов Г.Г., Степаньян О.В., Харьковский В.М., Старцев А.В., Булышева Н.И., Семин В.В., Соколов В.Г., Кренина К.В., Глуценко Г.Ю., Свистунова Л.Д. Особенности водной экосистемы Нижнего Дона в позднеосенний период // Водные ресурсы. 2016. Т. 43. № 6. С. 620–632.

Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Кондакова М.Ю. Реки России. Часть V. Реки Приазовья (гидрохимия и гидроэкология). Ростов н/Д: «НОК», 2012. 316 с.

Ратиев В.Н. О мерах по сохранению водных биоресурсов в бассейне Цимлянского водохранилища // Рыб. х-во. 2003. № 2. С. 43–45.

Трифорова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Наука, 1990. 179 с.

Фесенко Г.М. Многолетняя динамика видового состава молоди рыб Цимлянского водохранилища // Сб. трудов ГосНИОРХ. С-Пб., 1998. Вып. 323. С. 61–75.

Хоружая В.В., Яковлев С.В. Многолетняя динамика эффективности размножения рыб в приплотинном плесе Цимлянского водохранилища // Глобальная ядерная безопасность. 2012. Спецвыпуск (3). С. 21–28.

Dzhamalov R.G., Frolova N.L., Safronova T.I., Telegina A.A., Bugrov A.A. Distribution and use of present day water resources in European Russia // Water Resources. Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation). 2015. Т. 42. № 1. С. 28–37.

Поступила в редакцию 07.09.2017
Принята к публикации 21.05.2018

M.B. Kireeva¹, V.P. Ilich², A.V. Goncharov³, A.N. Bogachev⁴,
N.L. Frolova⁵, O.M. Pakhomova⁶, V.V. Solovieva⁷

INFLUENCE OF 2007–2015 EXTREME LOW FLOW PERIOD
IN THE DON RIVER BASIN ON WATER ECOSYSTEMS

The results of analyzing the spatiotemporal variations of 2007–2015 low-flow period parameters are presented. Time-series data on the annual and seasonal runoff were used, as well as hydrobiological data on phytoplankton concentrations and young fish numbers for different species. The role of low-flow period in cyclic runoff oscillations in different parts of the basin, seasonal flow redistribution during the extreme low-flow period, interchange of relatively high-water years with relatively low-water years within the period and the increase of water flow probability from the river source to its mouth is discussed. A considerable decrease in phytoplankton concentration in the middle reaches of the Don River during the low-water years was revealed. The decreasing reproduction of the majority of fish species is characteristic of the Tsimlyansk reservoir caused by the shrinkage of spawning areas during the low-water years.

Key words: river runoff, water scarcity, the Don River, the Tsimlyansk reservoir, probability, concentration of phytoplankton, fish fauna, reproducing ability, yearlings.

Acknowledgements. The study was financially supported by the grant of the President of Russian Federation for the state support of young Russian scientists MK-2331.2017.5, the Russian Foundation for Basic Research in part of the methodology of source information analysis (project № 16-35-60080), and the Russian Science Foundation in part of the source data (project № 14-17-00155).

REFERENCES

- Arhipov E.M.* O prichinah snizhenija ulovov ryby v Verhnem Donu [About the reasons for the decline in fish catches in the upper reaches of the Don River] // *Sovremennye dostizhenija rybohozajstvennoj nauki Rossii. Mat-ly nauchno-prakticheskoy konf., posvjashhennoj 100-letiju so dnja osnovanija Saratovskogo otdelenija GosNIORH. Saratov, 2000. S. 9–11 (in Russian).*
- Arhipov E.M., Jakovlev S.V., Boldyrev V.S.* Vidovoj sostav ihtiofauny bassejna reki Don vyshe plotiny Tsimlyanskoj GES [The species composition of ichthyofauna in the basin of the Don River above the Tsimlyansk reservoir dam] // *Sb. GosNIORH. Rybohozajstvennyye issledovanija v bassejne Volgo-Donskogo mezhdurech'ja na sovremennom jetape (k 50-letiju Volgogradskogo otdelenija GosNIORH). SPb: OOO «KvintaSevero-Zapad», 2002. S. 62–68 (in Russian).*
- Azovskij nauchno-issledovatel'ski jinstytut rybnogo hozjajstva. [The Azov Sea research fisheries Institute] Rezhim dostupa: <http://azniirkh.ru/> (in Russian).
- Dmitrieva V.A., Buchik S.V.* Genesis maksimumov vodnosti rek i izmenchivost' vodnogo rezhima v sovremennyj klimaticeskij period [The genesis of maximum water availability and variability of water regime in recent climatic period] // *Vodnoe hozjajstvo Rossii: problemy, tehnologii, upravlenie. 2016. № 5. S. 49–62 (in Russian).*
- Dmitrieva V.A., Maskajkina S.V.* Izmenchivost' vodnogo rezhima v verhov'e Donskogo bassejna v sovremennyj klimaticeskij period [Variability of water regime in the upper part of the Don River basin in recent climatic period] // *Vestnik Voronezhskogo gos. un-ta. Ser. Geografija. Geojekologija. 2013. № 1. S. 17–21 (in Russian).*
- Dzhamalov R.G., Frolova N.L., Safronova T.I., Telegina A.A., Bugrov A.A.* Distribution and Use of Present Day Water Resources in European Russia // *Water Resources, MaikNauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation). 2015. T. 42. № 1. P. 28–37.*
- Evstigneev V.M.* Rechnoj stok i gidrologicheskie raschety. [River runoff and hydrological calculations] M.: Izd-vo MGU, 1990. 304 s. (in Russian).
- Fesenko G.M.* Mnogoletnjaja dinamika vidovogo sostava molodi ryb Cimljanskogo vodohranilishha [Long-term dynamics of species composition of the juvenile fish in the Tsimlyansk reservoir] // *Sb. Trudov GosNIORH. SPb., 1998. Vyp. 323. S. 61–75 (in Russian).*
- Goncharov A.V.* Sravnenie vodohranilishh moskvoreckovazuzskoj vodnoj sistemy po kolichestvennomu razvitiju fitoplanktona i stepeni evtrofirirovanija [Comparison of reservoirs of the Moskva-Vazuzza water system in terms of the quantitative development of phytoplankton and the degree of eutrophication] // *Vodnye resursy. 2007. T. 34. № 1. S. 78–82 (in Russian).*
- Horuzhaja V.V., Jakovlev S.V.* Mnogoletnjaja dinamika jeffektivnosti razmnozhenija ryb v priplotinnom plese Cimljanskogo vodohranilishha [Long-term dynamics of the efficiency of fish reproduction in the dam reach of Tsimlyansk water reservoir] //

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Junior Scientific Researcher, PhD. in Geography; *e-mail:* kireeva_mb@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, master student; *e-mail:* vladilich4@mail.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Leading Scientific Researcher, PhD. in Biology; *e-mail:* gonch2@rambler.ru

⁴ The Azov Sea Research Fisheries Institute, Rostov-na-Donu, Deputy Director, PhD. in Agricultural Sciences, Associate Professor; *e-mail:* persyan@gmail.com

⁵ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Head of the Department, Professor, D.Sc. in Geography; *e-mail:* frolova_nl@mail.ru

⁶ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Scientific Researcher, PhD. in Geography; *e-mail:* olupah@mail.ru

⁷ Papanin Institute for Biology of Inner Waters, RAS, Scientific Researcher; *e-mail:* veravc2@gmail.com

Global'naja jader'naja bezopasnost'. 2012. Specvypusk (3). S. 21–28 (in Russian).

Kaljuzhnaja N.S., Horuzhaja V.V., Kaljuzhnaja I.Ju., Sohina Je.N. Osnovnye factory vozdeystvija na uslovija estestvennogo vosproizvodstva vodnyh bioresursov Verhnego pljosa Cimljanskogo vodohranilishha [Key factors influencing the conditions of natural reproduction of water biological resources in the upper reach of Tsimlyansk reservoir] // Aktual'nye problemy akvakul'tury v sovremennyj period. Mat-ly Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, 28 sentjabrja – 2 oktjabrja 2015 g., g. Rostov-na-Donu, FGBNU «AzNIIRH». Izd-vo: FGBNU «AzNIIRH», 2015. S. 76–79 (in Russian).

Matishov G.G., Stepan'jan O.V., Har'kovskij V.M., Starcev A.V., Bušsheva N.I., Sjomina V.V., Sojer V.G., Krenjova K.V., Glushhenko G.Ju., Svistunova L.D. Osobennosti Vodnoj Jekosistemy Nizhnego Dona v pozdneosennij period [Specific features of aquatic ecosystem of the Lower Don River in late autumn period] // Vodnye Resursy. 2016. T. 43. № 6. S. 620–632 (in Russian).

Nikanorov A.M., Bryzgalo V.A., Kondakova M.Ju. Reki Rossii. Chast' V. Reki Priazov'ja (gidrohimiya i gidrojekologija): monografija.

[The rivers of Russia. Part V. The Rivers of the Azov Sea basin (hydrochemistry and Hydroecology)]. Rostov n/D: «NOK», 2012. 316 s.

Ratiev V.N. O merah po sohraneniu vodnyh bioresursov v bassejne Cimljanskogo vodohranilishha [About the measures on preservation of water biological resources in the basin of the Tsimlyansk reservoir] // Ryb. h-vo. 2003. № 2. S. 43–45 (in Russian).

Trifonova I.S. Jekologija i sukcesija ozernogo fitoplanktona. [Ecology and succession of lake phytoplankton]. Nauka, 1990. 179 s. (in Russian).

Vladimirov A.M. Stok rek v malovodnyj period goda. [The river flow during dry period of the year]. L.: Gidrometeoizdat, 1976. 279 s. (in Russian).

Volovik G.S., Volovik S.P., Kosolapov A.E. Vodnye i biologicheskie resursy Nizhnego Dona: sostojanie i problemy upravlenija. [Water and biological resources of the Lower Don River: the state and problems of management]. Novocheboksajsk: SevKavNIIVH, 2009. 302 s. (in Russian).

Received 07.09.2017

Accepted 21.05.2018

УДК 551.465 (262.5)

С.С. Мухаметов¹, С.И. Кондратьев²**ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ВОДАХ БАЛАКЛАВСКОЙ БУХТЫ В ФЕВРАЛЕ 2015 г.**

Балаклавская бухта по природно-климатическим условиям является уникальным участком не только Южного Берега Крыма, но и всего Черного моря. В феврале 2015 г. были проведены гидролого-гидрохимические съемки Севастопольской и Балаклавской бухт, проходившие во время и сразу после выпадения чрезвычайно большого количества осадков. Для всех биогенных элементов (фосфатов, неорганических форм азота, кремнекислоты), элементов карбонатной системы (общей щелочности, ТСО₂) обнаружено максимальное содержание в поверхностных водах за все годы исследований.

Ключевые слова: океанологические исследования, гидрохимия, экстремальные концентрации, прибрежные воды.

Введение. Балаклавская бухта, расположенная в южной части Крымского полуострова между м. Фиолент и м. Айя, представляет собой узкую (шириной до 240 м), ориентированную в меридиональном направлении акваторию эстуарного типа, протяженностью 1,4 км, и глубинами от 4 м в кутовой части до 34 м на входном створе. Площадь водной поверхности составляет 236 тыс. м², объем водной массы 2840 тыс. м³, средняя глубина 12,5 м. Площадь водного зеркала 236 тыс. м², 47% площади бухты расположено над глубинами 4–12 м [Ломакин, 2013].

Балаклавская бухта по природно-климатическим условиям является уникальным участком не только Южного Берега Крыма, но и всего Черного моря. Само название Балаклава (по одной из версий оно произошло от турецкого «baliqlı ava» – «рыбная погода») объясняет, почему с незапамятных времен бухта использовалась прежде всего для рыболовства и мореплавания, а в начале XX века стала развиваться и как курорт.

Географическое положение и морфометрические характеристики бухты привлекали внимание не только рыбаков и туристов. В 1961 г. бухта была превращена в секретную базу подводного флота СССР на Черном море, для чего в отроге горы Таврос пробит канал длиной 608 м, шириной от 10 до 24 м и глубиной 8 м, общая площадь подземной базы составляла около 15 тыс. м² [Ломакин, 2013]. В 90-е годы прошлого столетия в связи с развалом Советского Союза и изменением геополитики военный комплекс был закрыт и переоборудован в музей.

Ранние океанографические исследования акватории Балаклавской бухты были посвящены в основном морфометрии, выполненной несколько раз за 200 лет, начиная с 1811 г. Во время существования военно-морской базы было невозможно какое-либо изучение акватории бухты с публикацией результатов в открытой печати. После закрытия военного комплекса научные исследования возобновились, и оказалось, что техногенный пресс на экосистему бухты, который оказывал подводный флот, уменьшился, но не

исчез полностью, а превратился в рекреационно-антропогенный. При этом объемы бытовых и промышленных стоков, ливневой канализации, смыва с полей в речку Балаклавку, утечек нефтепродуктов с судов и т. д., могут резко усилиться в связи с предполагаемым развитием здесь туристического комплекса.

На основании комплексных экологических съемок, начавшихся на акватории бухты в 90-х годах прошлого века, был опубликован ряд работ [Куфтаркова, 1995, 1999; Миронов, 1999; Ациховская, 2000], в которых в частности было показано, что концентрации элементов главного биогенного цикла в водах бухты за период 1991–2001 гг., уменьшились в среднем в 3 раза, однако возникший уровень концентраций биогенных веществ примерно на порядок превышает средние значения, характерные для открытых частей Черного моря [Ковригина, 2003].

Дальнейшие исследования экологического состояния вод Балаклавской бухты [Мезенцева, 2003; Попов, 2005, 2008; Боровская, 2009; Ковригина, 2010; Овсяный, 2010; Ломакин, 2010, 2011], дополненные данными по динамике вод залива Мегало-Яло (простирающегося от м. Фиолент до м. Айя) [Попов, 2006; Ломакин, 2010], были объединены в монографию [Ломакин, 2013].

В феврале 2015 г. в рамках зимней практики студентов кафедры океанологии географического факультета МГУ совместно с отделом биогеохимии моря Морского гидрофизического института РАН были проведены гидролого-гидрохимические съемки Севастопольской и Балаклавской бухт. Исследования проводились во время и сразу после выпадения чрезвычайно большого количества осадков, что должно было заметно отразиться на распределении гидрохимических характеристик в водной толще. Отклонения от привычных пространственных распределений гидрохимических параметров в Севастопольской бухте были столь велики, что рассматривались в отдельной статье [Мухаметов, Кондратьев, 2017]. Полагая, что и в Балаклавской бухте

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра океанологии, ст. преподаватель; e-mail: puffin@bk.ru

² Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, отдел биогеохимии моря, ст. науч. с., канд. хим. наук.; e-mail: skondratt@mail.ru

должна была наблюдаться аналогичная картина, мы поставили задачей данной статьи выявление особенностей распределения гидрохимических параметров в поверхностном слое вод Балаклавской бухты в результате поступления на акваторию значительного количества дождевых осадков.

Материалы и методы исследований. Экологический мониторинг Балаклавской бухты был выполнен 5 февраля 2015 г. на НИС УКС 0678 КПМ 260 «Листригон». Схема расположения гидролого-гидрохимических станций приведена на рис. 1. Инструментальные гидрологические наблюдения с использованием СТД-зонда ГАП-12 выполнялись во всей толще вод. Отбор проб для химических анализов морской воды выполняли: в поверхностном слое пластиковой банкой; на придонном горизонте (0,5–1 м от дна) – пластмассовым батометром вместимостью 5 л.

Вскоре после отбора проб в береговой лаборатории ОБМ МГИ было проанализировано содержание в них следующих компонентов: растворенного кислорода, растворенных форм кремнекислоты, фосфатов, нитритов, нитратов, аммония, величины рН, общей щелочности, общего неорганического углерода (ТСО₂). На трех станциях (№ 1, 5 и 10) для двух горизонтов и на ст. 13 только для поверхностного горизонта определялось содержание общего взвешенного вещества и биохимическое потребление кислорода (БПК₅).

Пробы для определения кислорода фиксировались соответствующими реактивами и вместе с остальными пробами воды доставлялись в береговую лабораторию в течение не более трех часов после отбора. В лаборатории пробы для определения общего взвешенного вещества и растворенных форм биогенных элементов фильтровались через мембранный фильтр с размером пор 0,45 мкм.

Для химического анализа проб морской воды и донных отложений использовались стандартные методики, применяемые в океанологических исследованиях и рекомендованные МОК ЮНЕСКО [Методы ..., 1978].

Результаты исследований и их обсуждение. Перед обсуждением полученных результатов следует кратко рассмотреть основные источники антропогенного загрязнения, поступающего в Балаклавскую бухту. Гидрохимический режим вод Балаклавской бухты формируется под воздействием гидрометеорологических условий, сгонно-нагонных явлений и антропогенного воздействия. Наиболее загрязнена принимающая сточные и ливневые воды мелководная часть бухты, что в значительной мере обусловлено ограниченным водообменом через основную ее узкость [Куфтаркова, 1999].

Основным источником поступления пресных вод (а вместе с ними и элементов биогенного и карбонатного циклов) в Балаклавскую бухту является впадающий в вершину бухты сезонный водоток – речка Балаклавка с расходом воды для сухого периода года около 197 тыс. м³/год, или около 540 м³/сутки [Зима, 2000]. Однако во время обильных осадков или таяния снега моментальный расход может увеличи-



Рис. 1. Гидролого-гидрохимические станции, выполненные 5 февраля 2015 г. в Балаклавской бухте. Обозначения: жирные точки – пробы воды для определения содержания растворенного кислорода, насыщения вод кислородом, содержания фосфатов, кремнекислоты, нитритов, нитратов, рН, щелочности, общего неорганического углерода; звездочки – дополнительные пробы воды для определения содержания общего взвешенного вещества и величины БПК₅²⁰. На рисунке не обозначена фоновая станция № 13, с координатами 44,48204 N, 33,59585 E, расположенная значительно южнее полигона

Fig. 1. Hydrological-hydrochemical stations in the Balaklava Bay (February 5, 2015). Notation: • water samples to determine the content of dissolved oxygen, saturation of water with oxygen, content of phosphate, silicic acid, nitrites, nitrates, pH, alkalinity, total inorganic carbon. ★ – additional water samples to determine the content of total suspended matter and the BOD₅²⁰ value. The figure does not show the background station №13 (44,48204 N, 33,59585 E), located much to the south of the area

ваться на порядок и более, что также характерно и для ливневого стока на восточном берегу бухты. Менее известен расположенный западнее ст. 11 Георгиевский субмаринный источник с расходом около 1500 м³/сутки [Топографическая карта, 1988], водность которого, однако, изменяется в зависимости от погодных условий и сезонных явлений.

По материалам Госуправления по экобезопасности и охране природной среды г. Севастополя, объем поступающих неочищенных сточных вод в бухту составляет 4,4 млн м³/год, из которых 3 млн

м³/год (от 5 до 9 тыс. м³/сутки) поступает у входа в бухту через главный коллектор, причем вследствие аварии коллектора стоки сбрасываются на глубине 10 м. При определенных гидрометеорологических условиях (например, ветрах южной четверти) наблюдается шлейф трансформированных сточных вод от этого коллектора, направленный в бухту [Ациховская, 2003; Ковригина, 2003; Мезенцева, 2003].

Съемка Балаклавской бухты 5 февраля 2015 г. проходила сразу после выпадения в Севастопольском регионе значительного количества осадков во время трехбалльного волнения в открытом море, вызванного действием многодневных устойчивых ветров южных румбов. Схема поверхностных течений, возникающих в Балаклавской бухте при ветрах южной четверти, представлена на рис. 2. Согласно этой схеме, ветровые поверхностные течения должны «запирать» пресноводный сток реки Балаклавки, который также распространяется в основном в поверхностном слое, и в приустьевой части бухты следует ожидать максимального распреснения, что вполне подтверждается данными по распределению солености в поверхностных водах (рис. 3, А). Среднегодовое количество осадков в Балаклавской долине составляет ~400–500 мм/год [Иванов, 2004].

Обнаруженная нами соленость поверхностных вод 13,86‰ в кутовой части бухты оказалась

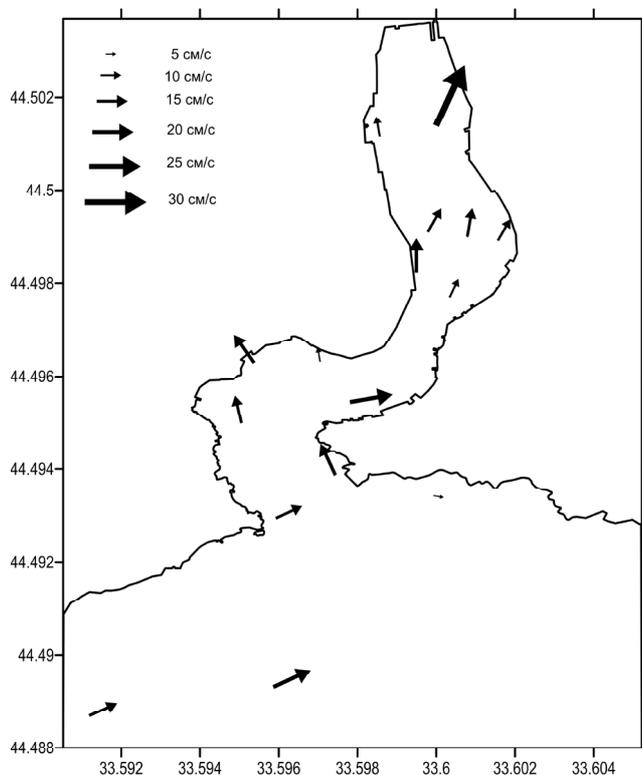


Рис. 2. Схема поверхностных течений в Балаклавской бухте под действием ветров южных румбов [Ломакин, 2013]

Fig. 2. Scheme of surface currents in the Balaklava Bay under the influence of the winds of southern directions [Lomakin, 2013]

меньше солености 14,81–14,85‰, которая отмечается в начале лета и в осенние месяцы года после ливневых дождей, и лишь немного «не дотягивает» до минимума 13,40‰, зафиксированного за последние 25 лет в марте 2004 г [Ломакин, 2013].

Толщина распресненного поверхностного слоя по меридиональному разрезу через бухту, если его оценивать по расположению изогалины 17‰, в кутовой части бухты составляла 2,5 м, на ст. 2 около 1,5 м, и на ст. 3–4 изогалина 17‰ выходила на поверхность (рис. 3, А).

Содержание кислорода в поверхностных водах кутовой части бухты и приустьевом районе 6,72 мл/л не слишком отличается от значения 6,92 мл/л на фоновой станции, поэтому рисунок распределения концентрации кислорода в поверхностных водах не приводится. А вот уменьшение растворимости кислорода по мере осолонения вод (температура на поверхности всей акватории находилась в пределах 9,04–9,97°C и не слишком влияла на степень насыщения) привело к тому, что степень насыщения вод кислородом в северной части бухты не превышала 92%, тогда как по мере приближения к выходу из бухты она постепенно возрастала до 99% (рис. 3, Б). На фоновой станции зафиксировано 98%-ное насыщение, характерное для вод открытой части моря в зимний период.

Распределение наиболее важных гидрохимических характеристик в поверхностных водах Балаклавской бухты 5 февраля 2015 г. представлено на рисунках: элементов главного биогенного цикла – на рис. 3, В, рис. 4 (А–В); компонентов карбонатной системы – на рис. 5 (А–В). Для всех распределений строго соблюдается общая особенность – содержание любого компонента в кутовой части бухты примерно до широты 44,498 N значительно отличалось от значений на входе в бухту. Для всей акватории бухты характерно заметное уменьшение содержания элемента с глубиной, южнее 44,498 N градиент уменьшения концентраций становился примерно на порядок меньше, но не исчезал даже на выходе из бухты. Как и для Севастопольской бухты, мы не приводим здесь менее интересные придонные распределения исследованных характеристик в придонных водах, которые монотонно уменьшались по мере удаления от устья реки Балаклавки, но не так контрастно, как в поверхностных водах.

Пресноводный сток реки Балаклавки и содержащиеся в нем биогенные элементы оказывают наибольшее влияние на поступление в бухту нитратов – 155 мкМ возле устья и 1,2 мкМ в фоновых водах; нитритов – 1,88 мкМ и 0,00 мкМ; аммония – 40 мкМ и 0,04 мкМ; фосфатов – 2,14 мкМ и 0,05 мкМ соответственно; меньшее влияние оказывает поступление со стоком кремния – 18,8 мкМ возле устья и фоновое 4,1 мкМ. То есть по сравнению с водами открытого моря в кутовой части бухты наблюдалось минимум 40-кратное превышение содержания фосфатов, 100-кратное нитратов и 1000-кратное – аммония.

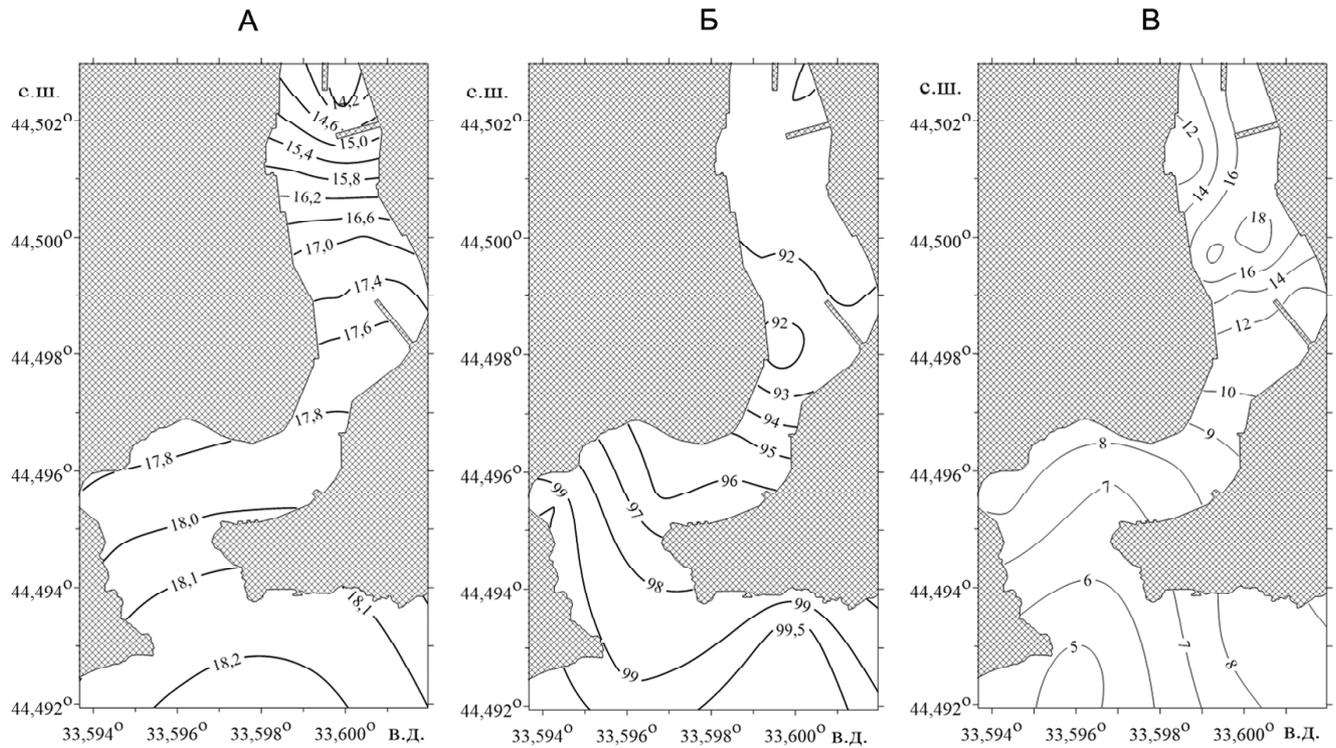


Рис. 3. Соленость, ‰ (А), насыщение вод кислородом, % (Б) и содержание кремнекислоты, мкМ (В) в поверхностных водах Балаклавской бухты в феврале 2015 г.

Fig. 3. Salinity in ‰ (A), oxygen saturation in % (Б) and content of silicic acid in μM (В) in the surface waters of the Balaklava Bay in February 2015

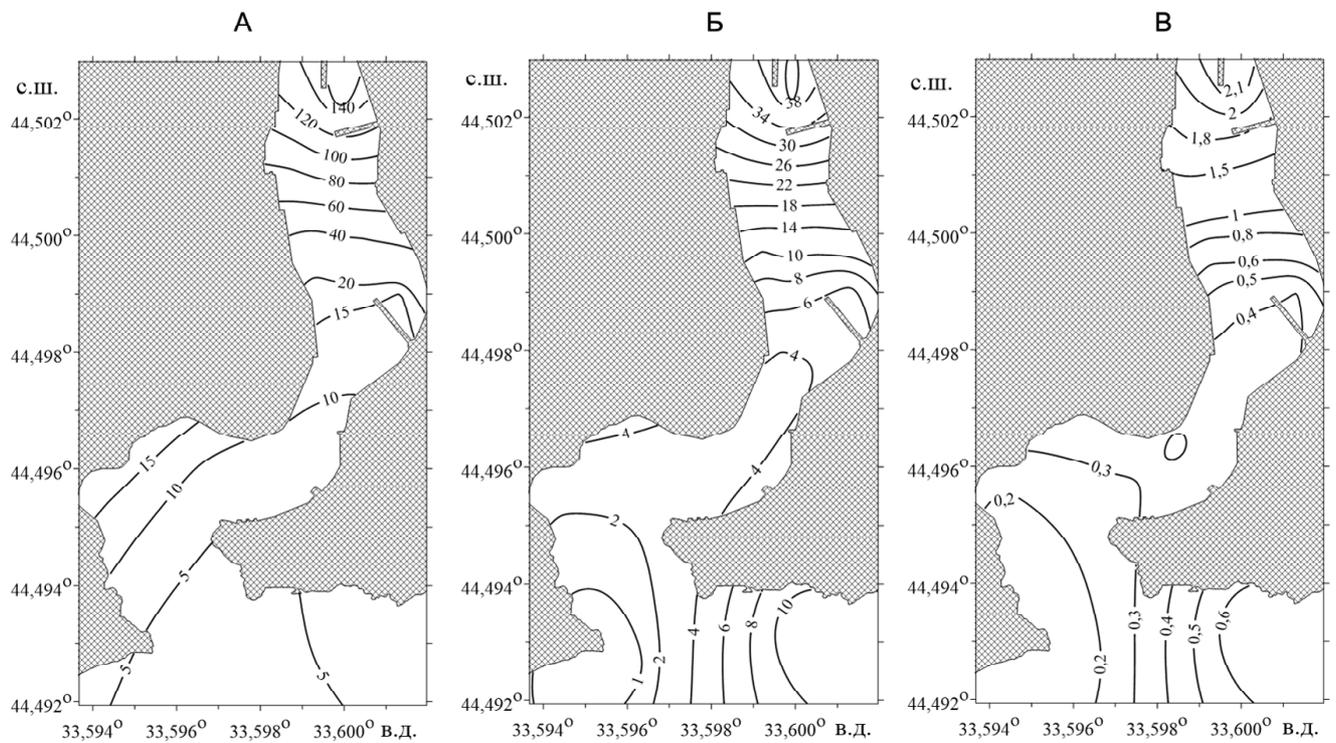


Рис. 4. Содержание нитратов (А), аммония (Б) и фосфатов (В) в мкМ в поверхностных водах Балаклавской бухты в феврале 2015 г.

Fig. 4. Nitrate (A), ammonium (Б) and phosphate (В) concentrations in μM in the surface waters of the Balaklava Bay in February 2015

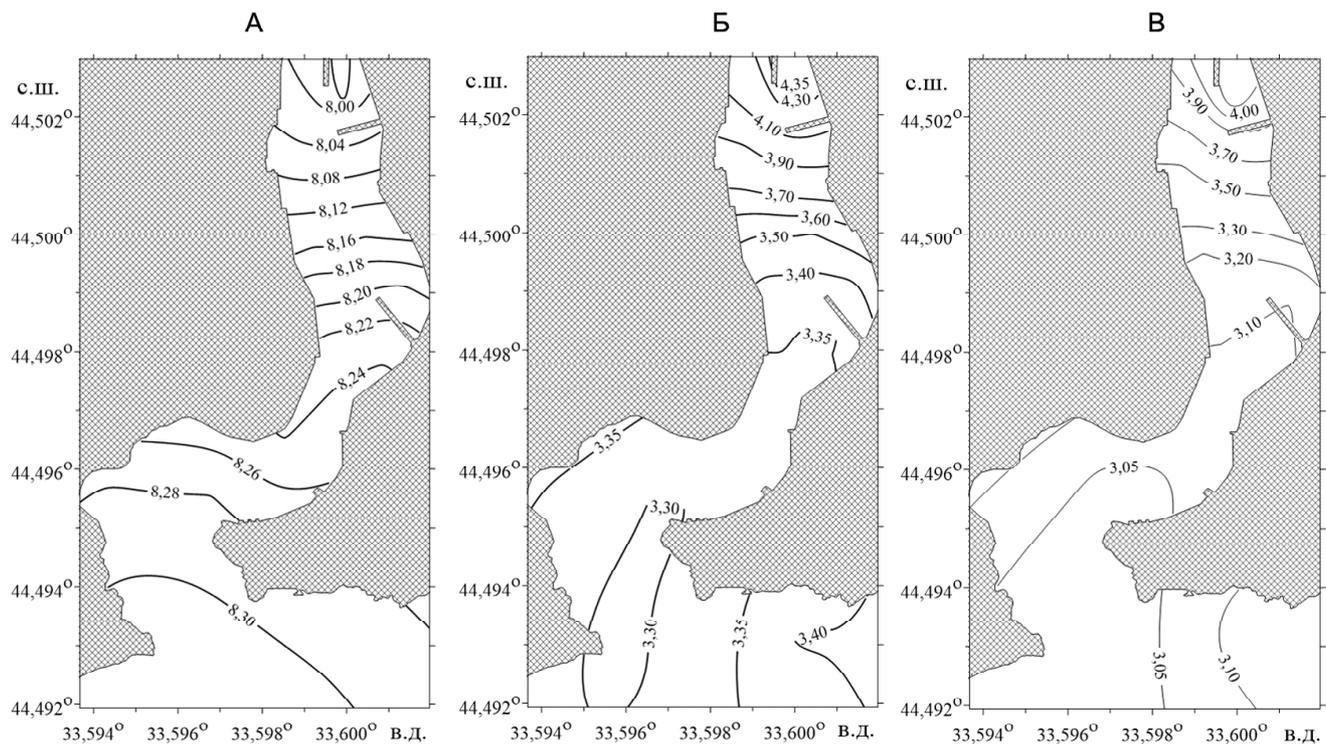


Рис. 5. Величины pH (А), общей щелочности (Б) в мМ и содержания TCO_2 (В) в мМ в поверхностных водах Балаклавской бухты в феврале 2015 г.

Fig. 5. pH (A), total alkalinity (B) and TCO_2 (B) values in mM in the surface waters of the Balaklava Bay in February 2015

Что касается компонентов карбонатной системы, в частности карбонатов и гидрокарбонатов, то их поступление со стоком реки несомненно, но выглядит не столь внушительно, как для биогенных элементов: величина общей щелочности поверхностных вод в кутовой части равна 4,419 мМ, в фоновых водах – 3,296 мМ; содержание TCO_2 – 4,170 мМ и 2,996 мМ соответственно.

Как видно из приведенных данных, в районе выхода сточных вод Балаклавы из главного коллектора в открытое море в поверхностных водах обнаружено несколько повышенное содержание кремнекислоты, аммония, фосфатов, общего неорганического углерода и величины щелочности. В то же время пресноводный сток Георгиевского субмаринного источника (к западу от ст. 11) в условиях штормо-

Экстремальные концентрации гидрохимических параметров в водах Балаклавской бухты по многолетним данным [Ломакин, 2013] и 5 февраля 2015 г.

Показатель	Осадки	Таяние снега	Хозяйственно-бытовой сток	Апвеллинг	Ливневый сток	05.02. 2015 г.	Фоновая станция
Соленость	17,0	13,4	17,2	17,9	–	13,9	18,2
Насыщенность O_2 , % (минимум)	89	89	90	76	–	90	98
SiO_2 , мкМ	12,7	48,8	15,2	11,8	80,0*	18,8	4,1
PO_4 , мкМ	0,65	1,52	2,74	5,81	10,2*	2,14	0,05
NO_2 , мкМ	1,50	1,57	2,14	–	50*	1,88	0,00
NO_3 , мкМ	76,6	98,9	26,4	43,3	–	155,4	1,2
NH_4 , мкМ	2,29	2,93	15,1	–	–	40,36	0,04
pH (минимум)	8,04	7,35	–	8,11	–	7,98	8,33
TCO_2 , мМ	–	–	–	–	–	4,170	2,996
Alk, мМ	–	–	–	–	–	4,419	3,296

* До поступления в бухту.

вой погоды никак не повлиял на распределение солености и гидрохимических элементов в юго-западной части бухты.

Сравнение экстремального содержания гидрохимических параметров в поверхностных водах кутовой части Балаклавской бухты по многолетним данным [Ломакин, 2013] и полученного нами 5 февраля 2015 г. после обильного выпадения дождевых осадков приведено в таблице, там же представлены концентрации нитратов, нитритов, фосфатов, кремнекислоты и др. для фоновой станции.

Для кремнекислоты наиболее существенное повышение концентраций в кутовой части бухты связано с таянием снега, для всех остальных биогенных элементов мы зафиксировали ситуацию с максимальными или близкими к максимальным концентрациями (значение 5,81 мкМ для фосфатов, появляющихся с апвеллинговыми водами, кажется нам несколько завышенным, на вертикальном профиле фосфатов в Черном море до верхней границы сероводородной зоны концентрации не превышают 2–3 мкМ [Еремеева, 1995]).

Выводы:

– повышенный пресноводный сток речки Балаклавки и поступление растворенных веществ с ливневым стоком значительно увеличивает содержание в поверхностных водах кутовой части бухты всех биогенных компонентов (фосфатов, неорганических форм азота, кремнекислоты), элементов карбонатной системы (общей щелочности, ТСО_2) и снижает величину рН. Обнаружено максимальное содержание большей части рассмотренных неорганических форм биогенных элементов в поверхностных водах за все годы исследований;

– в условиях штормовой погоды под действием ветра южных румбов распространение пресноводного стока ограничено примерно половиной протяженности бухты: в районе выхода сточных вод Балаклавки из главного коллектора обнаружено несколько повышенное содержание компонентов главного биогенного цикла и карбонатной системы, тогда как пресноводный сток Г еоргиевского субмаринного источника никак не повлиял на распределение солености и гидрохимических параметров в юго-западной части бухты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ациховская Ж.М., Субботин А.А. Динамика вод Балаклавской бухты и прилегающей акватории Черного моря // Экология моря. 2000. № 50. С. 5–8.

Боровская Р.В., Ломакин П.Д., Попов М.А. Апвеллинг в Балаклавской бухте и прилегающих акваториях Черного моря на базе спутниковых данных // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексные исследования ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. Вып. 20. С. 171–178.

Еремеева Л.В., Романов А.С., Овсяный Е.И. и др. Гидрохимические исследования в 33-м рейсе научно-исследовательского судна «Профессор Колесников». Севастополь, 1995. 42 с. (Препринт / НАН Украины. МГИ).

Зима В.В., Шаповалов Ю.И., Щетинин Ю.Т. Результаты опытной эксплуатации автономного гидрозонда МГИ-4117 // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: МГИ НАН Украины, 2000. С. 334–338.

Ковригина Н.П., Попов М.А., Лисицкая Е.В., Куфтаркова Е.А., Губанов В.И. Комплексный мониторинг вод Балаклавской бухты (Черное море) в период 2000–2007 гг. // Морской экологический журнал. 2010. № 4. С. 62–75.

Ковригина Н.П., Попов М.А., Лисицкая Е.В., Сеничева М.И., Субботин А.А. Оценка антропогенного воздействия и сгоннонагонных явлений на экологическое состояние вод Балаклавской бухты // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. Вып. 8. С. 105–114.

Куфтаркова Е.А., Ковригина Н.П. О влиянии сбросов сточных вод на гидрохимическую структуру прибрежной зоны моря // Исследования шельфовой зоны Азово-Черноморского бассейна. Севастополь: МГИ НАНУ, 1995. С. 65–70.

Куфтаркова Е.А., Ковригина Н.П., Родионова Н.Ю. Гидрохимическая характеристика вод Балаклавской бухты и прилегающей к ней прибрежной части Черного моря // Гидробиологический журнал. 1999. Т. 35. № 3. С. 88–99.

Ломакин П.Д., М.А. Попов. Океанологическая характеристика и оценка загрязнения вод Балаклавской бухты. Морской гидрофизический институт НАН Украины. Севастополь, 2013. 188 с.

Ломакин П.Д., Попов М.А. Современное состояние основных компонентов экосистемы Балаклавской бухты по материалам комплексного мониторинга ИнБЮМ НАН Украины // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. 2011. Вып. 1(12). С. 83–95.

Ломакин П.Д., Попов М.А. Структура и сезонная изменчивость термохалинного поля в Балаклавской бухте и прилегающей акватории Черного моря по данным контактных и спутниковых наблюдений // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. Вып. 23. С. 171–179.

Ломакин П.Д., Попов М.А., Куфтаркова Е.А., Ковригина Н.П. Проявление апвеллинга в полях гидрофизических и гидрохимических элементов на акватории Балаклавской бухты // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. Вып. 23. С. 180–192.

Мезенцева И.В., Чайкина А.В., Клименко Н.П. Современный уровень загрязнения вод акватории Балаклавской бухты // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. Вып. 8. С. 115–118.

Методы гидрохимических исследований океана / Под ред. О.К. Бордовского, В.Н. Иваненкова. М.: Наука, 1978. 272 с.

Мионов О.Г., Кирюхина Л.Н., Алемов С.В. Комплексные экологические исследования Балаклавской бухты // Экология моря. 1999. № 49. С. 16–20.

Овсяный Е.И., Котельянец Е.А., Орехова Н.А. Мышьяк и тяжелые металлы в донных отложениях Балаклавской бухты (Черное море) // Морской гидрофизический журнал. 2009. № 4. С. 67–80.

Попов М.А. Геоморфологический очерк залива Мегало-Яло и Балаклавской бухты // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: МГИ НАН Украины, 2006. Вып. 14. С. 209–214.

Попов М.А., Ковригина Н.П., Лисицкая Е.В. Комплексный мониторинг вод Балаклавской бухты // Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском бассейне и Мировом океане (юбилейный выпуск) // Сб. научных трудов. Керчь: ЮгНИРО, 2008. Т. 46. С. 118–124.

Попов М.А., Чепыженко А.И., Еремин И.Ю. Определение концентраций и пространственного распределения загрязняющих веществ в водах Балаклавской бухты гидрооптическими методами в осенний период // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005. Вып. 12. С. 202–207.

Топографическая карта. СССР. УССР. Крымская область. Севастополь. Масштаб 1:1 000 000, лист L-36-127. М.: Изд-во Генерального штаба СССР, 1988.

Поступила в редакцию 31.05.2017

Принята к публикации 21.05.2018

S.S. Mukhametov¹, S.I. Kondratyev²

EXTREME VALUES OF HYDROCHEMICAL PARAMETERS IN THE BALAKLAVA BAY WATER IN FEBRUARY 2015

In its natural-climatic features the Balaklava Bay is unique both for the southern shore of Crimea and the Black Sea as a whole. The hydrological and hydrochemical surveys of Sevastopol and Balaklava bays were performed during and immediately after extremely high rainfall events in February 2015. Surface water concentrations of all biogenic elements, such as phosphates, inorganic nitrogen and silicic acid, as well as the carbonate system values (total alkalinity, TCO_2), reached maxima for the whole period of observations.

Key words: oceanological research, hydrochemistry, extreme concentrations, coastal waters.

REFERENCES

Acihovskaya Zh.M., Subbotin A.A. Dinamika vod Balaklavskoj buhty i prilegayushchej akvatorii Chernogo morya [The dynamics of the waters of the Balaklava Bay and the adjacent Black Sea water area] // *Ekologiya morya*. 2000. Vyp. 50. S. 5–8 (in Russian).

Borovskaya R.V., Lomakin P.D., Popov M.A. Apvelling v Balaklavskoj buhte i prilegayushchih akvatoriayah Chernogo morya na baze sputnikovyh dannyh [Upwelling in the Balaklava Bay and adjacent waters of the Black Sea basing on the satellite data] // *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnye issledovaniya resursov shel'fa*. Sevastopol': EHKOSI-Gidrofizika, 2009. Vyp. 20. S. 171–178 (in Russian).

Eremeeva L.V., Romanov A.S., Ovsyanij E.I. i dr. Gidrohimicheskie issledovaniya v 33-m rejse nauchno-issledovatel'skogo sudna «Professor Kolesnikov». [Hydrochemical studies during the 33rd voyage of the research vessel «Professor Kolesnikov»]. Sevastopol', 1995. 42 s. (Preprint / NAN Ukrainy. MGI) (in Russian).

Kovrigina N.P., Popov M.A., Lisickaya E.V., Kuftarkova E.A., Gubanov V.I. Kompleksnyj monitoring vod Balaklavskoj buhty (Chernoje more) v period 2000–2007 gg. [Complex monitoring of the waters of the Balaklava Bay (the Black Sea) in the period of 2000–2007] // *Morskoy ehkologicheskij zhurnal*. 2010. № 4. S. 62–75 (in Russian).

Kovrigina N.P., Popov M.A., Lisickaya E.V., Senicheva M.I., Subbotin A.A. Ocenka antropogennogo vozdejstviya i sgonnagonnyh yavlenij na ehkologicheskoe sostoyanie vod Balaklavskoj buhty [Assessment of the anthropogenic impact and overtaking phenomena on the ecological state of waters of the Balaklava Bay] //

Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa. Sevastopol': EHKOSI-Gidrofizika, 2003. Vyp. 8. S. 105–114 (in Russian).

Kuftarkova E.A., Kovrigina N.P. O vliyaniy sbrosov stochnyh vod na gidrohimicheskuyu strukturu pribrezhnoj zony morya [On the impact of wastewater discharges on the hydrochemical structure of the coastal zone of the sea] // *Issledovaniya shel'fovoj zony Azovo-Chernomorskogo bassejna*. Sevastopol': MGI NANU, 1995. S. 65–70 (in Russian).

Kuftarkova E.A., Kovrigina N.P., Rodionova N.YU. Gidrohimicheskaya harakteristika vod Balaklavskoj buhty i prilegayushchej k nej pribrezhnoj chasti Chernogo morya [Hydrochemical characteristics of the waters of the Balaklava Bay and the adjacent coastal part of the Black Sea] // *Gidrobiologicheskij zhurnal*. 1999. T. 35. № 3. S. 88–99 (in Russian).

Lomakin P.D., Popov M.A. Sovremennoe sostoyanie osnovnyh komponentov ehkosistemy Balaklavskoj buhty po materialam kompleksnogo monitoringa InBYUM NAN Ukrainy [The current state of the main components of the ecosystem of the Balaklava Bay basing on the integrated monitoring data of the IBSS of the NAS of Ukraine] // *Vestnik Gidrometcentra Chernogo i Azovskogo morej*. 2011. Vyp. 1(12). S. 83–95 (in Russian).

Lomakin P.D., Popov M.A. Struktura i sezonnaya izmenchivost' termohalinnogo polya v Balaklavskoj buhte i prilegayushchej akvatorii Chernogo morya po dannyh kontaktnyh i sputnikovyh nablyudenij [Structure and seasonal variability of the thermohaline field in the Balaklava Bay and the adjacent Black Sea basin according to direct and satellite observations] // *Ekologicheskaya bezopasnost'*

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Oceanology, Senior Lecturer; e-mail: puffin@bk.ru

² Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Department of Marine Biochemistry, Senior Scientific Researcher, PhD. in Chemistry; e-mail: skondratt@mail.ru

pribeznoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa. Sevastopol': EHKOSI-Gidrofizika, 2010. Vyp. 23. S. 171–179 (in Russian).

Lomakin P.D., Popov M.A. Okeanologicheskaya karakteristika i ocenka zagryazneniya vod Balaklavskoj buhty [Oceanological characteristics and assessment of water pollution in the Balaklava Bay] Morskoy gidrofizicheskij institut NAN Ukrainy. Sevastopol', 2013. 188 s. (in Russian).

Lomakin P.D., Popov M.A., Kuftarkova E.A., Kovrigina N.P. Proyavlenie apvellinga v polyah gidrofizicheskikh i gidrohimicheskikh elementov na akvatorii Balaklavskoj buhty [The manifestation of upwelling in the fields of hydrophysical and hydrochemical elements in the water area of the Balaklava Bay] // Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa. Sevastopol': EHKOSI-Gidrofizika, 2010. Vyp. 23. S. 180–192 (in Russian).

Metody gidrohimicheskikh issledovanij okeana [Methods of hydrochemical ocean studies] / Pod red. O.K. Bordovskogo, V.N. Ivanenkova. M.: Nauka, 1978. 272 s. (in Russian).

Mezenceva I.V., Chajkina A.V., Klimenko N.P. Sovremennyj uroven' zagryazneniya vod akvatorii Balaklavskoj buhty [The current level of water pollution in the Balaklava Bay] // Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa. Sevastopol': EHKOSI-Gidrofizika, 2003. Vyp. 8. S. 115–118 (in Russian).

Mironov O.G., Kiryuhina L.N., Alemov S.V. Kompleksnye ekologicheskie issledovaniya Balaklavskoj buhty [Complex environmental studies of the Balaklava Bay] // Ekologiya morya. 1999. № 49. S. 16–20 (in Russian).

Ovsyanij E.I., Kotel'yanec E.A., Orekhova N.A. Mysh'yak i tyazhelye metally v donnyh otlozheniyah Balaklavskoj buhty (Chernoe more) [Arsenic and heavy metals in the bottom sediments

of the Balaklava Bay (the Black Sea)] // Morskoy gidrofizicheskij zhurnal. 2009. № 4. S. 67–80 (in Russian).

Popov M.A. Geomorfologicheskij ocherk zaliva Megalo-Yalo i Balaklavskoj buhty [Geomorphological sketch of the Megalo-Yalo Bay and the Balaklava Bay] // Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa. Sevastopol': MGI NAN Ukrainy, 2006. Vyp. 14. S. 209–214 (in Russian).

Popov M.A., Chepyzhenko A.I., Eremin I.YU. Opredelenie koncentracij i prostranstvennogo raspredeleniya zagryaznyayushchih veshchestv v vodah Balaklavskoj buhty gidroopticheskimi metodami v osennij period [Determination of concentrations and spatial distribution of pollutants in the waters of the Balaklava Bay using hydro-optical methods in the autumn] // Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa: Sb. nauchnyh trudov. Sevastopol': EHKOSI-Gidrofizika, 2005. Vyp. 12. S. 202–207 (in Russian).

Popov M.A., Kovrigina N.P., Lisickaya E.V. Kompleksnyj monitoring vod Balaklavskoj buhty [Integrated monitoring of the waters of the Balaklava Bay] // Osnovnye rezul'taty kompleksnyh issledovanij v Azovo-Chernomorskom bassejne i mirovom okeane (yubilejnyj vypusk). Kerch': YUgNIRO, 2008. T. 46. S. 118–124 (in Russian).

Topograficheskaya karta. SSSR. USSR. Krymskaya oblast'. Sevastopol'. [Topographic map. The USSR. USSR. The Crimean Region. Sevastopol] Masshtab 1:1 000 000, list L-36-127. M.: Izdvo: General'nogo shtaba SSSR, 1988 (in Russian).

Zima V.V., Shapovalov YU.I., Shchetinin YU.T. Rezul'taty opytnoj ekspluatsii avtonomnogo gidrozonda MGI-4117 // Ehkologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa [The results of the experimental operation of the MGI-4117 autonomous hydrosonde]. Sevastopol': MGI NAN Ukrainy, 2000. S. 334–338 (in Russian).

Received 31.05.2017

Accepted 21.05.2018

УДК 5-502/504

Л.А. Казанцева¹, А.Е. Сиппель²

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА ТЕРРИТОРИИ СОРОКИНСКОГО РАЙОНА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Выявлена проблема в области обращения с ТБО на территории Сорокинского района; на основе расчетных данных установлена пожарная опасность ТБО на полигоне; рассчитано количество выделяемого при пожаре свалочного газа и процентное содержание токсичных элементов; предложен проект по утилизации ТБО.

Ключевые слова: экология, полигон, утилизация, пожар.

Введение. Жизнедеятельность человека связана с появлением огромного количества разнообразных отходов, которые необходимо утилизировать. В настоящее время вопрос образования отходов, обращения с ними и оценка их пожарной опасности является актуальным, особенно на селитебных сельских территориях [Казанцева, 2015].

Проблемы пожаров, пожарной опасности и способов борьбы с ними подняты во многих отечественных и зарубежных публикациях, но при этом не оценивается риск их возникновения на сельской местности [Пепеляева, 2017]. В пятидесятых годах XX века вклад в исследование этого вопроса внесли С.Н. Минаев, В.М. Гаврилей, В.Л. Семиков, Р.Г. Панова, Е.А. Мешалкин, А.Г. Фирсова.

Анализ литературных источников позволяет сделать вывод, что в настоящее время в мире нет единого метода оценки пожарного риска, который бы учитывался всеми нормативно-правовыми актами и регламентировал нормы пожаробезопасности.

Материалы и методы. Для оценки ситуации обращения с твердыми бытовыми отходами на территории Сорокинского района Тюменской области рассмотрены законодательные и нормативные акты Российской Федерации, постановления и распоряжения администрации района, материалы производственных и преддипломной практик.

Примененные методы анализа (сравнения, статистический) позволили оценить следующие показатели: частоту возгорания ТБО, количество выделяемого свалочного газа, степень опасности выделения токсичных элементов при пожаре на изученной территории.

Бытовые отходы содержат горючие компоненты, в последнее время наблюдается рост числа пожаров мусора, что усугубляет и без того неблагоприятную экологическую обстановку.

Сорокинский район является одной из муниципальных единиц Тюменской области, общая площадь которой составляет 2,7 тыс. км².

На территории преимущественно развито сельское хозяйство, что обусловлено удаленностью от железнодорожного, авиа и речного транспорта.

Специализация района определяет состав выбросов, наибольшее количество которых приходится на твердые отходы.

Результаты исследования и их обсуждение. В настоящее время одним из основных методов санитарной очистки городов и населенных пунктов от ТБО является их депонирование на полигонах и свалках. Только официальными площадками для хранения и утилизации отходов занято около 10 га (15 футбольных полей), а по подсчетам департамента природопользования Тюменской области, эта цифра в 4 раза больше [Состояние окружающей среды ..., 2015].

На территории Сорокинского района находится 26 площадок для хранения мусора и один полигон, но этого количества недостаточно.

Для свалок характерно накопление органического горючего вещества, что приводит к риску возникновения пожаров (рис.).

Процесс горения происходит при накоплении избыточного количества кислорода в мусоре. Если воздухообмен в толще полигона недостаточен, то происходит процесс самовозгорания. Свалочный газ, выделяющийся во время функционирования полигона, также может служить причиной пожара. Основными газами в составе свалочного биогаза являются диоксид углерода и метан, которые взрывоопасны, и при избыточном скоплении могут привести к самовозгоранию [Алешина, 2014].

Биогаз, образующийся в результате деятельности анаэробных бактерий, представляет собой горючую смесь, состоящую из 50–70% метана (CH₄), около 30% занимает углекислый газ (CO₂), остальную долю – сероводород (H₂S), аммиак (NH₃), водород (H₂) и оксид углерода (CO).

Процесс распада органической составляющей полигона подразделяется на 5 фаз: аэробного разложения; кислого брожения; анаэробного разложе-

¹ Тюменский индустриальный университет, инженерно-экономический институт, кафедра техносферная безопасность, канд. геол.-минерал. н., доцент; e-mail: kazantsevala@tyuiu.ru

² Тюменский индустриальный университет, инженерно-экономический институт, кафедра техносферная безопасность, магистр; e-mail: pepelyaeva.ae@mail.ru

ния с непостоянным выделением метана; анаэробного разложения с максимальным выделением метана; затухания анаэробных процессов.

Первая и вторая фазы протекают в течение первого месяца депонирования ТБО, в то время как длительность третьей фазы, в зависимости от количества отходов и условий окружающей среды, может достигать до 800 дней; четвертой фазы – от 10 лет. На этапе четвертого периода образуется максимальное количество биогаза – около 80% от общего количества [Венцюлис, 2007].

Полигон на территории с. Сорокино основан в 2005 г., следовательно, он находится на четвертой фазе своего функционирования, что позволяет рассчитать количество образованного биогаза [Рябов, 2011].

Для расчета метанового брожения и выхода биогаза использована формула:

$$Q_w = 10 - 6R(100 - W)(0,92Ж + 0,62У + 0,34Б).$$

Определим весовое содержание компонентов в биогазе. Обычно средняя плотность биогаза имеет пределы 0,94–0,97 кг/м³ плотности воздуха, что меньше плотности воздуха (1,2928 кг/м³).

Процентное содержание компонентов в биогазе ($C_{вес i}$, %) определено по формуле:

$$C_{вес i} = 10^{-4} \frac{C_i}{\rho_{бг}},$$

Максимально разовый выброс с полигонов составляет:

$$P_{уд.г} = \frac{C_{вк i} \cdot P_{уд}}{100} \text{ (кг/т отходов в годотходов в год)}.$$

Примерный состав биогаза, который образуется на полигоне, класс опасности и предельнодопустимые концентрации приведены в табл. 1.

Скорость выделения биогаза зависит от состава отходов, времени и условий хранения, но в нем

Ситуации



Статистика пожаров на территории Сорокинского района с 2010 по 2016 гг.

Number of fires within the territory of the Sorokinsky raion during 2010–2016

всегда есть вредные или токсические соединения. Известно, что у населения, проживающего вблизи свалок, повышен риск некоторых заболеваний, в частности, онкологических. Биогаз способен самовоспламениться, а поджоги только увеличивают частоту пожаров. Хотя состав продуктов горения мусора практически не исследован, можно полагать, что эти выбросы более опасны, чем выбросы мусоросжигательных установок (МСУ), состав которых хорошо изучен, и более опасны, чем выбросы биогаза. При горении бумаги, ПВХ и других материалов, присутствующих в мусоре, образуются диоксины; при горении «городского» мусора: листьев, сучьев, веток концентрация Zn, Cd в почвах увеличивается до 79 мг/кг при фоновом уровне 30–50 мг/кг.

Концентрация некоторых продуктов горения (CO₂, CO, SO₂, NO₂, H₂S) определена экспериментально при сжигании ТБО на свалках в лабораторных условиях и расчетным путем, а затем сопоставлена с таковой выбросов МСУ.

Проведен расчет максимальной приземной концентрации веществ в атмосфере для полигона ТБО и несанкционированных свалок, которые расположены хаотично, в непосредственной близости от населенных пунктов или мест отдыха людей (табл. 2).

Таблица 1

Примерный состав биогаза, образующегося на полигоне ТБО, и результаты расчетов

Код	Наименование вещества	Класс опасности	ПДК мг/м ³	Выброс вещества	
				г/с	т/год
301	Азота диоксид	3	0,2	0,017	0,637
303	Аммиак	4	0,2	0,04	1,481
330	Ангидрит сернистый	3	0,5	0,007	0,259
333	Сероводород	2	0,008	0,002	0,096
337	Углерода оксид	4	5	0,021	0,077
410	Метан	4	5	4,272	174,89
616	Ксилол	3	0,2	0,002	1,542
621	Толуол	3	0,6	0,058	2,146
627	Этилюбензол	2	0,035	0,007	0,261
325	Формальдегид	3	0,02	0,007	0,259

Таблица 2

ПДК веществ на полигоне при обычном функционировании и при пожаре

Компонент	ПДК, мг/м ³	При горении, мг/ м ³	При обычном функционировании	
			г/с	т/г
NO ₂	0, 2	1,50	0,017	0,637
SO ₂	0,008	0,39	0,002	0,096
CO	5	7,69	0,021	0,077

При горении ТБО предельно допустимые концентрации веществ будут превышены в несколько десятков раз.

В настоящее время большой проблемой является отсутствие легальной сортировки мусора, а также выбрасывания на свалки отходов, которые могут быть переработаны. В Тюменской области стартует проект по утилизации мусора, строятся 4 мусороперерабатывающих завода: в Тюмени, Ялуторовске, Тобольске и Ишиме. Уже сейчас прокладываются логистические маршруты.

Сегодня утилизация мусора выглядит следующим образом: граждане сельского поселения складывают весь мусор на своей дворовой территории, а через некоторое время вывозят его на ближайшую свалку, а порой и просто на ближайшую поляну. Иногда свалки находятся на небольшом расстоянии от населенного пункта, а от некоторых населенных пунктов до полигона депонирования отходов расстояние составляет до 20 км.

В продолжение экологической политики Тюменской области для утилизации ТБО был выбран метод складирования их на полигоне, как наиболее экономически выгодный способ для переработки небольшого объема отходов. Проводится раздельный сбор ТБО со всего Сорокинского района и перевозится на хранение на полигон, который будет разделен на 4 площадки. Имея данные о количестве получаемых отходов, необходимо будет рассчитать вместимость полигона, а также экономические затраты на перевоз мусора на ближайший мусороперерабатывающий завод. В данном случае, это завод около города Ишима. Объем переработанных отходов составляет 25 тыс. т/год. По расчетам, на переработку будет отправляться до 80% отходов.

Складирование мусора на свалках несет за собой большую опасность: отходы разлагаются, вследствие чего в атмосферу выделяется свалочный газ, который приводит к развитию множества заболеваний и, нередко, к самовоспламенению. Чтобы исключить эти последствия необходим полигон, который должен иметь ряд защитных сооружений, а также тщательное проектирование на этапе сооружения.

Оценка возможности организации полигона для депонирования ТБО включает в себя следующие аспекты: транспортные; геолого-геоморфологические; эстетические (защищенность территории, консервацию землепользования, пригодность для сельскохозяйственной деятельности); вопросы безопас-

ности (находится ли место около аэропорта, близость территории полигона к жилой и прочим застройкам); возможность восстановления, реконструкции и расширения полигона.

Под транспортным аспектом понимается беспрепятственный доступ автомобилей для подъезда к месту складирования. Полигон должен находиться на равноудаленном расстоянии от населенных пунктов для минимизации затрат на бензин.

Геолого-морфологические характеристики местности обязательно должны учитываться при проектировании полигона. Недопустима близость к естественным водным источникам и к источникам водоснабжения населенных пунктов, так как это приводит к эвтрофикации водоема.

Очень важен характер грунтов и уровень залегания грунтовых вод. Близкое залегание грунтовых вод на территории полигона подвергает воды насыщению органическими соединениями, что в свою очередь может повлечь за собой вспышки инфекционных заболеваний. Лучшими для основания полигона являются суглинистый и глинистый состав почв.

Учитываются и другие природные особенности выбранного для депонирования ТБО места: доминирующие ветры, количество осадков, температурный интервал, глубина промерзания грунта.

На территории района предлагается внедрить проект по обустройству на действующем полигоне мусоросортировочного цеха. Внедрение данного проекта позволит избавиться от многочисленных мусорных свалок, поможет поддерживать населенные пункты Сорокинского района в чистоте, организация мусороперерабатывающего цеха позволит вторично использовать отходы ТБО и не складировать их на полигонах.

На первом этапе реализации проекта на конкурсной основе отбирается частный оператор, который будет организовывать утилизацию ТБО. Затем оператор проводит комплексное переустройство мусоросборочных пунктов; закупает оборудование для осуществления раздельного сбора отходов (макулатуры, полимеров, металла); проводит организацию сортировки отходов в соответствии с их групповой принадлежностью на полигоне. Далее часть отходов захороняется на полигоне, часть вывозится на ближайший мусороперерабатывающий завод (г. Ишим) для вторичной переработки.

Достаточно проблемным является уничтожение пищевых отходов, так как именно этот вид утили-

Таблица 3

Состав выбрасываемых ТБО в год от одного человека

Компонент	Процентное содержание (по массе), %	Количество, кг/год на человека
Бумага, картон	38	76
Пищевые отходы	34	68
Древесина	3	8
Стекло	4	7
Пластмасса	8	26
Металл	3	8
Прочее	10	57
Итого:	100	250

лизации не предусмотрен в проекте мусороперерабатывающего завода в Ишиме. Поэтому предлагается технология изготовления домашнего компостирования.

Данная технология является идеальным решением в селе, где в каждом жилом доме есть садово-огородный участок, жители не откажутся от почти бесплатного источника удобрений. Преимуществом является уменьшение объема конечного продукта и его разложение за счет биологических процессов. Недостатком является то, что в случае неосторожности в компост могут попасть стекло, камни, кусочки кожаных изделий, которые не расщепляются бактериями.

Для применения компостирования необходимо минимальное количество вложений. Устанавливается емкость для складирования пищевых отходов, которая должна закрываться крышкой для того, чтобы в емкость не попадали грызуны. Крышка не должна препятствовать циркуляции воздуха. Для лучшей циркуляции воздуха на дно компостера засыпается слой измельченной древесины мощностью 5–10 см. Поверх щепок засыпается слой почвы, в котором будут размножаться микроорганизмы.

Компостер может быть сделан из дерева, пенопласта, сетки или даже из старого холодильника при условии отсутствия в нем мотора и хладагента. Без разрешения соседей компостер должен располагаться на расстоянии 15 м от соседнего участка, а в случае согласия – на расстоянии 5 м. Если планируется пользоваться компостером в холодное время года, то следует учитывать, что компостная фракция под влиянием отрицательных температур увеличивается в объеме. Однако от этого компост не портится и весной оттаивает без потери органических веществ. Компостная масса созревает в течение 3–6 месяцев. Перегнивший компост имеет вид обычной земли черного цвета и с характерным земельным запахом. Его можно применять для подкормки кустарников и растений; на компосте хорошо произрастают кабачковые культуры.

Проект является достаточно перспективным, ведь тема утилизации отходов в нашем современном мире становится как никогда острой. Для участия в нем привлекаются как местные власти, так и частные подрядчики.

Известно, что в среднем на одного жителя Сорокинского района приходится около 350 кг ТБО в год (табл. 3).

Отходы будут транспортироваться на мусоросортировочный завод в г. Ишим. Отходы, непригодные для вторичной переработки, будут спрессованы и утилизированы на полигоне.

Такой подход позволит занимать меньшую площадь на полигоне и экономить как на транспортных расходах, так и на обслуживании полигона.

Выводы:

- выявлена проблема хранения и переработки твердых бытовых отходов на территории Сорокинского района Тюменской области;

- на территории района официально зарегистрировано только одно мусорохранилище и один скотомогильник. Этого недостаточно для такого большого района;

- полигон ТБО построен в середине 90-х годов XX века, поэтому многим современным правилам и нормам он не соответствует. В теле полигона активно выделяется свалочный биогаз, неконтролируемая эмиссия которого приводит к возникновению пожара и увеличению риска взрывов. Именно поэтому здесь ежегодно фиксируется самовозгорание мусора;

- по результатам расчетов, в продуктах сгорания отходов токсичных веществ в сотни раз больше, чем при обычной эксплуатации полигона ТБО;

- благодаря проекту по совершенствованию методов переработки и уничтожения ТБО, 65% отходов будут подлежать вторичной переработке;

- построены оптимальные логистические маршруты с учетом объема образования отходов, разработана схема транспортировки и утилизации мусорных отходов на мусоросортирующем заводе в г. Ишиме;

- данный проект требует определенных вложений, но он необходим для сохранения стабильной экологической обстановки на территории Сорокинского района, а также может быть использован для внедрения на территории других муниципальных районов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алешина Т.А. Причины возгораний на свалках ТБО // Вестн. МГСУ. 2014. № 1. С. 119–124.

Венчулис Л.С., Скорик Ю.И., Флоринская Т.М. Система обращения с отходами: принципы организации и оценочные критерии. СПб: ПИЯФ РАН, 2007. 207 с.

Казанцева Л.А., Воробьева С.В., Пепеляева А.Е. Влияние природных и социальных факторов на качество жизни населения (на примере Сорокинского района) // Естественные и технические науки. 2015. № 12(90). С. 96–99.

Пепеляева А.Е. Источники и причины пожарной опасности твердых бытовых отходов // Мат-лы международной и научно-практической конференции «Научная и производственная деятельность – средство формирования среды обитания человечества». Тюмень: ТИУ, 2017. С. 243–245.

Рябов Ю.В. Разработка универсальной методики расчета экологического риска возникновения пожара на несанкционированных свалках. СПб.: Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, 2011. 166 с.

Сводная статистика пожаров в Российской Федерации // Электронная энциклопедия пожарной безопасности, 2017 URL: <http://wiki-fire.org/> Сводная статистика пожаров в Российской Федерации (дата обращения 04.05.2017).

Состояние окружающей среды Тюменской области в 1 квартале 2015 года. Департамент экологии и недропользования Тюменской области, 2015 URL: https://admtumen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11292032cms Article

Поступила в редакцию 14.07.2017
Принята к публикации 21.05.2018

L.A. Kazantseva¹, A.E. Sippel²

ENVIRONMENTAL AND FIRE DANGER OF A SOLID WASTE LANDFILL WITHIN
THE TERRITORY OF THE SOROKINSKY RAION
(THE TYUMEN OBLAST)

The paper identifies the problem of solid waste management within the territory of the Sorokinsky raion; basing on the calculated data the fire hazard of solid waste at the landfill site is evaluated; the amount of landfill gas and the percentage content of toxic elements released during fire are calculated; a project on solid waste disposal is suggested.

Keywords: ecology, landfill, disposal, fire.

REFERENCES

Alyoshina T.A. Prichiny vozgoraniy na svalkah TBO [Causes of fires at landfills] // Vestnik MGSU. 2014. № 1. P. 119–124 (in Russian).

Kazantseva L.A., Vorobyova S.V., Pepelyaeva A.E. Vliyaniye prirodnykh i sotsialnykh faktorov na kachestvo zhizni naseleniya (na primere Sorokinskogo raiona) [The impact of natural and social factors on the quality of life of the population (case study of the Sorokinsky district)] // Estestvennyye i technicheskie nauki. 2015. № 12(90). P. 96–99 (in Russian).

Pepelyaeva A.E. Istochniki i prichiny pozharnoy opasnosti tverdykh bytovykh othodov [Sources and causes of fire hazard of solid waste] // Materials of the international and scientific and practical conference «Scientific and Production Activity – Means of Formation of the Habitat of Mankind». Tyumen: TIU, 2017. P. 243–245 (in Russian).

Ryabov Yu.V. Razrabotka universalnoy metodiki rascheta ekologicheskogo riska vozniknoveniya pozhara na nesankcionirovannykh svalkah [Elaboration of a universal procedure

for calculating the environmental risk of fire within unauthorized landfills]. SPb.: St. Petersburg research center of ecological safety of RAS, 2011. 166 p. (in Russian).

Svodnaya statistika pozharov v Rossiyskoy Federacii [Summary statistics of fires in the Russian Federation] // Electronic encyclopedia of fire safety, 2017 URL: <http://wiki-fire.org/> Сводная статистика пожаров в Российской Федерации (Accessed on 5/4/2017) (in Russian).

Sostoyaniye okruzhayushey sredy v Tyumenskoy oblasti v pervom kvartale 2015 goda [The state of the environment of the Tyumen oblast in the 1st quarter of 2015]. Departament ekologii i nedropolzovznyiia Tyumenskoy oblasti, 2015 URL: https://admtumen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11292032cms Article (in Russian).

Ventsyulis L.S., Skorik Yu.I., Florinsky T.M. Sistema obrascheniya s othodami: principy organizacii i ochenochnye kriterii [Waste management system: principles of organization and evaluation criteria]. SPb: PIYAF RAN, 2007. 207 p. (in Russian).

Received 14.07.2017
Accepted 21.05.2018

¹ Tyumen Industrial University, Engineering and Economic Institute, Department of Technosphere Safety, Associate Professor, PhD. in Geology and Mineralogy; *e-mail:* kazantsevala@tyuiu.ru

² Tyumen Industrial University, Engineering and Economic Institute, Department of Technosphere Safety, master student; *e-mail:* pepelyaeva.ae@mail.ru

МЕТОДЫ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК: 910 + 913

С.Н. Бобылев¹, В.С. Тикун², О.Ю. Черешня³

УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ В РЕГИОНАХ РОССИИ

Сделана попытка оценить степень развития цифровой экономики в регионах Российской Федерации на основе доступных статистических индикаторов и с учетом существующих международных практик, в частности индекса цифровой экономики и общества I-DESI, опубликованного Европейской комиссией в 2016 г. Для оценки были использованы индикаторы, характеризующие инфраструктуру, человеческий капитал и цифровое правительство. Показано глубокое цифровое неравенство регионов страны, сопоставимое с неравенством между развитыми и развивающимися странами.

Ключевые слова: инфраструктура, человеческий капитал, цифровое правительство.

Введение. На современном этапе развития человечества становится все более очевидно, что данные в цифровой форме являются ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической, культурной и др. деятельности, эти данные необходимы для гармонизации взаимоотношений с окружающей средой. Чтобы максимально использовать преимущества цифровых преобразований для инноваций, роста и социального процветания, правительства многих стран мира, включая Россию, фокусируют усилия на цифровой трансформации, улучшении измерений и разработке комплексных решений для всего управленческого подхода.

В 1995 г. информатик Николас Негропonte из Массачусетского университета ввел понятие «цифровая экономика». Изначально речь шла о разновидностях коммерческой деятельности в интернете, прежде всего о продаже товаров и услуг, основную массу которых составляли электронные игры, книги, фильмы, музыка, новостные сообщения, программное обеспечение. Сегодня существуют разные подходы к определению цифровой экономики. Одни выделяют в эту категорию только сектор информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и СМИ, другие трактуют это понятие значительно шире. Согласно определению Мирового банка, это система экономических, социальных и культурных отношений, основанных на использовании цифровых информационно-коммуникационных технологий [World Bank, 2016]. Это и мобильный интернет, социальные сети, телемедицина и дистанционное образование, краудфаундинг, микросервисная архитектура, машинное обучение, искусственный интеллект, Big Data, криптовалюты, и еще многое другое. «Оцифрование» в различных направлениях социолого-экономического преобразования является

важнейшим для перехода мирового социума к устойчивому развитию [Доклад о человеческом развитии, 2016]. Количественная идентификация процессов устойчивости позволяет осуществлять их мониторинг и в определенной степени контролировать и корректировать. В ряде публикаций авторов подчеркивается целесообразность встраивания Целей устойчивого развития ООН (Sustainable Development Goals), адаптированных в российском контексте, на нормативно-правовом и программном уровнях с учетом научно-методического, финансового и информационного обеспечения [Бобылев, Соловьева, 2017].

За последние десять лет количество пользователей интернета выросло более чем втрое: с 1 млрд в 2005 г. до 3,2 млрд в 2015 г. [ICT, 2015]. Интернет и растущие вычислительные мощности приводят к расширению взаимосвязей, обеспечивающих распространение цифровизации во всем мире и цифровую трансформацию общества. Вместе они образуют экосистему технологий, лежащую в основе широкомасштабной и быстрой цифровой трансформации экономики и общества, и, во все большей степени, правительства. Новыми компонентами этой цифровой экосистемы являются:

- интернет вещей (Internet of Things), включающий устройства и объекты, состояние которых может быть изменено через Интернет, с активным участием пользователей или без них;
- анализ больших данных (Big data analytics), представляющий собой набор методов и инструментов, используемых для обработки и интерпретации больших объемов данных, генерирующихся за счет увеличения оцифровки контента, в частности такой их разновидности, как Big Earth Data. Было предсказано, что мировой объем данных возрастет до

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, экономический факультет, кафедра экономики природопользования, зав. каф., профессор, докт. эконом. н.; *email:* snbobylev@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория комплексного картографирования, зав. лабораторией, профессор, докт. геогр. н.; *email:* vstikunov@yandex.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория комплексного картографирования, науч. с., канд. геогр. н.; *email:* chershnya.o@yandex.ru

40 триллионов гигабайт к 2020 году, удваиваясь каждые два года [Gantz, Reinsel, 2012]. Исследования показывают, что около 80% данных связаны с геоданными [Li., 2014];

- искусственный интеллект, который можно понимать как механизм, выполняющий человекоподобные когнитивные функции, в том числе для географических нужд [Тикуннов, 1989]. Его быстрое распространение обусловлено недавними успехами в машинном обучении (Machine Learning), автоматически идентифицирующем шаблоны в больших наборах данных;

- блокчейн (Blockchain) – это децентрализованная технология, обеспечивающая хранение данных, экономические транзакции и другие одноранговые взаимодействия [OECD, 2017].

Многие другие технологии необходимы для современных цифровых преобразований и могут быть интегрированы в уже существующую экосистему технологий, включая облачные вычисления, сетевые и нейронные вычисления, виртуальную реальность, дополненную реальность и т. д. [Душнюк, Тикуннов, 2011; Tikunov, 1996].

В России тенденция цифровизации отразилась в программе «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р., в которой подчеркивается необходимость создания условий для развития цифровой экономики, что способствует повышению конкурентоспособности страны, качества жизни граждан, обеспечивает экономический рост и национальный суверенитет.

Помимо указанной выше программы были приняты: Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 гг. (Указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы»), Программа Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации («О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642).

В статье сделана попытка оценить степень развития цифровой экономики в регионах Российской Федерации на основе доступных индикаторов и с учетом международного опыта.

Материалы и методы исследований. Для международных сравнений разработан Индекс цифровой экономики и общества I-DESI, опубликованный Европейской комиссией в 2016 г. [International ..., 2016]. Индекс позволяет сравнивать развитие цифровой экономики в России и в странах Европейского союза, а также в Исландии, Японии, США и других странах. Индекс I-DESI рассчитан для 28 стран-членов ЕЭС и для 15 стран, не входящих в ЕЭС, по 18 ключевым индикаторам, значимым и статистически обеспеченным в большинстве стран мира. Ключевые индикаторы объединены по пяти компонентам:

- обеспечение доступности связи;
- человеческий капитал;
- использование сети интернет;
- внедрение цифровых технологий в бизнесе;
- цифровые услуги общего пользования для населения.

Доступность связи и возможности подключения зависят от развертывания широкополосной инфраструктуры и ее качества. Обеспеченность услугами быстрого широкополосного доступа является необходимым условием конкурентоспособности.

Человеческий капитал отражает навыки, необходимые для использования возможностей, предлагаемых цифровым обществом. Учитываются основные навыки пользователей, позволяющие взаимодействовать в интернете и потреблять цифровые товары и услуги, а также специальные знания для использования информационно-коммуникационных технологий.

Использование интернета населением учитывает различные виды деятельности. Такая деятельность варьируется от потребления онлайн-контента (видео, музыки, игр и др.) до современных коммуникаций, интернет-магазинов и банковских услуг.

Применение цифровых технологий в бизнесе показывает встраивание бизнеса в цифровую экономику. Используя их, бизнес может повысить эффективность, сократить расходы и привлечь клиентов, деловых партнеров. Интернет предлагает доступ к более широким рынкам и потенциал для роста.

Использование цифровых технологий для предоставления общественных услуг измеряет развитие электронного правительства. Модернизация и оцифровка государственных услуг направлена на повышение эффективности государственного управления, предоставление более качественных услуг гражданам и бизнесу.

Индекс I-DESI складывается из подиндексов по каждому из пяти компонентов, что позволяет оценить позицию страны по отдельным компонентам по балльной шкале от 0 до 1. 1 балл означает наиболее высокий уровень прогресса в достижении цифровой экономики, а 0 – наихудший результат. Для вычислений используется метод нормирования и агрегирования индикаторов. Нормирование показателей проведено по методу линейного масштабирования, отслеживающего динамику реального роста/снижения каждого показателя относительно стабильных референтных точек (максимальных и минимальных значений показателя). Рассчитываются нормированные показатели, то есть мера отклонения величины показателя в конкретный год от максимального и минимального значений показателя. Агрегирование показателей производится внутри каждого компонента с учетом веса отдельных показателей и далее по пяти компонентам в целом.

Результаты и их обсуждение. Наивысшее значение индекса I-DESI имеет Исландия (0,66), индекс России составил 0,47 балла (рис. 1). За Исландией следуют 3 страны-члены ЕЭС, имеющие самый высокий рейтинг внутри ЕЭС (Дания,

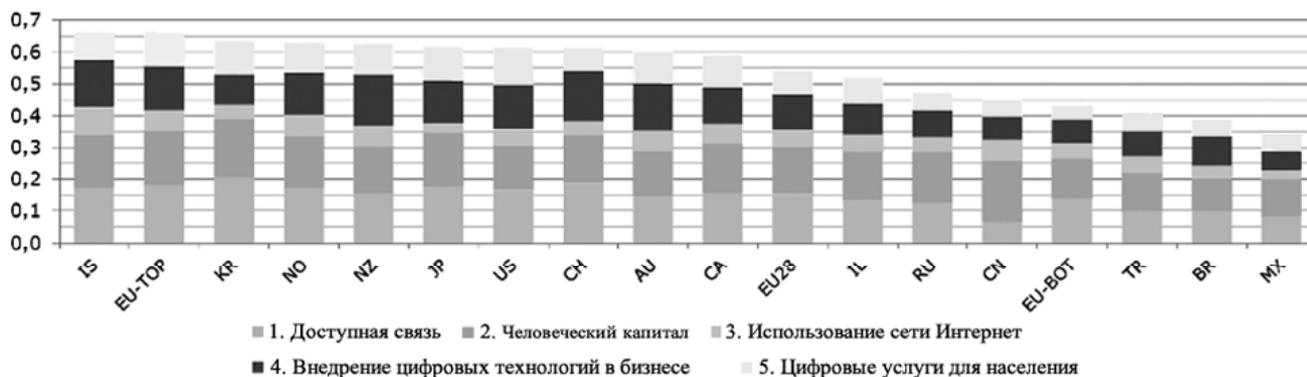


Рис. 1. Ранжирование стран по индексу I-DESI 2015, в баллах от 0 до 1. Страны: IS – Исландия, EU-TOP – среднее для стран лидеров ЕС, KR – Корея, NO – Норвегия, NZ – Новая Зеландия, JP – Япония, US – США, CH – Швейцария, AU – Австралия, CA – Канада, EU – 28 – среднее для 28 стран ЕС, IL – Израиль, RU – Россия, CN – Китай, EU-BOT – среднее для стран аутсайдеров ЕС, TR – Турция, BR – Бразилия, MX – Мексика

Fig. 1. Ranking of countries on the I-DESI 2015 index, in points from 0 to 1. Countries: IS – Iceland, EU-TOP (EU Top), KR – S.Korea, NO – Norway, NZ – New Zealand, JP – Japan, US – USA, CH – Switzerland, AU – Australia, CA – Canada, EU – 28 countries, IL – Israel, RU – Russia, CN – China, EU-BOT (EU Bottom), TR – Turkey, BR – Brazil, MX – Mexico

Великобритания, Швеция). Корея дополняет первую тройку, имея рейтинг 0,64. Рейтинг Японии, США и Швейцарии – 0,62 превышает средний по ЕС – 0,54, но уступает Норвегии и Новой Зеландии – 0,63. Рейтинг Австралии и Канады также выше среднего по ЕС, тогда как рейтинг России – 0,47 несколько отстает от ЕС. Россия опережает Китай и страны-члены ЕЭС, имеющие низкий рейтинг внутри ЕЭС (Румыния, Болгария и Польша). Турция, Бразилия и Мексика отстают от всех стран ЕС. В частности, Бразилия (0,38) и Мексика (0,34) занимают последние места в общем рейтинге.

Компонент «Доступность связи и возможности подключения» в России оценен в 0,50 балла, что ниже среднего по ЕС уровня (0,61). Наибольшую доступность связи имеют Корея (0,81) и Швейцария (0,75), наименьшую – Китай (0,27) и Мексика (0,33).

По компоненту «Человеческий капитал» Россия имеет 0,63 балла, превышая средний по ЕС уровень – 0,59. Китай (0,76) и Корея (0,75) лидируют в отношении человеческого капитала. Высокий китайский балл обусловлен большой численностью населения и значительной долей технически ориентированных студентов. Затем следуют 3 страны-члены ЕЭС, имеющие самый высокий рейтинг внутри ЕЭС (Швеция, Финляндия и Великобритания). Япония занимает четвертое место, США (0,56) находится ниже среднего по ЕС уровня.

По использованию интернета Россия (0,32) находится ниже среднего по ЕС уровня (0,38), тогда как Исландия (0,61) занимает 1 место. Бразилия, Япония и Мексика занимают последние три места.

Применение цифровых технологий в бизнесе распространено в России меньше (0,43), чем в среднем по странам ЕЭС (0,55). В наибольшей степени цифровые технологии распространены в Новой Зеландии (0,79), в Швейцарии (0,78) и в Австралии (0,75), в наименьшей степени – в Мексике (0,30).

По использованию цифровых технологий для предоставления общественных услуг Россия (0,36) находится ниже среднего по ЕС уровня (0,47), первое место занимает США (0,79). Три европейские страны – Мальта, Хорватия и Болгария – имеют наименьший балл (0,26) по цифровым услугам общего пользования для населения.

Оценка уровня развития цифровой экономики в регионах России. Действующая российская статистика изучает процессы в области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) по ограниченному набору социально-экономических индикаторов. Исходя из доступного набора данных, для анализа развития цифровой экономики в России выделены следующие факторы:

- инфраструктура;
- человеческий капитал;
- цифровое правительство.

Инфраструктура – важнейший фактор для развития цифровой экономики, ее основа, так как именно интернет и растущие вычислительные мощности приводят к расширению взаимосвязей, обеспечивающих распространение цифровизации во всем мире и цифровую трансформацию общества. При этом около 60% жителей планеты по-прежнему не имеет доступа к интернету, возможности его использовать или средств для его оплаты. Большинство из них находятся в Индии и Китае, однако и в Северной Америке доступ к интернету отсутствует у 120 миллионов человек. Только 15% населения мира имеют доступ к широкополосному интернету [World Bank, 2016]. Такое цифровое неравенство внутри стран может быть столь же сильно, как и между различными странами. Наблюдается неравенство в доступе между группами с разным уровнем дохода, между сельской и городской местностью. Именно поэтому так важно изучать доступность широкополосного интернета в региональном разрезе. По

данным Минкомсвязи России [Информационное общество ..., 2017], в 2015 г. интернет использует 77,7% населения, число абонентов фиксированного широкополосного доступа к интернету – 18,3 на 100 человек населения, а мобильного – 68,1 на 100 человек населения. По распространению широкополосного доступа Россия несколько отстает от стран Европы (в среднем 29,6 абонента на 100 человек фиксированного и 78,2 абонента мобильного широкополосного доступа в интернет). В регионах страны наблюдаются значительные различия в развитии современных средств интернет-коммуникаций. Больше всего абонентов фиксированного широкополосного доступа к сети интернет в расчете на 100 человек в Новосибирской области (30,9), в Москве (30,4) и Республике Карелия (28,9). Меньше всего – в Республике Ингушетия (0,3), Чеченской Республике и в Республике Дагестан (1). Наибольшее число активных абонентов мобильного широкополосного доступа к сети интернет в расчете на 100 человек зафиксировано в Москве и Московской области (104), Иркутской области (101,8) и Камчатском крае (101). Наименьшее – в Республике Крым и городе Севастополь (1), Челябинской области (40,8) и Воронежской области (41,2). К особенностям цифровой инфраструктуры в России можно отнести преобладание мобильного широкополосного доступа над традиционным фиксированным, особенно в труднодоступных регионах (Магаданской, Иркутской областях, Камчатском крае, Магаданской области). На рис. 2 показан рассчитанный авторами совокупный показатель абонентов фиксированного и мобильного

доступа к широкополосному интернету. По совокупному показателю лидируют Москва, Санкт-Петербург и Магаданская область. Худший показатель у Республики Крым, Севастополя и Республики Тува.

Следующий фактор развития цифровой экономики – человеческий капитал. Для сектора информационных технологий характерно небольшое количество рабочих мест. При этом рабочие места в сфере ИТ, как правило, являются высокооплачиваемыми и способствуют созданию новых рабочих мест в других секторах экономики. Например, согласно исследованию [Moretti, 2013], каждое рабочее место в секторе информационных технологий создает в США еще 4,9 рабочих места. В развивающихся странах на сектор ИКТ приходится, в среднем, всего около 1% занятых в экономике, в развитых странах – 3–5% [World Bank, 2016]. В России доля работников ИКТ от всего населения в возрасте 15–72 года, занятого в экономике, составляет 1,8%, а работников ИТ – 0,53%. В регионах страны наблюдается значительная дифференциация по доле занятых в ИТ-секторе (рис. 3). По этому показателю лидируют Санкт-Петербург (13,7 человек на тысячу занятых в экономике человек), Москва (13,5), Тюменская (11,3) и Новосибирская области (8,3). Наименьшее количество человек в ИТ секторе занято в Чукотском автономном округе (0,0), Республике Дагестан (0,3) и Республике Ингушетия (0,7).

Следующий аспект – работа цифрового правительства. Государство предоставляет спектр услуг населению и проблема повышения эффективности



Рис. 2. Уровень распространения фиксированного и мобильного широкополосного интернета, 2015 г.

Fig. 2. The level of fixed and mobile broadband Internet, 2015



Рис. 3. Среднесписочная численность работников в ИТ-организациях на тысячу человек, занятых в экономике, 2015

Fig. 3. Average number of employees in IT organizations per one thousand people employed in the economy, 2015

государственного сектора стоит достаточно остро. Цифровизация позволяет значительно повысить эффективность предоставления госуслуг за счет автоматизации и управления на информационной основе, усовершенствовать механизмы связи с гражданами, обеспечивает активное участие населения в жизни общества. Многие страны автоматизировали систему управления налогами и сборами. Центры обслуживания по системе «одного окна» и онлайн-порталы повышают эффективность оказания госуслуг; электронные закупки помогают повысить эффективность исполнения и прозрачность госзаказов; приложения, позволяющие гражданам оперативно сообщать свое мнение по тем или иным конкретным вопросам, например приложение «Активный гражданин» Правительства Москвы или «FixMyStreet» в Великобритании, во многих случаях помогают улучшать качество работы. Мобильное приложение «Помощник Москвы», позволяющее сообщать о неправильно запаркованных авто, работает с середины 2015 г. и только за первый год работы позволило выписать около 25 тыс. штрафов. Кроме того, с помощью современных технологий власти могут сообщать о принятых мерах, поддерживая обратную связь. Таким образом, цифровизация госуслуг может выступать в качестве эффективного двигателя развития. Кроме того, в рамках исследования уровня развития цифровой экономики, показатель использования услуг электронного правительства населением коррелирует с такими факторами, как уровень образования, занятость, урбанизация и доступ к широкополосной связи. Среди

регионов России по доле населения, использующего интернет для получения государственных услуг, лидируют Республика Татарстан (65,2%), Москва (64,3%), Калининградская (58,4%) и Тульская области (55,6%) (рис. 4). Меньше всего населения пользуются государственными услугами через интернет в Республике Дагестан (3%), Магаданской области (6,4%), Республике Ингушетия (8,4%) и Чукотском автономном округе (8,8%).

Для получения интегральной оценки уровня развития цифровой экономики в регионах подготовленные исходные показатели (уровень распространения широкополосного доступа к сети интернет, среднесписочная численность работников, в ИТ-организациях на тысячу человек, занятых в экономике, и доля населения, использующего сеть интернет для получения госуслуг, процент от населения, получающего госуслуги в возрасте 15–72 лет) были агрегированы с использованием оценочного алгоритма, разработанного одним из авторов [Тикун, 1997]. Он включает нормировку системы исходных показателей по формуле (1):

$$x_{ij}^{\circ} = \frac{|x_{ij} - x_j^{\circ}|}{\max/\min x_j - x_j^{\circ}}, i=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, \dots, m \quad (1)$$

где x_j° – наихудшие значения (по каждому показателю) из всех встречающихся; $\max/\min x_j$ – наиболее отличающиеся от значения показателей; n – количество исследуемых территориальных единиц; m –

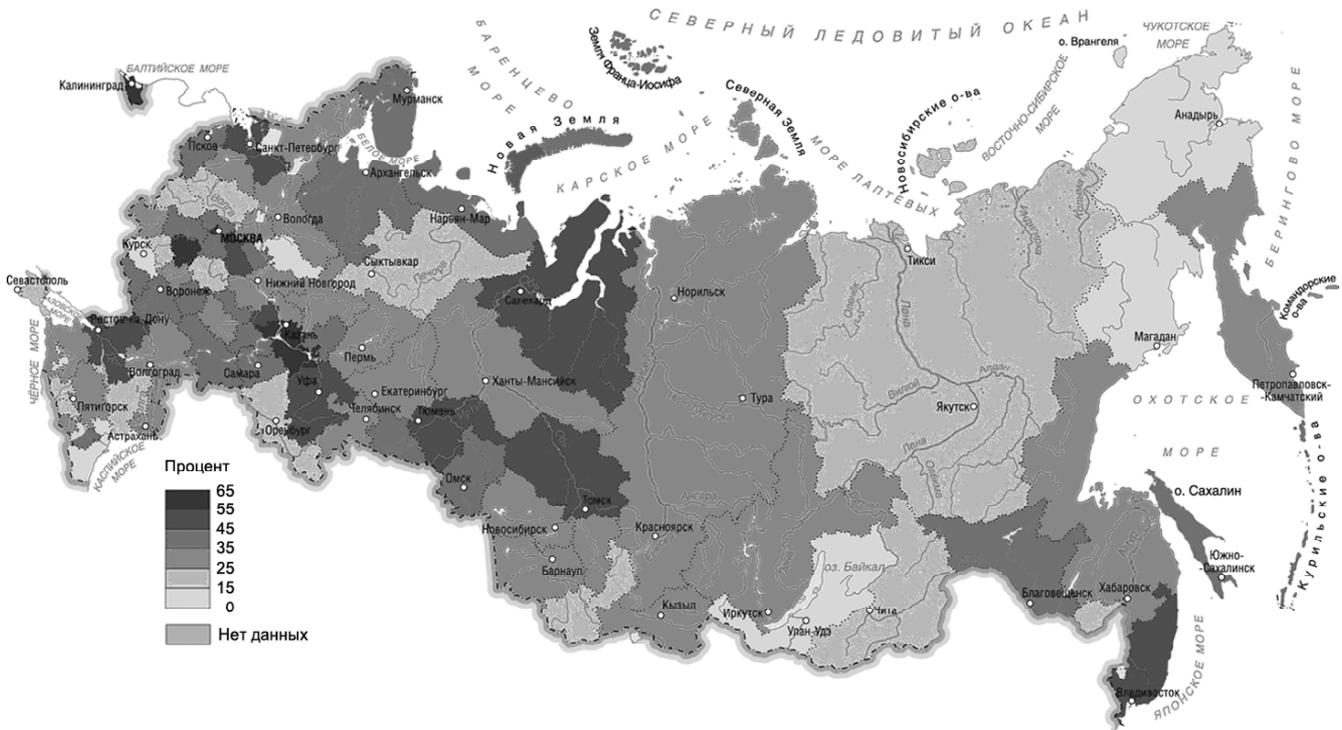


Рис. 4. Население, использующее сеть интернет для получения госуслуг, процент от населения, получающего госуслуги в возрасте 15–72 лет, 2015 г.

Fig.4. Number of people using the Internet for receiving state services, the percentage of the population receiving state services at the age of 15–72 years, 2015

число показателей, использованных для расчетов ($m = 3$). Целью данной нормировки является перевод показателя в отклонение от заданного наилучшего или наихудшего значения. Полученные в результате нормировки ограничены отрезком $[0, 1]$.

Обычно при построении классических рейтингов на основе агрегированных показателей используется простая сумма нормированных x , либо простое среднее (в отдельных случаях применяют взвешенную сумму или взвешенное среднее). Приводя таким образом исходные показатели к среднему и превращая их в агрегированный индекс, мы неизбежно сводим все многообразие данных к узкому средневзвешенному уровню, которое может искажать имеющиеся различия между исследуемыми объектами. Поэтому при синтезе интегрального показателя авторами использовались «математические расстояния» до условной наихудшей единицы. Путем сравнения показателей всех территориальных единиц с условной, характеризующей значениями $\overset{0}{x}$, произведено их ранжирование. В данном случае оно осуществлялось с использованием евклидовых расстояний (d^0), как меры близости всех территориальных единиц к условной, имеющей наихудшие значения ($\overset{0}{x}$) по всему комплексу показателей. Это позволяет подчеркнуть влияние отдельных координат, имеющих аномально большие расстояния, поскольку они возводятся в квадрат. Применение

данной меры потребовало обработки информационного массива по методу главных компонент с целью ортогонализации и «свертки» системы показателей.

Полученные значения вектора-столбца d^0 интегральных оценочных характеристик для удобства дальнейшего анализа дополнительно нормируются по формуле (2):

$$\hat{d}_i^0 = \frac{d_i^0 - \min d^0}{\max d^0 - \min d^0}, \quad i=1,2,3,\dots,n. \quad (2)$$

Величина d варьирует в пределах от нуля до единицы. Ноль – соответствует наихудшей комплексной оценке, а единица – наилучшей.

Полученные результаты показывают картину очень неравномерного развития цифровой экономики в регионах Российской Федерации (рис. 5). Москва лидирует с большим отрывом от всех остальных регионов (индекс развития цифровой экономики 0,77). Москва традиционно возглавляет большинство экономических рейтингов, и рейтинг развития цифровой экономики не стал исключением. Москва – не только ядро крупнейшей агломерации страны, но и столица, поэтому на ее развитие влияют два фактора: агломерационный и институциональный, то есть столичный статус [Зубаревич, 2012]. Агломерационный эффект позволяет достигать наилучших результатов за счет инфраструктурных преимуществ, высококвалифицированных трудовых ресурсов, снижает издержки бизнеса и потребителей. Столич-



Рис. 5. Уровень развития цифровой экономики, 2015 г.

Fig. 5. Level of development of the digital economy, 2015

ный статус в свою очередь приносит институциональные преимущества для развития бизнеса, обеспечивая высокую концентрацию головных офисов крупнейших ИКТ-компаний, человеческих ресурсов и финансов. Совокупность этих факторов и приводит к столь высоким показателям. В Москве самая большая численность работников ИТ-сектора, высокий уровень использования широкополосного доступа к сети интернет, активное внедрение сервисов электронного правительства, и, во многом, как следствие, высокая доля населения, использующего интернет для получения госуслуг. Такие позиции свидетельствуют об устойчивых фундаментальных предпосылках для развития цифровой экономики. Затем идет Санкт-Петербург (0,65), также во многом за счет преимуществ агломерации, Республика Татарстан (0,59) и Тюменская область (0,56).

Хуже всего цифровая экономика развита в Республике Крым (0,08). Регион значительно отстает по инфраструктурным показателям, что во многом и определяет его аутсайдерскую позицию. Кроме того, несмотря на то, что в Крыму традиционно был хорошо развит ИТ-сектор, в связи с санкциями многие компании, работающие с зарубежными клиентами, были вынуждены перевезти свои офисы и сотрудников в другие регионы, что негативно сказалось на оценке человеческого капитала. Кроме Республики Крым, невысокий уровень развития цифровой экономики в регионах с большой долей сельских жителей и институциональными барьерами – Республике Дагестан (0,99) и Республике Ингушетия (0,13).

Выводы

Сегодня цифровизация коренным образом преобразует экономику, общество, труд и даже государственное управление. Однако до сих пор значительная часть населения мира пока не имеет возможности воспользоваться даже элементарными преимуществами цифровой революции. В России, в отличие от многих стран, в которых ограничивающим фактором является еще и неграмотность населения, в первую очередь, это обусловлено недостатком инфраструктуры и средств для оплаты доступа к всемирной сети. Для достижения конкурентного уровня развития инфраструктуры потребуются дополнительные инвестиции, и создание условий для обеспечения равной доступности услуг связи по всей стране.

Требуется расширить возможности для использования человеческого капитала в цифровой экономике по всей стране. На сегодняшний день лишь Москва и Санкт-Петербург показывают приемлемый (в сравнении с развитыми странами) уровень рабочих мест в ИКТ-секторе. Что характерно для России, потенциал для роста этого показателя есть уже сегодня, так как доля населения, имеющего среднее профессиональное, высшее образование по специальности, связанной с ИКТ в 2014 г. составила 2,9% от всего населения в возрасте 15–72 года, занятого в экономике. Недостаточное развитие ИТ-сектора провоцирует существенный отток высококвалифицированных кадров за рубеж. Необходимо активнее реализовывать государственные программы по развитию бизнеса в этой сфере, создавать

комфортные и привлекательные условия как для стартапов, так и для филиалов крупных международных компаний. В качестве стимулирующих развитие мер могут быть предложены: совершенствование институциональных условий для бизнеса, снижение административных барьеров, повышение спроса на информационные технологии со стороны государства, налоговые льготы.

Использование госуслуг населением в России развито крайне неравномерно. Некоторые регионы, например Москва, Республика Татарстан, Калининградская область, по показателю использования сети интернет для получения населением государственных и муниципальных услуг находятся на уровне развитых стран, таких как Франция (66%) и Великобритания (53%). В других же регионах (Республике Дагестан, Магаданской области, Республике Ингушетия) использование современных правительственных сервисов остается на

уровне развивающихся стран. Поляризация регионов по этому показателю еще раз подчеркивает коренные различия в социально-экономическом развитии и, как следствие, степень цифрового неравенства в стране.

Подобная комплексная оценка развития крайне важна для успешной реализации программы «Цифровая экономика Российской Федерации» в условиях неоднородных регионов. Предложенная методика делает акцент на важнейших показателях развития цифровой экономики, оперирует доступными статистическими данными и проста в расчетах и использовании. Методика может быть использована для межрегиональных и международных сравнений, открывающих возможность значительно повысить уровень управления и качество информирования общественности о состоянии развития и эффективности реализации современной региональной политики.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-00-00185.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бобылев С.Н., Соловьева С.В.* Цели устойчивого развития для будущего России // Проблемы прогнозирования. М., 2017. № 3. С. 26–34.
- Душинок Н.А., Тикун В.С.* Облачные вычисления – новая ступень развития геоинформационного инструментария // Геодезия и картография. 2011. № 10. С. 31–33.
- Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2016 год. Цели устойчивого развития ООН и Россия / Под ред. С.Н. Бобылева, Л.М. Григорьева. М.: Аналитический центр при Правительстве РФ, 2016.
- Зубаревич Н.В.* Рента столичного статуса // Pro et Contra. 2012. Т. 16. № 6. С. 6–18.
- Информационное общество в Российской Федерации: статистический сборник / Под ред.: К.Э. Лайкам, Г.И. Абдрахманова, Л.М. Гохберг, О.Ю. Дудорова и др. Росстат, Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2017. 328 с.
- Тикун В.С.* Исследования по искусственному интеллекту и экспертные системы в географии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. 1989. № 6. С. 3–9.
- Тикун В.С.* Классификации в географии: ренессанс или увядание? (Опыт формальных классификаций). Москва-Смоленск: Изд-во СГУ, 1997. 367 с.
- Gantz J., Reinsel D.* The Digital Universe in 2020: Big Data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East. IDC's Digital Universe Study Executive Summary. 2012.
- ICT Facts & Figures, 2015. URL: https://www.itu.int/en/ITUStatistics/Documents/facts/ICT_FactsFigures2015.pdf (дата обращения 22.01.2018).
- International Digital Economy and Society Index. European Commission. European Union, 2016. URL: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/2016-i-desi-report> (дата обращения 22.01.2018).
- Li Q., Li D.* Big Data GIS. Geomatics and Information Science of Wuhan University. 2014. V. 39(6). P. 641–644.
- Moretti Enrico, Per Thulin.* Local multipliers and human capital in the United States and Sweden // Industrial and Corporate Change. 2013. V. 22(1). P. 339–362.
- OECD Digital Economy Outlook 2017, OECD Publishing, Paris URL: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264276284-en> (дата обращения 22.01.2018).
- Tikunov V.S.* The information revolution in geography // International Social Science J., UNESCO, Geography: State of the Art I – The Environmental Dimension. 1996. V. XLVIII. № 150. P. 477–492.
- World Bank, 2016. World Development Report 2016: Digital Dividends. Washington, DC: World Bank. doi:10.1596/978-1-4648-0671-1.

Поступила в редакцию 12.12.2017
Принята к публикации 21.05.2018

S.N. Bobylev¹, V.S. Tikunov², O.Yu. Chereshnya³THE LEVEL OF DIGITAL ECONOMY DEVELOPMENT
IN THE REGIONS OF RUSSIA

The article attempts to assess the development of digital economy in the regions of the Russian Federation basing on available statistical indicators and taking into the account the existing international practices, in particular the index of the digital economy and society I-DESI, published by the European Commission in 2016. Indicators that characterize infrastructure, human capital and the digital government were used for assessment. As a result, a deep digital inequality of the country's regions is revealed, which is comparable to the inequality between the developed and developing countries.

Keywords: digital economy, infrastructure, human capital, digital government.

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (the research project № 18-00-00185).

REFERENCES

- Bobylev S.N., Solovyeva S.V.* Sustainable development goals for the future of Russia // *Problems of forecasting*. M., 2017. № 3. P. 26–34.
- Dushnyuk N.A., Tikunov V.S.* Oblachnye vychisleniya – novaya stupen' razvitiya geoinformacionnogo instrumentariya [Cloud computing – a new stage of the development of GI toolkit] // *Geodeziya i kartografiya*. 2011. № 10. P. 31–33. (in Russian).
- Gantz J., Reinsel D.* The Digital Universe in 2020: Big Data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East. IDC's Digital Universe Study Executive Summary. 2012.
- ICT Facts & Figures, 2015. URL: <https://www.itu.int/en/ITUD/Statistics/Documents/facts/ICTFactsFigures2015.pdf> (Accessed on 22.01.2018).
- Informacionnoe obshchestvo v Rossijskoj Federacii: statisticheskij sbornik [Information Society in the Russian Federation: Statistical Digest] / Eds.: K. E.H. Lajkam, G.I. Abdrahmanova, L.M. Gohberg, O.YU. Dudorova. Rosstat Nat. Issled. University Higher School of Economics. Moscow: NIU HSE, 2017. 328 s. (in Russian).
- International Digital Economy and Society Index. European Commission. European Union, 2016. URL: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/2016-i-desi-report> (дата обращения 22.01.2018).
- Li Q., Li D.* Big Data GIS. Geomatics and Information Science of Wuhan University. 2014. V. 39. № 6. P. 641–644.
- Moretti, Enrico, Per Thulin.* Local Multipliers and Human Capital in the United States and Sweden // *Industrial and Corporate Change*. 2013. V. 22. № 1. P. 339–362.
- OECD Digital Economy Outlook 2017, OECD Publishing, Paris URL: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264276284-en> (Accessed on 22.01.2018).
- Report on Human Development in the Russian Federation for 2016. United Nations Sustainable development goals and Russia / Eds.: S.N. Bobylev, L.M. Grigoryev. Moscow: Analytical Center under the Government of the Russian Federation, 2016.
- Tikunov V.S.* Issledovaniya po iskusstvennomu intellektu i ekspertnye systemy v geografii [Research on artificial intelligence and expert systems in geography] // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. Geography*. 1989. № 6. P. 3–9 (in Russian).
- Tikunov V.S.* Klassifikacii v geografii: renessans ili uvyadanie? (Opyt formalnykh klassificacij) [Classifications in geography: renaissance or fading? (The experience of formal classifications)]. Moscow–Smolensk, Smolensk State University Publ. House, 1997. 367 p. (in Russian).
- Tikunov V.S.* The information revolution in geography // *International Social Science J., UNESCO, Geography: State of the Art I – The Environmental Dimension*. 1996. V. XLVIII. № 150. P. 477–492.
- World Bank, 2016. World Development Report 2016: Digital Dividends. Washington, DC: World Bank. doi: 10.1596/978-1-4648-0671-1
- Zubarevich N.V.* Renta stolichnogo statusa [Rent of the Metropolitan status] // *Pro et Contra*. 2012. V. 16. № 6. P. 6–18 (in Russian).

Received 12.12.2017
Accepted 21.05.2018

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Economics, Department of Environmental Economics, Head of Department, Professor, D.Sc. in Economy; *e-mail*: snbobylev@yandex.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Integrated Mapping Laboratory, Head of Laboratory, Professor, D.Sc. in Geography; *e-mail*: tikunov@geogr.msu.su

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Integrated Mapping Laboratory, Scientific Researcher, PRD in Geography; *e-mail*: chereshnya.o@yandex.ru

УДК 551.435.16

Е.Е. Халыков¹

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИК ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИИ (КАЗАХСТАН)

Использование методов лазерного сканирования и ГИС-технологии при изучении овражной эрозии дает точные морфометрические и количественные характеристики темпа развития оврагов. В горах Жетысу Алатау впервые использовались методы наземного лазерного сканирования и данные дистанционного зондирования для изучения развития овражной эрозии. Исследования проводились на ключевом участке южнее с. Сарыозек Кербулакского района (Алматинская область, Республика Казахстан), в западной части гор Жетысу Алатау. В осенние периоды с 2012 по 2017 гг. были проведены полустационарные наблюдения, изучена овражная эрозия на восточных склонах хребта Малайсары. Результаты работ показывают, что территория характеризуется благоприятными условиями для развития овражной эрозии. На исследуемом участке овраги преимущественно донные, местами склоновые, имеющие прирост вершинной и глубинной частей за счет флювиальных процессов. Приведены результаты полевых и камеральных исследований. Получены трехмерные изображения оврагов в виде облака точек, где каждая точка имеет точные координаты x , y , z для достоверных наблюдений за динамикой развития оврагов. Изучены факторы, влияющие на развитие овражной эрозии, приведена морфометрическая характеристика оврагов, полученная на основе данных дистанционного зондирования.

Ключевые слова: овражная эрозия, овраги, склоны, ГИС, наземное лазерное сканирование, горы Жетысу Алатау.

Введение. Одним из активных и деструктивных современных рельефообразующих процессов в Жетысуском регионе является овражная эрозия. Преимущественно она распространена в предгорьях гор Жетысу Алатау (рис. 1). Эти территории на протяжении тысячелетий являются местом хозяйственной деятельности человека, что обусловлено благоприятными природными условиями [Michael, 2010].

Экономические показатели региона в последние годы динамично развиваются, особенно в таких отраслях, как сельское хозяйство, земледелие, строительство и добыча полезных ископаемых. Проблема защиты почвенного покрова и земельных ресурсов от водной эрозии является одним из важных проблем для Жетысуского региона, где смыв и размыв наиболее активно проявляются в хорошо осво-

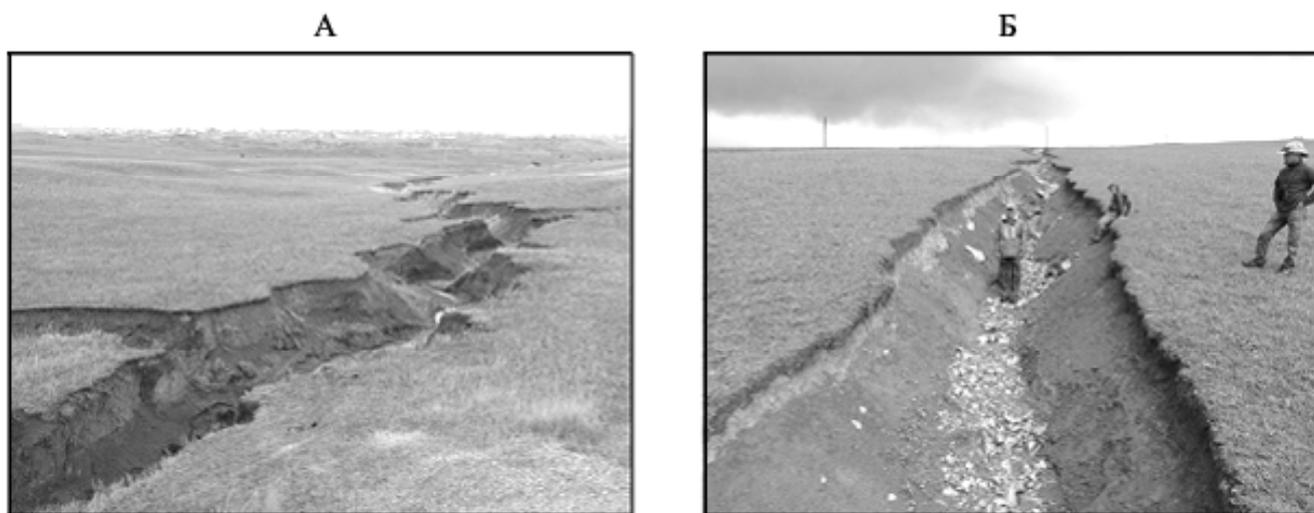


Рис. 1. Овражная эрозия в западной части гор Жетысу Алатау: А – овраг, Б – промоина
Fig. 1. Gully erosion in the western part of the Zhetysay Alatau Mountains: А – a gully, Б – a rill

¹ Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, PhD докторант 3 года обучения, Институт географии, лаборатория геоморфологии и геоинформационного картографирования, науч. с.; *e-mail*: e.halykov@mail.ru

енных территориях и наносят значительный ущерб. Следовательно, изучение особенностей развития овражной эрозии в современных условиях весьма актуально и требует прогнозирования развития и разработки приемлемых методов борьбы с оврагами. Интенсивное оврагообразование увеличивает экологическую напряженность природно-антропогенной среды региона, отчуждает сельскохозяйственные земли и ухудшает их качество, создает угрозу объектам дорожной и селитебной инфраструктуры, причиняет ущерб населенным пунктам.

Объект и методы исследования. Расположение исследуемой территории в западной части гор Жетысу Алатау, на восточных склонах хребта Малайсары предопределяет природные и антропогенные условия эрозионных процессов. В орографическом отношении исследуемая территория составляет западные отроги Жетысу Алатау, протягивающиеся к Илийской долине, и представляет собой ряд горных гряд почти широтного простирания, разделенных широкими межгорными долинами. Хребет Малайсары растянут с востока на запад на расстоянии до 80 км, при ширине 8–10 км, и к западу погружается под наносы Илийской долины. Абсолютные высоты 1100–1400 м на востоке и 700–850 м на западе. Относительные превышения – порядка 100–200 м.

Почвенный покров предгорных равнин характеризуется почвами типа малокарбонатных сероземов и выше горно-каштановых.

Климат района континентальный. Зима сравнительно мягкая и сухая, весна быстрая, лето длительное и жаркое. Среднегодовая температура +6,8°C. Среднее суммарное количество годовых осадков 200–250 мм.

Геоморфология района относится к низкогорному денудационному слабонаклоненному рельефу. Поверхность низкогорья обычно сглаженная, прорезанная сетью оврагов и промоин [Майрин с соавт., 1961].

Район изучения приурочен к аллювиальным и аллювиально-пролювиальным равнинам, сложенным четвертичными отложениями различного генезиса, от раннечетвертичного до современного возраста. Коренные отложения представлены континентальными, морскими и интрузивными породами. В формировании современного рельефа принимают участие процессы денудации и аккумуляции. На территории развиваются процессы экзогенного, эндолитогенного, эндокриолитогенного характера [Митрофанова с соавт., 2016].

Выбор ключевого участка для изучения роста вершин оврагов определялся с помощью космических снимков открытого доступа и топографических карт местности. С 2012 по 2017 гг. проводились полевые инструментальные наблюдения методом фиксирования вершин оврагов жесткими реперами, один раз в год (осенний период). В 2017 г. на ключевом участке впервые было проведено наземное лазерное скани-

рование оврагов с применением высокоточного лазерного 3D сканера RIEGL VZ-4000 для получения детальной цифровой модели местности в виде массива облаков точек, с использованием программы RiscanPro для обработки полученных данных (рис. 2). В дальнейшем, при повторных съемках, будут получены количественные показатели смытого объема из оврага. На момент съемки внутренний объем исследуемого отрезка оврага составлял 19 977 м³. Эффективность использования наземного лазерного сканирования при мониторинге эрозионных процессов приводилась в исследованиях А. Baruch, S. Filin, Nicholas R Goodwin, Dirk Kuhn, А.М. Гафурова, Е.А. Веденеевой, О.П. Ермолаева, Б.М. Усманова [Baruch, 2011; Nicholas R. Goodwin, 2017; Dirk Kuhn, 2014; Гафуров, 2016; Гафуров с соавт., 2017].

Для получения морфометрических показателей рельефа применялись картографические методы, ГИС, дешифрирование космических снимков среднего и высокого разрешения с использованием программы ArcGIS, сравнительный, системный анализ и описание результатов. Карты горизонтального и вертикального расчленения рельефа выполнялись в программном обеспечении ArcGIS 10.1, модулем Spatial Analyst, с инструментом «Гидрология». Использование материалов дистанционного зондирования и ГИС-технологий для уточнения морфометрических параметров рельефной среды обеспечивает более объективную и комплексную оценку рельефа района исследования.

Результаты и их обсуждение. В зависимости от сочетаний естественных и антропогенных факторов овражная эрозия в западной части гор Жетысу Алатау распространена неравномерно. При обработке данных дистанционного зондирования в западной части Жетысу Алатау по территории семи административных районов Алматинской области (табл. 1) были выявлены 345 оврагов с разной стадией развития, общей протяженностью 317,16 км, при средней длине 733 м. В западной части гор Же-

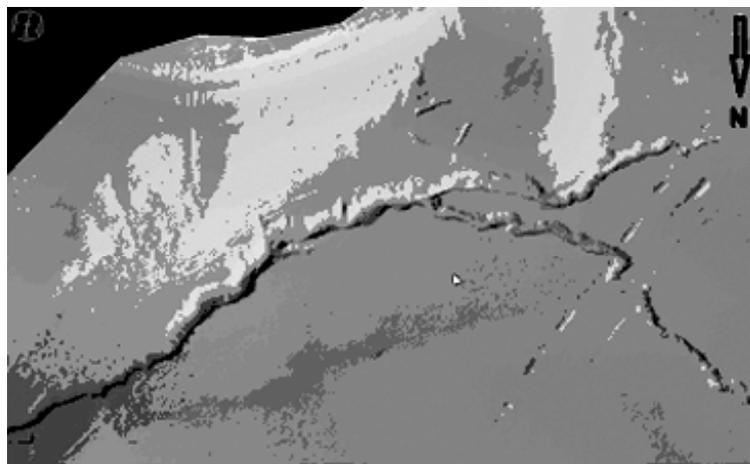


Рис. 2. Цифровая модель оврага у с. Сарыозек

Fig. 2. Digital model of a gully near the Sary Ozek village

Таблица 1

Морфометрические данные оврагов в западной части Жетысу Алатау

Административный район	Количество оврагов	Максимальная длина	Средняя длина	Минимальная длина	Глубина	Ширина
		м				
Аксуский	75	2002	483	48	18	33
Алакольский	31	1729	376	49	12	30
Кербулакский	44	8132	1261	90	33	65
Коксуский	69	16 896	1829	43	45	123
Панфиловский	25	793	246	43	16	40
Саркандский	47	5998	598	52	10	24
Ескельдинский	54	1366	344	54	13	23

тысу Алатау наибольшее количество оврагов наблюдается в Аксуском районе – 75 оврагов (средняя длина – 483 м, глубина – 18 м, ширина – 33 м), наименьшее количество – в Алакольском районе – 31 овраг (средняя длина – 376 м, глубина – 12 м, ширина – 30 м). В западной части гор Жетысу Алатау преобладающим типом оврагов по местоположению являются донные овраги, а также встречаются склоновые. По росту овраги имеют прирост вершинной части и увеличение глубинной части. Причиной развития перечисленных типов оврагов является широкое распространение пролювиальных конусов выноса, саев (балок), имеющих огромные водосборные площади, речных террас, горных склонов и других отрицательных форм рельефа, сложенных рыхлыми четвертичными отложениями. Морфометрические характеристики перечисленных форм рельефа (уклоны, длина склонов и значительные площади водосбора) создают благоприятные условия для создания эрозионных отрицательных форм рельефа – ручейковой сети, рытвин, промоин, оврагов и русел временных водотоков.

Изучение овражных форм проводилось на территории Кербулакского района Алматинской области. Для получения количественных данных развития овражной эрозии был выбран ключевой участок, расположенный южнее 1,5 км от с. Сарыозек (районный центр). Во время полевых работ проводилась фиксация линейного и площадного прироста оврагов, их углубления, изменения сопутствующих процессов, протекающих на склонах и днищах. Рост вершины наблюдаемых оврагов у с. Сарыозек составляет 0,11–0,18 м/год (использовались наблюдения над вершинами оврагов за 5 лет, табл. 2). Преобладающий прирост оврага приходится на весенний период. К основным факторам, определяющим рост оврагов, относятся интенсивность весеннего стока и ливни, гранулометрический состав горных пород и крутизна склонов. Особенно активное развитие оврагов протекает на участках, сложенных лессовидными, тяжелыми и легкими суглинками.

Разновременные фотографии дорожного полотна около овражно-балочной сети, снятые во время полевых работ, наглядно показывают деформацию

Таблица 2

Линейный прирост вершин (над чертой, м) и смытый объем грунта оврагов по годам (под чертой, м³) южнее с. Сарыозек (1,9 км автодороги Сарыозек–Хоргос)

№ оврага	2013	2014	2015	2016	2017
1	0,11	0,07	0,08	0,12	0,18
	0,0025	0,015	0,015	0,03	0,04
2	0,18	0,26	0,24	0,14	0,1
	0,17	0,2	0,21	0,3	0,24

и размыв грунта водной эрозией участка (рис. 3). В районе многие автодороги перегородили естественные ложбины, пути стока атмосферных осадков. Данный фактор способствовал образованию глубоких оврагов южнее с. Сарыозек вдоль автодороги Сарыозек–Хоргос. Во время обильных осадков накопившаяся вдоль дорог вода не успевает проходить через дорожные водопропускные трубы, где эрозионная энергия воды увеличивается до десяти раз. Эти действия приводят к размыву дорожного полотна, разрушению водопропускных труб и в итоге к образованию более глубоких антропогенных оврагов. Кроме того, на данном участке слагающими породами являются неогеновые отложения, которые более подвержены размыву. Все эти факторы только ускоряют формирование рельефа овражного типа вблизи населенных пунктов.

Развитие оврагов на урбанизированных территориях в подавляющем большинстве случаев является вторичным процессом. Из-за нарушений природных или природно-антропогенных комплексов, сложившихся в течение многих десятилетий, крупные овражные формы, возникшие у древних поселений, начинают расти в длину, углубляться и расширяться [Веретенникова с соавт., 2007].

Полученные данные позволяют утверждать, что овражная эрозия является наиболее активным фактором преобразования рельефа на восточных



2014 г.



2017 г.

Рис. 3. Образование антропогенных оврагов у с. Сарыозек
 Fig. 3. Formation of anthropogenic gullies near the Sary Ozek village

склонах хребта Малайсары. Наибольшую тревогу вызывают овраги, вершины которых врезаются в поля и пастбища, а устьевая часть, расширяясь и удлиняясь, приблизилась к жилым массивам с. Сарыозек. Другая проблема – это вынос компонентов минеральных удобрений и пестицидов по тальвегам данных оврагов на низкие гипсометрические уровни (поймы и террасы рек) и водоемы, вызывающий загрязнение водной среды региона.

При изучении овражной эрозии современные ГИС-технологии (космические снимки высокого разрешения, трехмерное лазерное сканирование) позволяют получать морфометрические показатели рельефной среды, наблюдать динамику изменения во времени, обеспечивая более объективную и комплексную оценку. Процесс обработки космических снимков состоял из последовательного выполнения следующих основных этапов: выбора и получения космических снимков; их привязки (трансформирования), разработки принципов; дешифрирования и оцифровки объектов рельефа; разработки структуры цифровой карты; оформления картографического материала. При определении и нанесении овражно-балочных систем на карты дешифровочными признаками послужили бровки склонов, тальвеги оврагов, ровный тон окраски склонов и дна. По материалам исследования создана карта овражно-балочной сети на восточных склонах хребта Малайсары (рис. 4). Овраги района имеют крутые симметричные склоны (до 70°), ширину дна 15–20 м, глубину 5–8 м. Как видно на карте овражно-балочной сети, базисом данных оврагов чаще всего являются выровненные участки предсклоновых равнин, русла, поймы, террасы речных долин и тальвеги балок. Поперечный профиль в основном имеет V-образную форму, реже встречаются каньонобразные и ящикообразные формы с прямыми и крутыми склонами. Поперечный профиль оврагов мо-

жет сменяться от V-образной формы в верхней части к U-образной форме в нижней части. Продольные профили ступенчатые, крутые дугообразные, пологие дугообразные, имеют довольно большую крутизну. Вид овражной сети в плане древовидный и гребенчатый. Крутизна склонов варьирует от 1° до 10°; очень редко встречаются склоны крутизной до 30°.

Построение карт важных морфометрических показателей рельефа позволяет охарактеризовать изучаемую территорию по количественным показателям, более точно и наглядно охарактеризовать рельефную среду с определением густоты и глубины расчленения рельефа. Карты горизонтального и вертикального расчленения рельефа были получены посредством ГИС обработки цифровой модели рельефа с горизонтальным разрешением 30 м. В основу методики построения карт входит расчет морфометрических данных рельефа исследуемой территории посредством обработки цифровой модели рельефа STRM 30m Digital Elevation.

Наглядное представление о пораженности района эрозионными процессами дает созданная карта горизонтального расчленения (рис. 5). Густота эрозионной сети распределяется по территории района неравномерно от 0 до 4 км².

Анализ карты горизонтального расчленения района исследования позволил выделить 4 категории участков, подверженных овражной эрозии, и с определенными показателями густоты эрозионного расчленения:

- слабо подверженные овражной эрозии земли, густота горизонтального расчленения менее 1 км²;
- средне подверженные овражной эрозии земли, густота горизонтального расчленения 1–2 км²;
- сильно подверженные овражной эрозии земли, густота горизонтального расчленения 2–3 км²;
- очень сильно подверженные овражной эрозии земли, густота горизонтального расчленения 3–4 км².

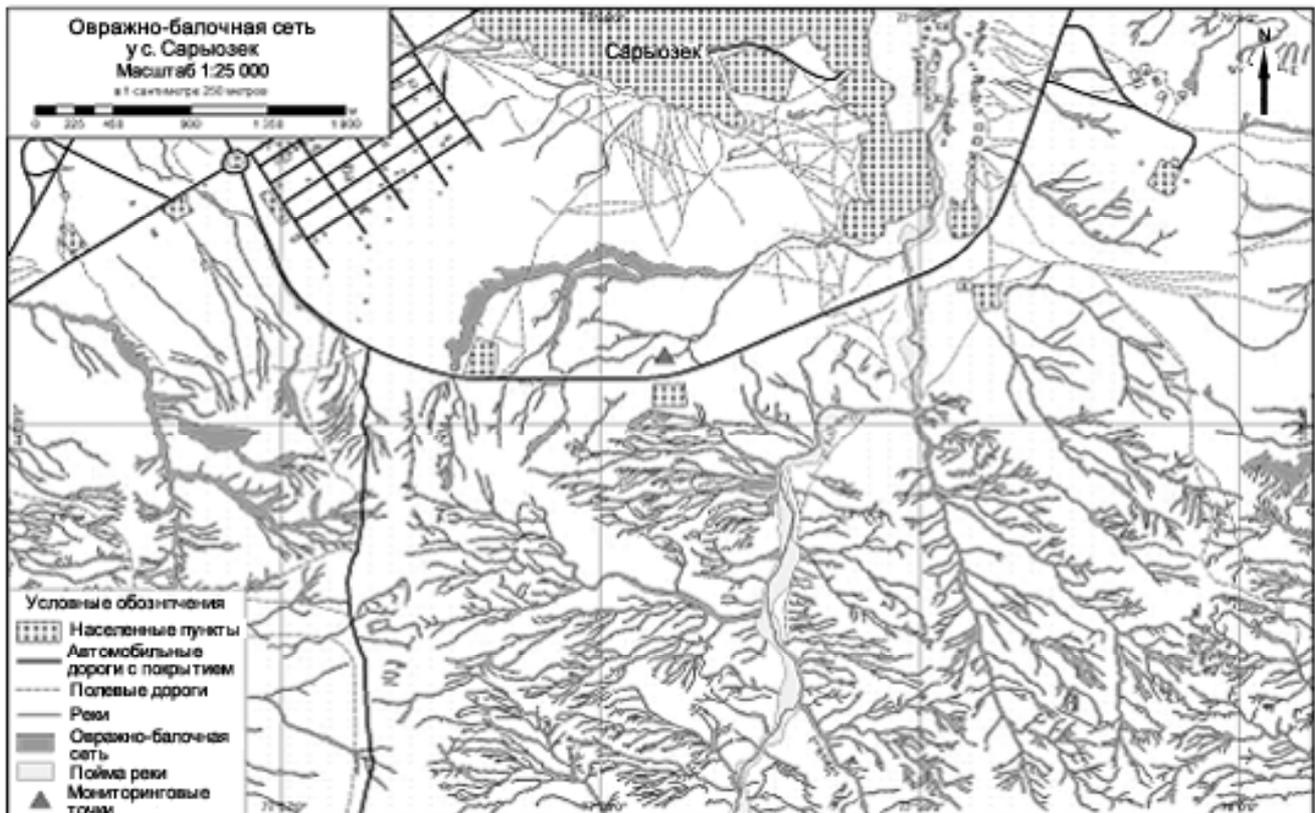


Рис. 4. Овражно-балочная сеть у с. Сарыозек

Fig. 4. Gully and balka network near the Sary Ozek village

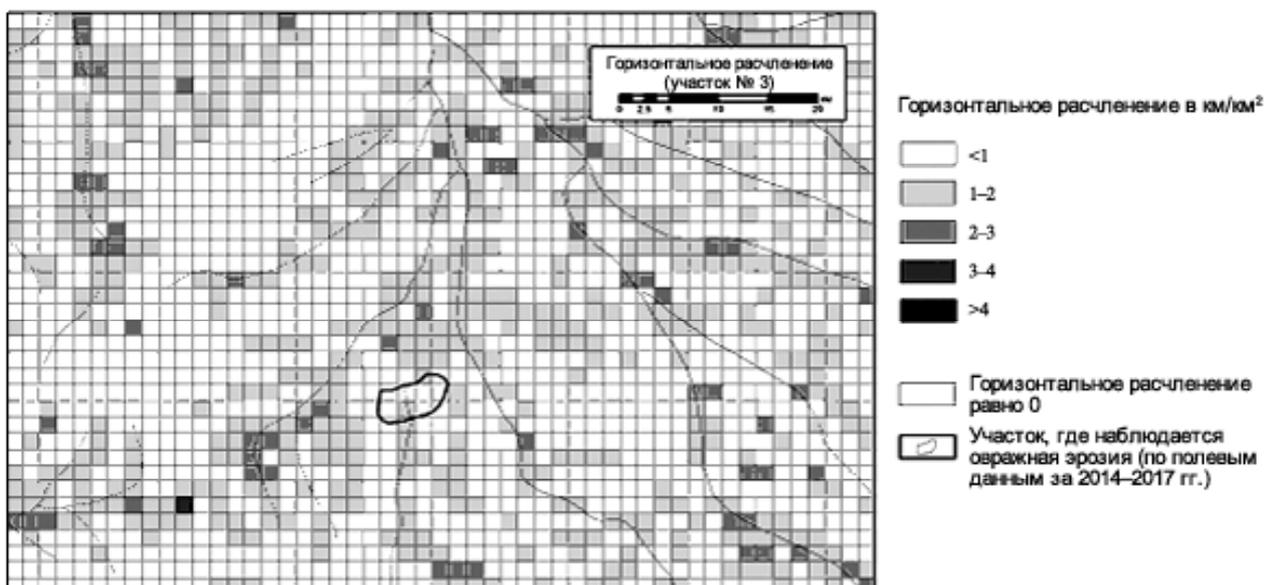


Рис. 5. Горизонтальное расчленение исследуемого района

Fig. 5. Lateral dissection of the area under study

Данные показатели характеризуют пространственную изменчивость эрозионных процессов. Анализ карт горизонтального и вертикального расчленения показывает повсеместную подверженность района исследования эрозионным процессам. По данным подобных карт можно создать карту соотношения занятых оврагами площадей и «фак-

торную» карту оврагообразования [Веретенникова с соавт., 1998].

Одним из важнейших морфометрических показателей рельефа является вертикальное расчленение, которое определяет природные условия развития рельефообразующих процессов. Вертикальное расчленение рельефа в районе исследования колеб-

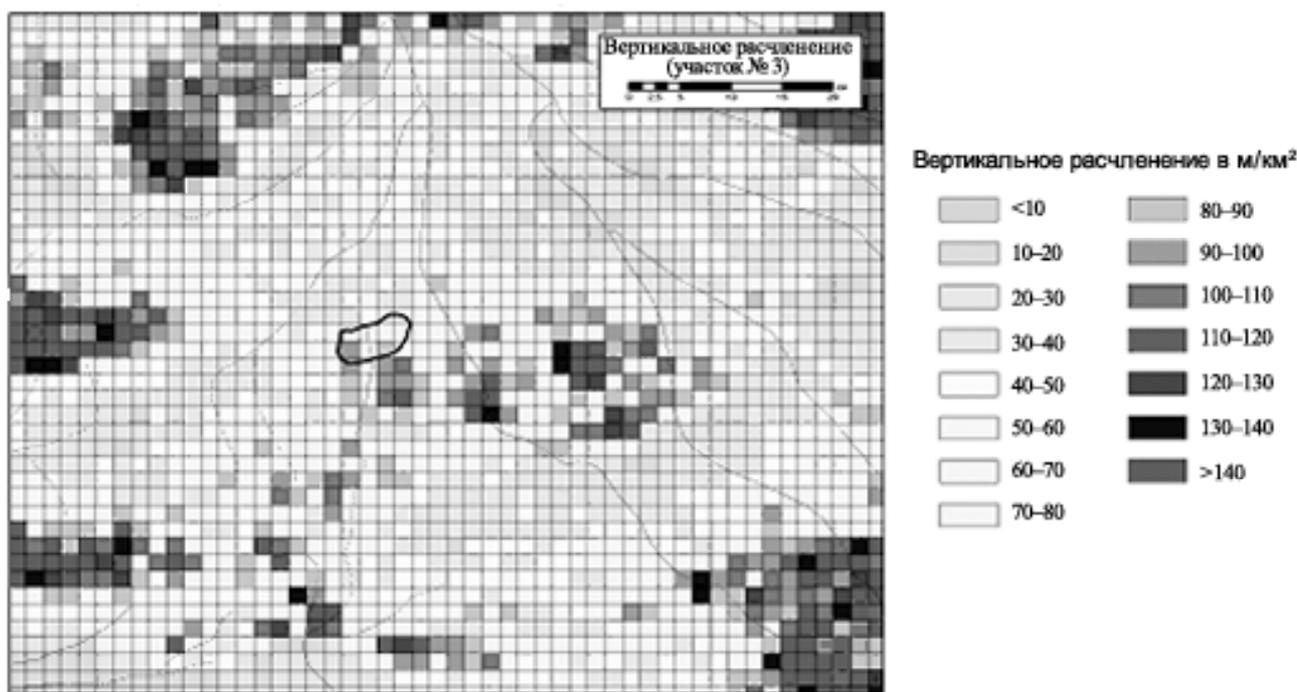


Рис. 6. Вертикальное расчленение исследуемого района

Fig. 6. Vertical dissection of the area under study

лется в диапазоне 10–140 м/км² (рис. 6). Участки с величинами вертикального расчленения от 50 до 110 м/км² практически совпадают с картой горизонтального расчленения, где наиболее распространена овражно-балочная сеть. Имеются небольшие участки с величинами расчленения от 110 м/км² и больше, где в наибольшей степени проявляются эрозионные процессы.

Составленные карты морфометрических показателей дают возможность оценить развитие и распространение эрозионных процессов в регионе.

Выводы

При использовании данных дистанционного зондирования, ГИС-технологий и полевых сведений в исследовании овражной эрозии на западной части Жетысу Алатау получены достоверные морфометрические данные, составлены тематические карты овражно-балочной сети, горизонтального и вертикального расчленения. Установлено, что:

- высокая плотность оврагов наблюдается в предгорьях западной части гор Жетысу Алатау, что обусловлено литологией, количеством атмосферных осадков и глубиной местных базисов эрозии;

- в среднегорном поясе наблюдается слабое развитие оврагов, так как плотные коренные породы затрудняют развитие овражной эрозии, хотя крутизна склонов увеличивается;

- в районах, где повсеместно распространены лессовые породы, наблюдается максимальная плотность густоты оврагов;

- основные причины образования антропогенных оврагов в регионе связаны с нарушением естественного растительного покрова, нерациональной мелиорацией земель, глубокими колеями грунтовых дорог, перераспределением стока при прокладке автомобильных дорог.

Активное развитие овражной эрозии усиливает экологическую напряженность природно-антропогенной среды. Разрастание овражной сети ухудшает качество сельскохозяйственных земель и создает угрозу объектам дорожной и селитебной инфраструктуры. В последнее время борьба с овражной эрозией в регионе практически не организована, хотя понятно, что экологические и экономические последствия этого негативного процесса могут быть значительными не только в западной части гор Жетысу Алатау, но и во всем регионе.

Благодарности. Исследование выполнено при поддержке проекта «Географические основы обеспечения безопасности природопользования горных и равнинных территорий Казахстана, проект № 0112РК00625».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Веретенникова М.В., Завадский А.С., Зорина Е.Ф., Каргаполова И.Н., Ковалев С.Н., Дубовицкий А.Ю. Овражная эрозия на территории ландшафтного заповедника «Крылатские холмы» в г. Москве // Геоморфология. 2007. № 3. С. 63–70.
- Веретенникова М.В., Зорина Е.Ф., Ковалев С.Н., Любимов Б.П., Никольская И.И., Прохорова С.Д. Современная пораженность овражной эрозией земель сельскохозяйственного фонда и прогноз возможного ее развития // Эрозионные, русловые и устьевые процессы. М., 1998. Т. 11. С. 103–111.
- Гафуров А.М. Оценка интенсивности и динамики почвенной эрозии методом наземного лазерного сканирования // Эрозионные, русловые и устьевые процессы. Сборник статей по материалам XI семинара молодых ученых вузов, объединяемых Межвузовским научно-координационным советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Новгород: Мининский университет, 2016. С. 81–90.
- Гафуров А.М., Веденеева Е.А., Ермолаев О.П., Усманов Б.М. Использование метода наземного лазерного сканирования для оценки интенсивности современных экзогенных процессов // Трешниковские чтения. Мат-лы VII Всерос. научно-практической конф. Ульяновск, 2017. С. 14–17.
- Майрин С.Е., Стеркин В.Д. Геологическая карта СССР. 1:200 000. Серия джунгарская. М., 1961. Лист L-43-XXXVI.
- Митрофанова А.Н., Калита Р.Ш., Беккулиева А.А., Халыков Е.Е., Досболов У.К. Мониторинг геоморфологических процессов на ключевых участках Алматинской области при полевых исследованиях 2012–2014 гг. // Антропогенная трансформация геопространства: история и современность. 2016. 188 с.
- Baruch A., Filin S., Detection of gullies in roughly textured terrain using airborne laser scanning data, ISPRS // J. Photogrammetry and Remote Sensing. 2011. V. 66. P. 564–578. URL: <http://www.elsevier.com/locate/isprsjprs>, (reference date: 27.04.2018).
- Dirk Kuhn, Steffen Prüfer. Coastal cliff monitoring and analysis of mass wasting processes with the application of terrestrial laser scanning: A case study of Rügen, Germany // Geomorphology. 2014. V. 213. P. 153–156.
- Michael D. Frachetti, Norbert Benecke, Alexei N. Mar'yashev, Paula N. Doumani Eurasian pastoralists and their shifting regional interactions at the steppe margin: settlement history at Mukri, Kazakhstan // World Archaeology. Debates in World Archaeology. 2010. V. 42. Iss. 4.
- Nicholas R. Goodwin, John D. Armston, Jasmine Muir, Issac Stiller. Monitoring gully change: A comparison of airborne and terrestrial laser scanning using a case study from Aratula, Queensland // Geomorphology. 2017. V. 282. P. 195–208.

Поступила в редакцию 03.05.2018
Принята к публикации 21.05.2018

Khalykov E.E¹

**APPLICATION OF LASER SCANNING METHODS
AND GEOFORMATION SYSTEMS FOR STUDYING
THE GULLY EROSION**

The use of laser scanning methods and GIS technology while studying the gully erosion provides the accurate morphometric characteristics and quantitative data on the rate of ravine propagation. For the first time laser scanning methods and remote sensing data were used to study the development of gully erosion in the mountains of Zhetysu Alatau. The research was carried out within a key area to the south of the Sary Ozek village in the Kerbulak district (the Almaty Region, Republic of Kazakhstan), in the western part of the Zhetysu Alatau Mountains. The semi-stationary observations and the study of gully erosion on the eastern slopes of the Malaysar Range were performed in autumn periods from 2012 to 2017. The results show that the territory's environment is particularly supportive for the development of gully erosion. The ravines of the area under study are predominantly bottom and sometimes sloping, with upper and deep parts growing due to fluvial processes. The results of field and in-office studies are presented. Three-dimensional pictures of ravines are produced in the form of point clouds, where each point has exact x , y and z coordinates for reliable observation of the dynamics of ravine development. The factors influencing the development of gully erosion are studied; the morphometric characteristics of ravines obtained from the remote sensing data are presented.

Key words: gully erosion, gullies, slopes, GIS, ground laser scanning, Zhetysu Alatau Mountains.

Acknowledgements. The study was financially supported by the project № 0112PK00625: Geographical bases for ensuring the safety of nature management in the mountainous and lowland areas of Kazakhstan.

¹ Satpaev Kazakh National Research Technical University, PhD doctoral student; Institute of Geography, Laboratory of Geomorphology and GIS Mapping, Scientific Researcher; e-mail: e.halykov@mail.ru

REFERENCES

- Baruch A., Filin S.* Detection of gullies in roughly textured terrain using airborne laser scanning data, *ISPRS // J. Photogrammetry and Remote Sensing*. 2011. V. 66. P. 564–578. URL: <http://www.elsevier.com/locate/isprsjprs> (Accessed on 27.04.2018).
- Dirk Kuhn, Steffen Prüfer.* Coastal cliff monitoring and analysis of mass wasting processes with the application of terrestrial laser scanning: A case study of Rügen, Germany // *Geomorphology*. 2014. V. 213. P. 153–156.
- Gafurov A.M.* Ocenka intensivnosti i dinamiki pochvennoj jerozii metodom nazemnogo lazernogo skanirovanija [Estimation of the intensity and dynamics of soil erosion by the method of ground-based laser scanning] // *Jerozionnye, ruslovyje i ust'evye processy. Sbornik statej po materialam XI seminaru molodyh uchenyh vuzov, ob#edinjaemyh Mezhvuzovskim nauchno-koordinacionnym sovetom po probleme jerozionnyh, ruslovyh i ust'evyh processov. Novgorod: Mininskij universitet, 2016. P. 81–90 (in Russian).*
- Gafurov A.M., Vedeneva E.A., Ermolaev O.P., Usmanov B.M.* Ispol'zovanie metoda nazemnogo lazernogo skanirovanija dlja ocenki intensivnosti sovremennyh jekzogenykh processov [Using the method of ground-based laser scanning to estimate the intensity of modern exogenous processes] // *Treshnikovskie chtenija, materialy VII vserossijskoj nauchno-praktičeskoj konferencii. Ul'janovsk, 2017. P. 14–17 (in Russian).*
- Mairin S.E., Sterkin V.D.* Geologičeskaja karta SSSR. Masshtab 1:200 000, Serija dzhungarskaja [Geological map of the USSR. Scale 1:200 000. A series of Dzungarian]. Moscow, 1961. Sheet L-43-XXXVI (in Russian).
- Michael D. Frachetti, Norbert Benecke, Alexei N. Mar'jashev, Paula N. Doumani* Eurasian pastoralists and their shifting regional interactions at the steppe margin: settlement history at Mukri, Kazakhstan // *World Archaeology. Debates in World Archaeology*. 2010. V. 42. Iss. 4.
- Mitrofanova A.N., Kalita R.Sh., Bekkulieva A.A., Khalykov E.E., Dosbolov U.K.* Monitoring geomorfologičeskikh processov na ključevykh uchastkah Almatinskoi oblasti pri polevykh issledovanijah 2012–2014 gg. [Monitoring of geomorphological processes in key areas of the Almaty region during field studies of 2012–2014] // *Antropogennaja transformacija geoprostranstva: istorija i sovremennost'.* 2016. 188 p. (in Russian).
- Nicholas R. Goodwin, John D. Armston, Jasmine Muir, Issac Stiller* Monitoring gully change: A comparison of airborne and terrestrial laser scanning using a case study from Aratula, Queensland // *Geomorphology*. 2017. V. 282. P. 195–208.
- Veretennikova M.V., Zavadsky A.S., Zorina E.F., Kargapolova I.N., Kovalev S.N., Dubovitsky A.Yu.* Ovrazhnaja jerozija na territorii landshaftnogo zapovednika «Krylatskie holmy» v g. Moskve [Gully erosion in the territory of the landscape reserve «Krylatskie Hills» in Moscow] // *Geomorfologija*. 2007. № 3. P. 63–70 (in Russian).
- Veretennikova M.V., Zorina E.F., Kovalev S.N., Lyubimov B.P., Nikolskaya I.I., Prokhorov S.D.* Sovremennaja porazhennost' ovrazhnoj jerozijej zemel' sel'skhozjajstvennogo fonda i prognoz vozmožnogo ee razvitija [Modern damage of agricultural land by gully erosion and the forecast of its possible development] // *Jerozionnye, ruslovyje i ust'evye processy. Moscow. 1998. V. 11. P. 103–111 (in Russian).*

Received on 03.05.2018
Accepted on 21.05.2018

УДК 796.5:911.6

А.И. Зырянов¹**ДРОБНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И ПЛОЩАДНОЕ РАЗВИТИЕ ТУРИЗМА**

Туризм, имея широчайший спектр ресурсных интересов, действует в противовес современным тенденциям сжатия социально-экономического пространства. В российских регионах возрастает интерес к площадному развитию туризма, которое требует более высокой степени территориальной организации, нежели точечное развитие. Дробное районирование является географическим инструментом вовлечения всего пространства региона в туристские процессы. Оно пока имеет слабое прикладное значение для туризма в России. Провинции Канады оказываются мировыми лидерами в пространственной делимитации для целей практического туризма. Все 10 провинций Канады активно используют дробное туристское районирование, но основывают его на разных принципах. Канадский опыт представления провинций в туристской мозаике следует принимать во внимание российским регионам. В Пермском крае, учитывая собственные наработки и привлеченные подходы, следует выделять туристские районы: Северный Урал, Горнозаводский Урал, Предуралье, Парма, Верхняя Кама, Средняя Кама и Нижняя Кама.

Ключевые слова: туристское районирование, площадное развитие туризма, провинции Канады, Пермский край.

Введение. Процесс сокращения активного социально-экономического пространства происходит в России уже более четверти века. В стране прирастают пространства бездорожья [Бочарников, 2016], территории, трудно доступные от населенных пунктов и инфраструктуры жизнеобеспечения [Королев, 2013]. Это явление, выражающееся в развитии городов верхних уровней иерархии и деградации остальной освоенной территории, откуда мигрирует население, где снижается или исчезает деловая активность. В связи с этим особый интерес вызывают сферы деятельности, обладающие пространственной экспансией, одной из которых является туризм.

Туризм может противодействовать тенденциям сжимания социально-экономического пространства регионов, способствовать вовлечению в хозяйственное развитие внегородских местностей, окраинных и новых территорий [Голубчиков, Кружалин, 2017]. Можно привести примеры разных по профилю туристских объектов, которые недавно созданы и успешно работают, находясь во внегородской местности на значительном удалении от центральных городов, но образцовых отечественных примеров совсем немного, в регионах их единицы. К таким лучшим практикам следует отнести туристский комплекс «Этномир» и ландшафтно-архитектурный парк «Никола-Ленивец» (Калужская область), горнолыжный комплекс «Хвалынь» (Саратовская область), региональный природный парк «Оленьи Ручьи» (Свердловская область).

Современное акцентированное развитие главных городов российских регионов сильно сужает возможности пространственного туристского развития, которое также преимущественно идет по «точечному», «городскому» пути. Многие регионы фак-

тически взяли курс на развитие туристских объектов и объектов туристской инфраструктуры полюсно, только в центральных местах, в ареалах развитой транспортной сети.

Материалы и методы исследований. Рассматривая страны в аспекте уровня развития туризма и в отношении равномерности распространения туристской деятельности по территории, мы приходим к выводу, что *площадное развитие туризма в стране или регионе сложнее и ценнее точечного, является более высоким этапом и свидетельствует о более продвинутом уровне организации территории.*

Страны, входящие в ядро туристской системы мира [Александрова, 2014], как правило, достигают такого уровня, когда все или почти все пространство страны включено в туристскую отрасль. Доля вовлеченного в туризм пространства зависит от размеров территории и уровня социально-экономического развития страны. В Европе относительно небольшие страны (Швейцария, Чехия) практически всей своей территорией участвуют в туристском хозяйстве. В крупных европейских странах осуществляется, хотя и не стопроцентное, но преимущественно площадное туристское развитие. В Италии площадное развитие туризма характерно почти для всех двадцати регионов, к нетуристским местностям можно отнести незначительные по размерам пространства во внутренних частях Калабрии, Молизе, Сардинии.

Площадное развитие, как верхняя стадия в территориальной организации туризма, должно иметь крепкое основание, которое еще не везде создано. Российские регионы находятся на разных этапах формирования современной системы туризма. Последовательность развития отрасли в некоторых рес-

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, географический факультет, зав. кафедрой туризма, докт. геогр. н.; e-mail: aizyrianov@gmail.com

публиках Северного Кавказа (Чеченской Республике, Ингушетии, Дагестане), предполагающая точечное инвестирование в инфраструктуру, вполне оправдана [Гайрабеков, Зырянов, 2017]. В регионах Восточного Кавказа следует начинать развивать туризм не по площадному, а по точечному принципу, а именно, создавать достаточно крупные инфраструктурные туристско-рекреационные объекты и включать их в республиканские турпродукты. Для крупных комплексов легче подготовить кадры, на таких объектах проще правильно организовать сервис. Организация разветвленной туристской и экскурсионной маршрутной сети, вовлечение населения в рекреационное предпринимательство в различных муниципалитетах – это уже следующий этап развития, который возможен в том случае, если будут полностью выполнены задачи первого этапа, а именно, безукоризненной и эффективной работы крупных туристско-рекреационных комплексов и достижения широкой известности республик как туристских регионов.

Нежелательная тенденция смещения населения и социально-экономической активности в основные единичные города Пермского края может отчасти преодолеваться, если придерживаться принципа площадного развития туристско-рекреационной деятельности. Географическое рассредоточение природных и культурно-исторических туристских ресурсов и возрастающий к ним интерес общества позволяют планировать вовлечение не отдельных мест, а всей территории Пермского края в туристское развитие. Кафедрой туризма Пермского университета разработан проект «Пермь Великая», где применен площадной принцип развития туризма в регионе. Проект в 2015 г. вошел в «Федеральную программу развития внутреннего и въездного туризма 2014–2018 гг.»; он направлен на создание новой пространственной организации туризма в Пермском крае.

Традиционным подходом в развитии туризма в регионах России и многих зарубежных стран является выбор отдельных наиболее потенциальных мест, признание их точками роста и их особая поддержка. Субъекты Федерации действуют в туристских программах принципами концентрации ресурсов и создания полюса роста (чаще одного, и гораздо реже двух-трех полюсов). В проекте «Пермь Великая» взяты за основу иные принципы в региональной туристской политике. Они состоят в том, что туризм развивается на всей без исключения территории края, включая краевой центр, большие и малые города, ближние и дальние муниципальные районы. Площадной принцип делает географически доступной туристско-рекреационную деятельность для населения и для предпринимательства. Площадной подход обязательно требует районирования территории и особенное представление каждого туристского района. Попробуем решить эту задачу для Пермского края, привлекая отечественный и зарубежный опыт.

Туристское развитие северных стран Европы и Америки, существенный ежегодный рост прибытий

вызывает для российских регионов интерес в отношении образцов постановки туристского дела в городах и вне городов, в отношении подходов к формированию эффективной территориальной организации в регионах. Территорией поиска удачных решений для применения в российских регионах может являться Канада. Многие важнейшие экономико-географические параметры Канады и России наиболее схожи [Трейвиш, 2017].

Канада – большая страна, сравнимая с Россией. Классик советской географии Н.Н. Баранский [Баранский, 1980] сравнивал Канаду с Сибирью. Это сравнение имело основания. Во времена Советского Союза Канада и СССР довольно сильно отличались размерами территорий, численностью населения, составом природных поясов. В это время Канада лучше соотносилась с Сибирью. Тогда и сейчас наши страны – первая и вторая в мире по размерам, но современная Россия с Канадой стали ближе друг к другу по площади, численности населения, спектру природных зон. Южные точки двух стран располагаются практически на одной параллели, да и северные также. Поэтому в Канаде много полезного для наших регионов можно почерпнуть из достижений в развитии туризма, рекреации и сервиса, в ведении хозяйства, в организации селитебного и производственного пространства, в ландшафтном планировании.

Для вовлечения в туристское развитие всей территории важно осуществить ее туристское районирование. *Районирование – путь к площадному развитию и управлению туризмом на всей территории.* В Канаде эту задачу решают все 10 провинций разными способами.

Результаты исследования и их обсуждение.

Рассмотрим применяемые схемы, определим принципы районирования, отметим интересные, в частности для Пермского края, канадские подходы в этом вопросе. Охарактеризуем туристское районирование провинций от Тихого океана до Атлантики. Будем использовать местную терминологию, называть участки провинций регионами.

Британская Колумбия полуофициально разделена на 6 туристских регионов (рис. 1) [Tourism Regions of BC (Regional Partners). URL: <https://www.destinationbc.ca/Programs/Regions-Communities-and-Sectors/Regional-Tourism-Programs/Regional-Partners.aspx> (дата обращения: 03.01.2018)]. Районирование с целью продвижения территорий и координации туристской деятельности осуществлено совместно организациями Regional Destination Marketing Organizations и Destination British Columbia. Пять регионов сравнимы по площади, шестой – Northern BC – намного больше, охватывает более половины провинции. Первые пять имеют наименования географических объектов, как личных, так и общих. При этом название в большинстве случаев составное – из двух-трех географических объектов, которые пространственно максимально отражают регион.

Регион Vancouver Coast and Mountains представляет собой агломерацию и ее окружение. Сочетание



Рис. 1. Туристские районы провинции Британская Колумбия: 1 – Cariboo Chilcotin Coast; 2 – Kootenay Rockies; 3 – Northern British Columbia; 4 – Thompson Okanagan; 5 – Vancouver Island; 6 – Vancouver Coast and Mountains

Fig. 1. Tourist districts of British Columbia: 1 – Cariboo Chilcotin Coast; 2 – Kootenay Rockies; 3 – Northern British Columbia; 4 – Thompson Okanagan; 5 – Vancouver Island; 6 – Vancouver Coast and Mountains

«побережье и горы» напоминает гостям о возможности только этого места в стране – утром кататься на лыжах, а после обеда быть на яхте, или играть в гольф. Vancouver Island – назван по одному, основному объекту, но включает еще многочисленные острова пролива и территорию на материке. Thompson Okanagan – охватывает долины одноименных рек и часть Скалистых гор. Cariboo Chilcotin Coast – назван по горной области и реке, а поскольку выходит к морю, то имеет в названии третью часть. Регион Kootenay Rockies – представлен бассейном реки Кутеней и Скалистыми Горами.

Отметим, что названия не повторяются, несмотря на то, что Скалистые Горы протягиваются по трем регионам провинции, а морское побережье по четырем. В каждом из регионов выделяются основные города, но ядра тяготения значат меньше, чем транспортные пути в вопросе контуров регионов. В каждом регионе есть основная автодорога или несколько дорог, которыми могут осуществляться маршруты внутри региона. Каждый из регионов включает в свой состав части разных природных районов, он природно-контрастен. Это позволяет иметь широкие спектры туристско-рекреационных предложений. Туристские регионы Британской Колумбии позиционируются как многоландшафтные, дающие разнообразные впечатления. Регионы названы в природном контексте, даже регион города Ванкувер. Фактически районированию подлежит южная, относительно малая часть провинции, северная – большая как бы за пределами принципов схемы и ее название сформировано иначе. Название

«Северная Британская Колумбия» говорит о том, что природная мозаика здесь настолько широка, что перечисление физико-географических объектов будет слишком длинным.

Туристские регионы в Британской Колумбии, по-видимому, выделяются в основном как территориальные группы официальных административно-территориальных образований уровня округа/графство (County). Границы округов и туристских регионов не всегда совпадают и в таких случаях соответствуют границам официальных образований более низкого уровня – муниципалитетам.

Надо отметить, что провинции Канады имеют сложное многоуровневое административно-территориальное деление. Каждая из провинций имеет свой набор уровней из перечисленных: регион, округ, переписная область, переписная подобласть, муниципалитет. Это уровни официального деления страны для управления и переписи населения. Туристское районирование провинций Канады, по-видимому, имеет неадминистративный статус, но принято в каждой провинции, по нему настраивается система туристской информации и формируется территориальная организация туризма в целом.

Провинция *Альберта* выделяет 6 туристских регионов: Северную Альберту, Центральную Альберту, Южную Альберту, регионы Калгари и Эдмонта и Канадиан Роккис [Alberta Regions. URL: <http://www.comeexplorecanada.com/alberta/> (дата обращения: 04.01.2018)].

Мы видим простое деление равнинной территории, особую роль двух крупнейших городов и отдельный район гор с названием шире, чем тот участок Скалистых гор, который входит в провинцию. Отметим, что здесь применены и физико-географические и экономико-географические принципы районирования. Четыре туристских региона очень похожи на природные регионы и представляют собой довольно большие группы муниципальных образований.

Провинция *Саскачеван* применяет районирование еще более простое и без ориентировки на достопримечательности: Север, Центральный Запад, Центральный Восток, Юго-Запад, Юго-Восток. Это в основном группы территориальных образований уровня округов [Saskatchewan Regions. URL: <http://www.comeexplorecanada.com/saskatchewan/> (дата обращения: 05.01.2018)].

Манитоба показала пример внимательного отношения к туристскому районированию [Manitoba's Tourism Regions. URL: <https://www.gov.mb.ca/watchablewildlife/regions/index.html> (дата обращения: 03.01.2018)]. Ее территория поделена на 8 регионов, очень разных по площади: Parkland, Interlake, Western, Eastern, Northern, Central Plains, Pembina Valley, Winnipeg. Северный регион занимает около 70% площади провинции. В провинции активно проводится туристский маркетинг по назначенным регионам. Туристские регионы выделены на основе областей.

Онтарио – вторая по площади провинция Канады – поделена на 13 туристских регионов, 12 из них располагаются на крайнем юго-востоке и занимают всего 20% территории провинции, а громадный регион 13 Northern Ontario делится на 3 подрайона [Tourist regions. Ontario. URL: <https://www.bbcana.com/ontario> (дата обращения: 04.01.2018)]. В провинции осуществляется маркетинговая политика с учетом выделенных регионов с помощью специальных структур (Ontario Regional Tourism Organizations) От Ниагарского водопада и Торонто к северо-западным границам провинции площади туристских регионов увеличиваются согласно сокращению плотности населения. Многие названия регионов отражают их достопримечательности, часто составные (Niagara Falls and Wine Country, Bruce Peninsula, Southern Georgian Bay and Lake Simcoe). Туристские регионы в провинции – это в основном группы графств. Границы туристских регионов согласуются с подпровинциальным административным делением Канады (округа, муниципалитеты), которое особенно сложное в Онтарио и Квебеке.

Квебек делится на 21 туристский регион, и туристская политика провинции осуществляется в соответствии с этим делением [Quebec's tourist regions. URL: <http://www.easterntownships.org/quebec-tourist-regions/> (дата обращения: 05.01.2018)]. Квебек – наиболее активная провинция по продвижению своих туристских регионов. Это касается и постановки работы туристских информационных центров, и издательской деятельности. Границы туристских регионов в основном соответствуют границам административных регионов провинции, хотя их всего 17.

Нью Брансуик не выделяет на туристских картах районы, продвигая не все пространство провинции, а только пейзажные автодороги (Scenic Drives), но считая их осями примыкающих к ним туристских территорий [Tear-out map of New Brunswick. Irving com. 2017]. Их названия географичны, ориентируют на достопримечательности: Fundy Coastal Drive, Acadian Coastal Drive, River Valley Scenic Drive, Miramichi River Route, Appalachian Range Route.

Интересной является сетка туристского районирования самой маленькой провинции Канады – **Остров Принца Эдуарда**. На ее примере мы видим, что каждая провинция старается полноценно и по-своему организовать систему путешествий, согласно географическим особенностям.

Вытянутый по широте остров Принца Эдуарда делится заливами на 3 почти отдельных острова, примерно равные части: западную, центральную и восточную. Три части выделены и представляются на туристских картах как три туристских района, и названы по дорогам, их оконтуривающим (рис. 2) [True island flavour. Prince Edward Island. Canada. Per highway map. Northumberland Ferries Limited. 2017]. Поскольку на острове, как правило, самая интересная и пейзажная дорога проходит по окружности острова, три района продвигаются в туристском отношении как районы береговых дорог. В название

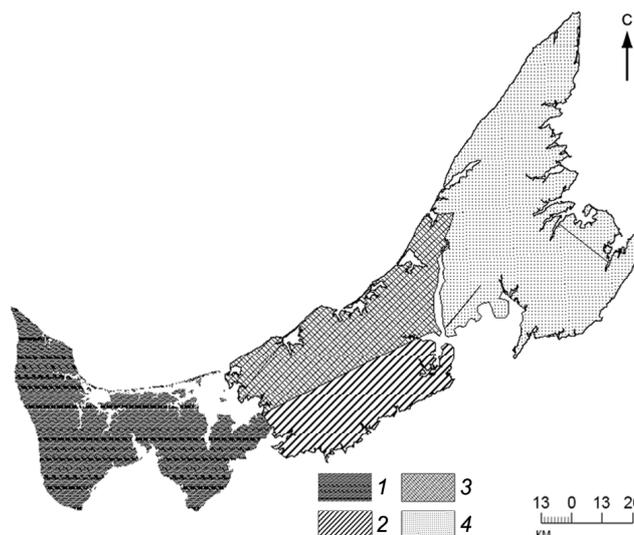


Рис. 2. Туристские районы провинции Остров Принца Эдуарда: 1 – North Cape Coastal Drive; 2 – Red Sands Shore; 3 – Green Gables Shore; 4 – Points East Coastal Drive

Fig. 2. Tourist districts of Prince Edward Island: 1 – North Cape Coastal Drive; 2 – Red Sands Shore; 3 – Green Gables Shore; 4 – Points East Coastal Drive

района добавляется наименование крайне удаленной на острове и поэтому романтической дестинации. Западный район называется North Cape Coastal Drive (Путь по берегу к Северному мысу). Северный мыс длинным острием вдается в залив Святого Лаврентия. Восточный район называется Points East Coastal Drive (Путь по берегу к Восточной точке). Мыс Points East, также как и Северный, острием уходит далеко в море и зовет совершить путешествие к крайней точке. Центральный туристский район называется Central Coastal Drive (Центральный береговой путь) делится на два подрайона: северный, который назван в честь уроженки места, известной канадской писательницы Люси Мод Монтгомери – Green Gables Shore (Берег зеленых мезонинов) – по имени ее главной книги, и южный – Red Sands Shore (Берег красных песков), поскольку красноцветные почвы острова являются одним из его брендов, способствовали развитию картофельной специализации и появлению популярной картошки фри. Туристское районирование на острове соответствует иерархической, дисперсно покрывающей всю площадь, разнообразной по функциям сети туристских информационных центров. Среди которых выделяются Provincial Visitor Information Centres, Provincial Destination Centres, Municipal Information Visitor Centres, Island Welcome Centres. Туристские регионы острова соответствуют административным областям частично.

На туристской карте **Новой Шотландии**, полученной в туристском информационном центре Галифакса территория провинции разделена на 7 туристских районов [Nova Scotia com. Road map. 2017]. Они названы по наиболее аттрактивным местностям, которыми прежде всего являются морс-

кие побережья: Nothumberland Shore, Cape Breton Island, Eastern Shore, Halifax, South Shore, Yarmouth and Acadian Shore, Bay of Fundy and Annapolis Valley. Видовые дороги, отмеченные на карте, следуют вдоль побережий Новой Шотландии почти точно в соответствии с конфигурацией побережья. Туристские регионы являются в основном группами административных областей, но в ряде случаев имеют собственные границы.

В провинции *Ньюфаундленд и Лабрадор* 5 туристских регионов [Tourist regions. Newfoundland and Labrador. URL: <https://www.bbcanada.com/newfoundland> (дата обращения: 04.01.2018)]. Один на Лабрадоре, который является и административным регионом, четыре – на о. Ньюфаундленд, которые сменяют друг друга с юго-востока на северо-запад в направлении удаления от столицы провинции: Avalon (по имени полуострова), Eastern, Central, Western. Регионы на острове выделены так, чтобы не очень густая дорожная сеть позволяла ознакомиться по возможности со всей территорией района. Они согласуются с административным делением муниципального уровня.

Канадский опыт практического туристского районирования. На примере провинций Канады мы видим, что туристское районирование играет большую практическую роль в управлении и в маркетинговой работе. Районирование позволяет вовлечь, по возможности, все пространство провинций в туристско-рекреационное и сервисное развитие, повысить доступность туризма для населения, обеспечить равные возможности для местного предпринимательства в этой отрасли. Районирование проводится в разных провинциях по разным принципам и, как правило, согласуется с границами административных образований дробных уровней. Деление провинций на туристские регионы осуществлено почти во всех провинциях Канады, имеет неофициальный статус, хотя в ряде случаев точно соответствует административному делению. Только в одной провинции – в Нью Браунсуике это районирование не сплошное, а выборочное. Туристское районирование провинций имеет разную содержательную основу, но всюду проведено с учетом географических особенностей территории.

Три территории Канады, расположенные севернее ее провинций, на туристские регионы не подразделяются, по-видимому, по причине их малонаселенности, поскольку по размерам площадей они не уступают провинциям.

Подведем методический итог. В туристском районировании Пермского края можно использовать следующие принципы, которые применены в выделении туристских регионов в провинциях Канады:

1 – они представляют собой группы административно-территориальных образований, хотя есть несовпадения границ;

2 – могут соответствовать физико-географическим районам;

3 – могут сочетать разнородные природные районы;

4 – транспортно связаны внутри;

5 – видно различие в делении сельской и городской местности;

6 – провинции разделены на разное число туристских регионов, от 3 до 21, в среднем – 8.

В Канаде туристское районирование применяется в провинциях и не проведено в территориях. Это свидетельствует о целесообразности этой географической процедуры для относительно населенных ареалов, где актуализируется задача пространственной равномерности туристского развития.

В туризме очень важно название района, поэтому учтем канадские подходы. Туристские регионы могут быть названы по основным (двум–трем), или по основному административно-территориальному образованию, по аттрактивным природным объектам или физико-географическим районам, по культурно-историческим достопримечательностям или по главному туристскому маршруту.

Туристское районирование Пермского края.

Принимая во внимание канадский опыт, опираясь на собственные разработки, можно предложить следующее туристское районирование и обозначение районов Пермского края (рис. 3).

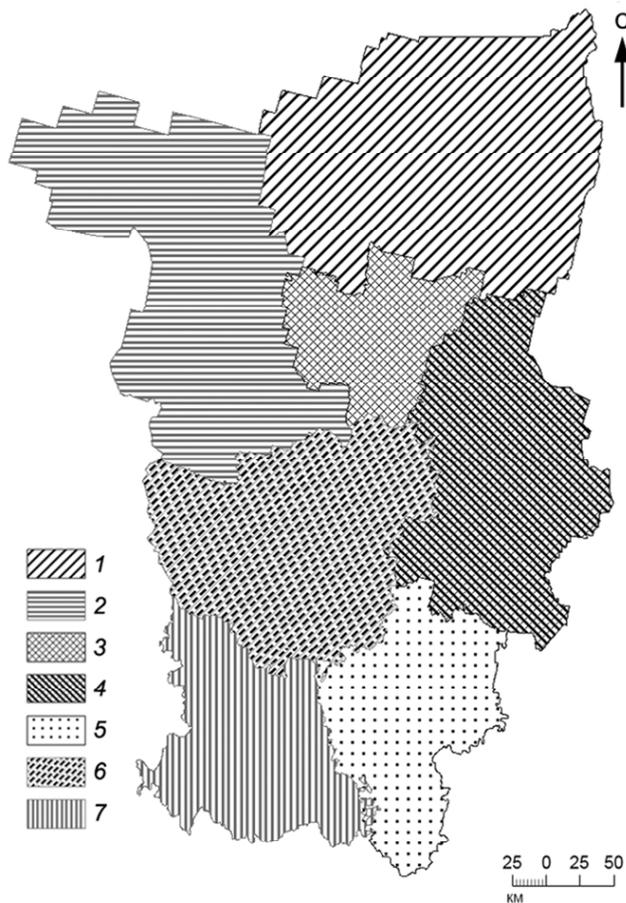


Рис. 3. Туристские районы Пермского края: 1 – Северный Урал; 2 – Парма; 3 – Верхняя Кама; 4 – Горнозаводский Урал; 5 – Предуралье; 6 – Средняя Кама; 7 – Нижняя Кама

Fig. 3. Tourist districts of Perm Krai: 1 – North Urals; 2 – Parma; 3 – Upper Kama; 4 – Mining Urals; 5 – Preduralje; 6 – Middle Kama; 7 – Lower Kama

Исходя из современных задач развития туризма, край можно разделить на 7 туристских районов.

Первый район – **Северный Урал** – охватывает Чердынский и Красновишерский муниципальные районы. Это большая редкозаселенная территория северо-востока края с двумя малыми городами, разбросанными среди лесов поселками и деревнями. Это среднетаежный среднегорный, низкогорный и предгорно-равнинный ландшафт бассейна реки Вишеры с ее крупнейшим притоком Колвой. Это ареал исторического наследия, особенно периода Перми Великой и территория природно-ориентированных активных путешествий, охотничье-рыболовной рекреации. Район может быть назван:

Северный Урал (North Ural),
Вишера Колва (Vishera Kolva),
Вишера Чердынь (Vishera Cherdyn),
Уральские Горы Чердынь (Ural Mountains Cherdyn),

Горы Вишера Чердынь (Mountains Vishera Cherdyn).

Второй район – **Парма** – охватывает 6 муниципальных районов Коми-Пермяцкого округа. Это средне- и южно-таежный северо-запад края лесозаготовительного и сельскохозяйственного профиля, где в национальном составе населения основную долю составляют коми-пермяки. Лесистые возвышенности и равнины располагаются в бассейне Камы, ее крупных притоков Весляны, Косы, Иньвы. Район может быть назван:

Парма (Parma),
Коми-Пермяцкий (Komi Perm).

Третий район – **Горнозаводский Урал** – занимает восток края, включает муниципалитеты Александровска, Кизела, Губахи, Гремячинска, Чусового, Горнозаводска, Лысьвы. Это в основном Средний Урал, наиболее освоенная часть гор Пермского края. Географы называют территорию – Горнозаводское Прикамье или Горнозаводской Урал. Здесь население городское, группы городов и поселков посреди таежно-скалистого ландшафта. Города и городки возникли в прошлом как горные заводы. Эта часть Уральских гор богата недрами, которые активно разрабатывались. Это бассейны левых притоков Камы – рек Чусовая, Косьва и Яйва. Центральной рекой района по географическому положению и туристскому значению можно считать приток Чусовой – Усьву. Район можно назвать:

Средний Урал (Deep Ural),
Горнозаводский Урал (Maining Ural),
Усьва Чусовая (Usva Chusovaja).

Четвертый район – **Предуралье** – включает сельские муниципалитеты юго-востока края во главе с городом Кунгуром – Кунгурский, Березовский, Кишертский, Суксунский, Ординский, Уинский, Октябрьский. Это территория в основном смешанных лесов с остепнением. Территория охватывает широкий пояс Предуралья с пермскими карбонатными горными породами и карстовыми ландшафтами на Уфимском плато, располагается в бассейне реки Сылвы и ее притока Ирени. Это район сельскохозяй-

ственный, богат купеческой историей. Его можно назвать:

Предуралье (Preduralje),
Кунгур (Kungur),
Кунгур Сылва (Kungur Sylva).

Пятый район – **Верхняя Кама** – объединяет территорию города Березники, Соликамский и Усольский муниципалитеты. Это Березниковско-Соликамская агломерация и ее лесная окантовка с Верхнекамским месторождением калийно-магневых солей, со значительным социально-экономическим потенциалом, с богатым историческим наследием. Это гидрографический центр Севера края, где Кама принимает Вишеру, Яйву и Кондас. Район можно назвать:

Верхняя Кама (Upper Kama),
Соль Камская (Soul Kama),
Соликамск Усолье (Solikamsk Usolje).

Шестой район – **Средняя Кама** – охватывает среднее, меридиональное течение Камы и бассейн ее притока Обвы, включает главный город края – Пермь и муниципальные районы Пермский, Ильинский, Добрянский, Сивинский Карагайский, Верещагинский, Очерский, Нытвенский и Краснокамский. Это Пермская агломерация, ее сельское и дачное окружение в освоенном поясе равнинной южной тайги. Это центральное место бассейнового Пермского края, где Камское водохранилище переходит в Воткинское, Кама меняет направление с меридионального на диагональное, принимает крупнейший в крае приток Чусовую с Сылвой. Район можно назвать:

Средняя Кама (Mid Kama),
Пермь Кама Обва (Perm Kama Obva).

Седьмой район – **Нижняя Кама** – занимает самые теплые и маловлажные территории юго-запада края, окружающие нижнюю часть течения Камы. Большие площади занимает бассейн реки Тулва, притока Камы и Тулвинская возвышенность. Район включает муниципалитеты Чайковский, Частинский, Большесосновский, Осинский, Оханский, Бардымский, Куединский и Чернушинский. Три города – Чайковский, Чернушка и Оса – находятся в пределах района. Местность представляет собой сельскохозяйственные ландшафты в поясе смешанных лесов. Район можно именовать:

Нижняя Кама (Lower Kama),
Чайковский Кама Тулва (Tchaikovsky Kama Tulva).

При изучении канадского опыта возникает ряд вопросов, решение которых выходит за рамки статьи и требует, в том числе, подключения междисциплинарных подходов. Зададим себе эти вопросы в качестве перспективы работы.

1. Можно ли при доминировании «топографических» принципов наименования районов достигать эффективного решения задач брендинга территорий?

2. Если при туристском районировании применяются и физико-географические, и административно-территориальные принципы, то как они сочетаются практически при делимитации?

3. Поскольку разработок о принципах и технологиях туристского районирования провинций Канады в научной литературе мы не нашли, то следует ли считать это делом прикладного уровня, которым занимаются заинтересованные организации (туристские ассоциации, информационные центры)?

4. Если статус туристских районов Канады неофициальный, то означает ли это выход туристской системы страны на уровень территориальной самоорганизации?

Выводы:

– площадное развитие туризма является сегодня задачей туристской отрасли в субъектах РФ. Этот этап активно проходят высокоразвитые страны мира. Центробежная энергия туризма позволяет удерживать сжатие ойкумены, его пространственная экспансия играет в основном положительные социально-экономические роли. Переход от точечного (полюсного) развития к площадному этапу имеет большие цели создания новой территориальной организации туризма в регионах, первым шагом к которой становится дробное туристское районирование;

– провинции Канады опираются в практике координации, информации и маркетинга на туристское районирование. Туристские регионы провинций имеют неофициальный статус, но являются каркасом туристских провинциальных систем, районирование осуществляется для практических целей. Туристские регионы провинций Канады представляют со-

бой в основном группы административно-территориальных образований, могут соответствовать физико-географическим районам, сочетать разнородные природные районы, транспортно связаны внутри. В среднем провинции разделены на 8 туристских регионов. Регионы могут быть названы по основным административно-территориальным образованиям, по аттрактивным природным объектам, физико-географическим районам, по культурным достопримечательностям, по главному маршруту;

– туристское районирование дробного уровня слабо интересует научных работников и практиков туризма. В отечественной рекреационной географии редко встречаются схемы этого вида, а многочисленные туристские карты, выпускаемые в нашей стране, да и в других странах обычно обходятся без таких сеток. Однако на примере Канады мы можем судить о важности такого районирования, прежде всего в практических целях тотального туристского освоения пространства;

– учитывая канадский опыт дробного туристского районирования и собственные разработки целесообразно делить Пермский край на 7 туристских районов: Северный Урал (North Ural); Парму (Parma); Горнозаводский Урал (Mining Ural); Предуралье (Preduralje); Верхнюю Каму (Upper Kama); Среднюю Каму (Mid Kama); Нижнюю Каму (Lower Kama). Дробное туристское районирование является путем к пространственному развитию туризма в крае.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Александрова А.Ю. Типология стран мира по уровню развития международного туризма // География и природные ресурсы. 2014. № 1. С. 43–46.

Баранский Н.Н. Избранные труды. Научные принципы географии. М.: Мысль, 1980. 239 с.

Бочарников В.Н. Геопространство «дикой природы» России // Социально-экономическая география. Вестник Ассоциации российских географов-обществоведов. 2016. № 5. С. 165–175.

Гайрабеков У.Т., Зырянов А.И. Возможности развития туризма в Чеченской республике // Россия и ее регионы в полимасштабных интеграционно-дизинтеграционных процессах. Матлы международной научно-практической конференции в рамках VIII ежегодной ассамблеи Ассоциации российских географов-обществоведов. 2017. С. 506–509.

Голубчиков Ю.Н., Кружалин В.И. Арктический туризм // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2017. № 3. С. 96–98.

Королев А.Ю. Полюс недоступности России как экологический эталон дикой природы // Вестн. Удмуртского ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2013. № 6–4. С. 106–111.

Трейвиш А.И. Географические факторы модернизации общества: некоторые уроки всемирной и российской истории

XIX–XX веков // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2017. № 6. С. 3–8.

Alberta Regions. URL: <http://www.comeexplorecanada.com/alberta/> (дата обращения: 04.01.2018).

Manitoba's Tourism Regions. URL: <https://www.gov.mb.ca/watchablewildlife/regions/index.html> (дата обращения: 03.01.2018).

Nova Scotia com. Road map. 2017.

Québec's tourist regions. URL: <http://www.easterntownships.org/quebec-tourist-regions/> (дата обращения: 05.01.2018).

Saskatchewan Regions. URL: <http://www.comeexplorecanada.com/saskatchewan/> (дата обращения: 05.01.2018).

Tourism Regions of BC (Regional Partners). URL: <https://www.destinationbc.ca/Programs/Regions-Communities-and-Sectors/Regional-Tourism-Programs/Regional-Partners.aspx> (дата обращения: 03.01.2018).

Tourist regions. Newfoundland and Labrador. URL: <https://www.bbcanada.com/newfoundland> (дата обращения: 04.01.2018).

Tourist regions. Ontario. URL: <https://www.bbcanada.com/ontario> (дата обращения: 04.01.2018).

Tear-out map of New Brunswick. Irving com. 2017.

True island flavour. Prince Edward Island. Canada. Per highway map. Northumberland Ferries Limited. 2017.

Поступила в редакцию 31.05.2017

Принята к публикации 21.05.2018

A.I. Zyrianov¹

DISTRICTING AND AREAL DEVELOPMENT OF TOURISM

The tourism with its widest range of resource interests acts as a counterbalance to modern tendencies of social and economic space compression. In Russian regions there is a growing interest in «areal development» of tourism, which requires higher degree of territorial organization than the «site development». Fractional zoning is a geographical tool for involving the entire region in the tourist processes, but it still has a low applied value for tourism in Russia. The provinces of Canada are the world leaders in spatial delimitation for the purpose of practical tourism. All ten provinces of Canada actively use fractional tourist zoning, basing it on different principles, however. The Canadian experience of representing provinces in tourist mosaics should be taken into the account in Russian regions. Basing on the results of our studies and the experience from the Canadian provinces it is necessary to allocate the following tourist areas in the Perm region: North Urals, Mining Urals, Preduralje, Parma, Upper Kama, Middle Kama and Lower Kama.

Key words: tourist zoning, areal development of tourism, provinces of Canada, the Perm Krai of Russia.

REFERENCES

- Alberta Regions. URL: <http://www.comeexplorecanada.com/alberta/> (Accessed 04.01.2018).
- Aleksandrova A.Ju.* Tipologija stran mira po urovnju razvitija mezhdunarodnogo turizma [Typology of the world countries in terms of the level of international tourism development] // *Geografija i prirodnye resursy*. 2014. № 1. S. 43–46 (in Russian).
- Baranskij N.N.* Izbrannye trudy. Nauchnye principy geografii [Selected works. Scientific principles of geography]. M.: Mysl', 1980. 239 s. (in Russian).
- Bocharnikov V.N.* Geoprostranstvo «dikoj prirody» Rossii, [Geospace of «wild nature» of Russia] // *Social'no-jekonomicheskaja geografija. Vestnik Asociacii rossijskih geografov-obshhestvovedov*. 2016. № 5. S. 165–175 (in Russian).
- Gajrabekov U.T., Zyrianov A.I.* Vozmozhnosti razvitija turizma v Chechenskoj respublike [Opportunities for tourism development in the Chechen Republic] // *Rossija i ee regiony v polimasshtabnyh integracionno-dezintegracionnyh processah. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii v ramkah VIII ezhegodnoj assamblei Asociacii rossijskih geografov-obshhestvovedov*. 2017. S. 506–509 (in Russian).
- Golubchikov Ju.N., Kruzhalin V.I.* Arkticheskij turizm [Arctic tourism] // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 5. Geografija*. 2017. № 3. S. 96–98 (in Russian).
- Korolev A.Ju.* Poljus nedostupnosti Rossii kak jekologicheskij jetalon dikoj prirody [The Pole of Inaccessibility of Russia as an Ecological Standard of Wildlife] // *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Ser. Biologija. Nauki o Zemle*. 2013. № 6–4. S. 106–111 (in Russian).
- Manitoba's Tourism Regions. URL: <https://www.gov.mb.ca/watchablewildlife/regions/index.html> (Accessed 03.01.2018).
- Nova Scotia com. Road map. 2017.
- Québec's tourist regions. URL: <http://www.easterntownships.org/quebec-tourist-regions/> (Accessed 05.01.2018).
- Saskatchewan Regions. URL: <http://www.comeexplorecanada.com/saskatchewan/> (Accessed 05.01.2018).
- Tear-out map of New Brunswick. Irving com. 2017.
- Tourism Regions of BC (Regional Partners). URL: <https://www.destinationbc.ca/Programs/Regions-Communities-and-Sectors/Regional-Tourism-Programs/Regional-Partners.aspx> (Accessed 03.01.2018).
- Tourist regions. Newfoundland and Labrador. URL: <https://www.bbcanada.com/newfoundland> (Accessed 04.01.2018).
- Tourist regions. Ontario. URL: <https://www.bbcanada.com/ontario> (Accessed 04.01.2018).
- Trejvish A.I.* Geograficheskie faktory modernizacii obshhestva: nekotorye uroki vseмирnoj i rossijskoj istorii XIX–XX vekov [Geographical factors of society modernization: some lessons of the world and Russian history of the XIX–XX centuries] // *Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografija*. 2017. № 6. S. 3–8 (in Russian).
- True island flavour. Prince Edward Island. Canada. Per highway map. Northumberland Ferries Limited. 2017.

Received 31.05.2017

Accepted 21.05.2018

¹ Perm State University, Geography Faculty, Head of the Tourism Department, D.Sc. in Geography; e-mail: aizyrianov@gmail.com

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 551.79; 551.351

Ю.П. Безродных¹, Т.А. Янина², В.М. Сорокин³, Б.Ф. Романюк⁴**СТРОЕНИЕ ОСАДОЧНОЙ ТОЛЩИ ГОЛОЦЕНА СЕВЕРНОГО КАСПИЯ КАК ОТРАЖЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И УРОВНЯ МОРЯ**

Выявление поведения уровня Каспийского моря в условиях разномасштабных и разнонаправленных изменений климата в голоцене и его отражение в строении осадочной толщи Северного Каспия выполнено на основе исследования двухчастотных сейсмоакустических профилей и керна скважин и колонок литологическим, фаунистическим и геохронологическим методами. В строении голоценовой толщи осадков Северного Каспия отражены разномасштабные палеогеографические события голоцена: мангышлакская регрессия и новокаспийская трансгрессия, развивавшаяся стадийно. Они были вызваны изменениями климата разного масштаба и направленности. Мангышлакская регрессия до –90 м имела место в бореальную (схема Блитта–Сернандера) эпоху раннего голоцена, характеризовавшуюся сравнительно высокой теплообеспеченностью и сухостью. Резкое кратковременное похолодание «8200 event» с одновременным усилением аридности вызвало максимальное снижение уровня бассейна в завершающую фазу регрессивной эпохи. В развитии новокаспийской трансгрессии выражены 3 трансгрессивные стадии: первая развивалась в эпоху теплого и влажного климата атлантического оптимума голоцена; вторая явилась откликом на эпоху позднебореального похолодания и высокой увлажненности на Восточно-Европейской равнине; в развитии третьей стадии, охарактеризованной двумя группами дат 1700–1100 и 700–360 л. н., hiatus между ними дает основание к предположению о снижении уровня Каспия в теплый сухой период средневековья, а вторая группа дат отвечает трансгрессивному подъему Каспия в прохладный и влажный климатический эпизод (малый ледниковый период). Трансгрессивные стадии охарактеризованы разными малакофаунистическими сообществами: в раннем новокаспийском бассейне господствовали слабо солонатоводные виды при незначительном участии моллюсков рода *Didacna*; средняя стадия отличалась широким развитием моллюсков рода *Didacna* и появлением *Cerastoderma glaucum*; видовой состав поздней стадии аналогичен современному, на последних этапах ее развития появились черноморские виды *Mytilaster lineatus* (случайно занесен с судами в начале XX века) и *Abra ovata* (акклиматизирован в середине XX века для питания осетровых). Регрессивные фазы с падением уровня до 9 м отвечали суббореальному термическому максимуму голоцена и этапу потепления и сокращения количества осадков в бассейне Волги.

Ключевые слова: Северный Каспий, голоцен, изменения климата, строение отложений.

Введение. Колебания уровня Каспия в палео времени зависели от многих факторов: глобальных и региональных климатических изменений, перестройки гидрографической сети, неотектонических процессов, осадконакопления в бассейне и других. На разных этапах геологической истории Каспия уровень их влияния был разным. В голоцене определяющая роль принадлежала разномасштабным и разнонаправленным изменениям климата.

Голоцен, несмотря на свою относительно небольшую продолжительность (~11,5 тыс. лет), характеризуется значительными изменениями климата. Согласно схеме Блитта–Сернандера, он включает 5 климатических периодов: пребореальный (11 700–10 500 л. н.), бореальный (10 300–8800 л. н.), атлантический (8800–5300 л. н.), суббореальный (5300–

2600 л. н.) и субатлантический (с 2600 л. н.) [Борисова, 2014; Новенко, 2016]. Н.А. Хотинским [1977] для территории Северной Евразии выделены три термических максимума голоцена: бореальный (9900–9200 л. н.), атлантический (6800–5800 л. н.) и суббореальный (4700–3600 л. н.). Наиболее ярко в Европе проявился атлантический максимум [Динамика ландшафтных компонентов, 2002]. Заметные периоды похолодания относятся к концу пребореального, к рубежу бореального и атлантического периодов [Хотинский, 1977; Борисова, 2014]. Короткопериодное похолодание зафиксировано около 8200 лет назад («8.2 kyr event») [Alley et al., 1997; Thomas et al., 2007]. В постоптимальном периоде голоцена похолодание и увлажнение климата, часто называемое «неогляциал», зафиксировано в начале суббореального периода [Хо-

¹ АО Моринжгеология, г. Рига, Латвия, гл. геолог, канд. геол.-минерал. н.; e-mail: officeRiga@morinzgeologia.lv

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, профессор; лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, зав. лабораторией, докт. геогр. н.; e-mail: paleo@inbox.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра нефтегазовой седиментологии и морской геологии, профессор; докт. геол.-минерал. н.; e-mail: vsorok@rambler.ru

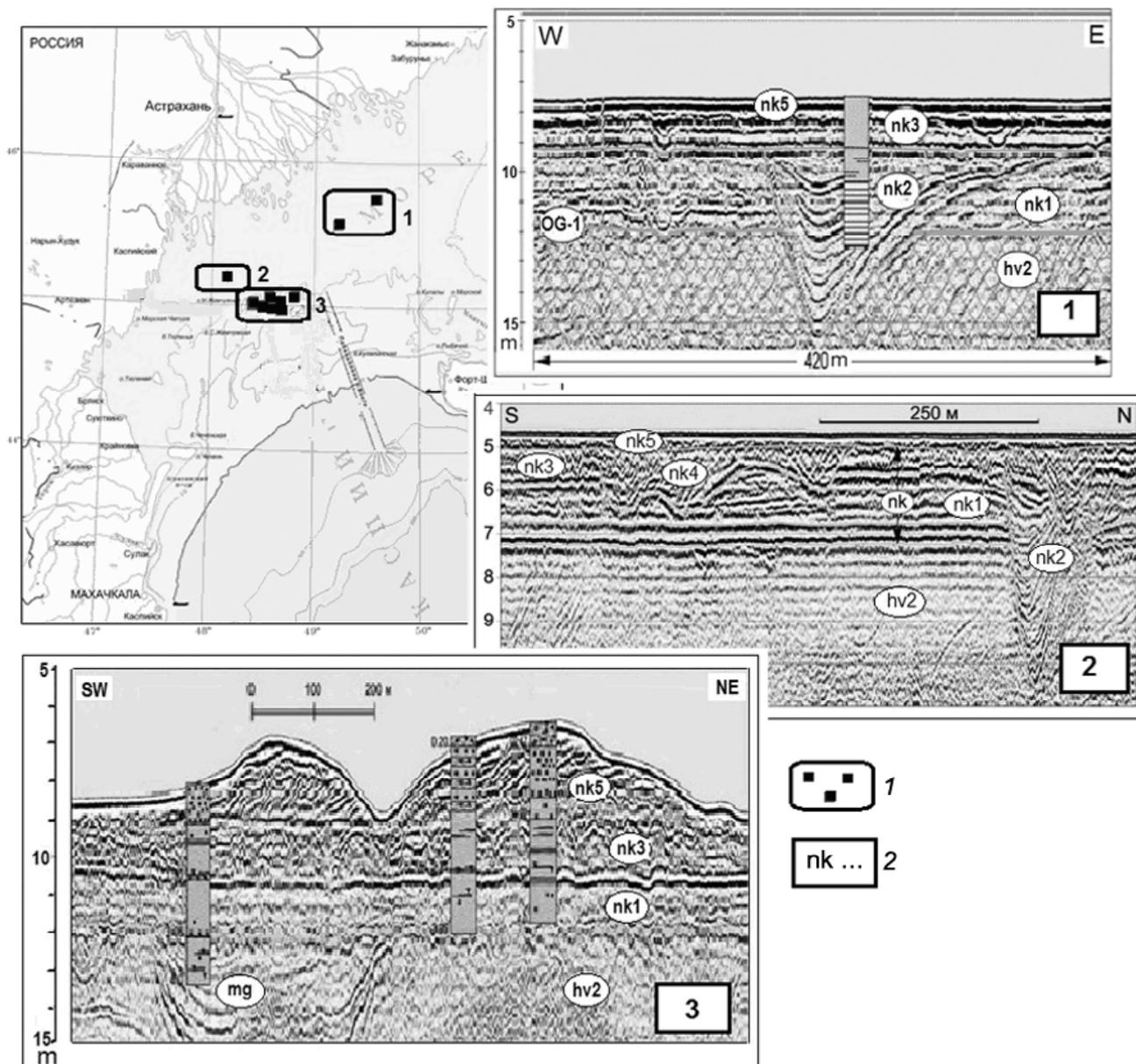
⁴ АО Моринжгеология, г. Рига, Латвия, ст. геолог, канд. геол.-минерал. н.; e-mail: officeRiga@morinzgeologia.lv

тинский, 1977; Wanner et al., 2008; Борисова, 2014]. В течение последнего тысячелетия имели место две ярко выраженных климатических фазы: «средневековый климатический оптимум» (950–1250 гг.) и «малый ледниковый период» (1400–1700 гг.) [Mann et al., 2009; Климанов с соавт., 1995; Борисова, 2014].

Событийная схема голоцена Каспия включает мангышлакскую регрессивную и новокаспийскую трансгрессивную эпохи. Различные вопросы развития этих бассейнов рассматриваются в многочисленных публикациях [Федоров, 1978; Хрусталева, Ковалев, 1991; Рычагов, 1993; 1997; Hoogendoorn et al., 2005; Kroonenberg et al., 2007, 2008; Безродных с соавт., 2014; Свиточ, 2011; Leroy, 2010; Leroy

et al., 2013; Янина с соавт., 2011; Болиховская, 2011; Bolikhovskaya, Kasimov, 2010; Richards et al., 2017; Сорокин с соавт., 2017]. Практически все аспекты проблемы колебаний уровня Каспия: их количество, масштаб, временные рамки, связь с климатическими изменениями и пр., являются дискуссионными. Выявление поведения уровня Каспийского моря в условиях разномасштабных и разнонаправленных изменений климата в голоцене и его отражение в строении осадочной толщи Северного Каспия – основная задача работы.

Материал и методы. Основой для палеорекострукций явились комплексные исследования голоценовой толщи осадков в Северном Каспии (**рис.**),



Северный Каспий. Местоположение изученных площадей и строение осадочной толщи. Обозначения: 1 – изученные площади придельтовой равнины (1 – северо-восточный участок, 2 – западный участок, 3 – южный участок); 2 – строение осадочной толщи на изученных участках. Буквенные обозначения и описание слоев в тексте

The Northern Caspian Sea. Location of the studied areas and the structure of sedimentary series. 1 – studied areas of the pre-deltaic plain (1 – the northeast site, 2 – the western site, 3 – the southern site); 2 – structure of sedimentary series within the studied sites. Alphabetic references and the description of layers see in the text

строение которой отражает трансгрессивно-регрессивные события разного масштаба. Результаты обработки двухчастотных сейсмоакустических профилей позволили стратифицировать разрез и провести пространственную корреляцию отложений. С опорой на эти данные выполнено инженерно-геологическое бурение скважин и взятие донных колонок. Керн изучен литологическим, фаунистическим и геохронологическим методами. Радиоуглеродные датировки по раковинному материалу и гуминовым кислотам получены в лабораториях Московского и Санкт-Петербургского государственных университетов, Санкт-Петербургского педагогического университета и в Институте географии РАН. Калиброванный возраст рассчитан по программе CalPal Кельнского университета [B. Weninger, O. Joris, and U. Danzeglocke, 2006; www.calpal.de]. Резервуарный эффект учтен согласно работе [Kuzmin et al., 2007]. Материалы о климатических событиях голоцена взяты из литературных источников.

Результаты исследований и их обсуждение.

Анализ мангышлакских отложений, включающий особенности их распространения, состав и возраст, рассмотрены нами в публикациях [Безродных с соавт., 2014; Bezrodnykh, Sorokin, 2016]. Сделан вывод, что они накопились в речных врезках и многочисленных палеопонижениях субширотного направления. На основании изучения органических остатков, сохранившихся в осадках, сделан вывод, что в понижениях в этот период существовали пресноводные и слабо солоноватоводные водоемы. По данным радиоуглеродного датирования, заполнение палеопонижений рыхлым материалом произошло во временном интервале 9860–6350 ^{14}C лет (~11 400–7300 календарных лет назад). Положение палеоавандельты на современных глубинах 45–60 м может служить свидетельством снижения уровня Каспия до этих отметок.

Новокаспийские отложения, согласно данным сейсмоакустического профилирования, несогласно перекрывают верхнехвалынские осадки и палеоврезы мангышлакской эпохи. Новокаспийская толща неоднородна по строению. Южнее авандельты Волги в Северном Каспии до зоны глубин 6–8 м простирается придельтовая равнина. В строении новокаспийских отложений как северо-восточных, так и западных участков равнины, выделяется три слоя с горизонтальной и субгоризонтальной слоистостью (рис. 1, участки 1 и 2, nk1, nk3, nk5), разделенных ярко выраженными размывами. Стратиграфический перерыв между слоями nk1 и nk3 выражен в виде эрозионных врезок, выполненных осадками со структурой заполнения. Глубина врезок достигает 8–9 м. Эрозионные врезы прослеживаются в строении западного участка равнины и между слоями nk3 и nk5.

Нижний слой (nk1) представляет собой разнопесчаные отложения, иногда с супесчаными прослоями, включающие раковины каспийских моллюсков *Didacna barbotdemarnyi*, *D. baeri*, *Monodacna caspia*, *Adacna laeviuscula*, *A. vitrea*, *Dreissena polymorpha polymorpha*, *Dr. polymorpha caspia*,

Theodoxus pallasi, *Clessiniola variabilis*, *Micromelania caspia*, с редкими представителями пресноводной фауны *Unio sp.* Слой, залегающий выше (nk3), характеризуется усилением роли дидакн *Didacna barbotdemarnyi*, *D. longipes*, *D. trigonoides*, а также появлением раковин *Cerastoderma glaucum*. Радиоуглеродная датировка 3324±50 лет (табл.). Видовой состав в верхнем новокаспийском слое самый многочисленный, он включает *Cerastoderma glaucum*, *Didacna barbotdemarnyi*, *D. baeri*, *D. longipes*, *D. trigonoides*, *D. pyramidata*, *Dreissena polymorpha polymorpha*, *Dr. polymorpha caspia*, *Theodoxus pallasi*, *Monodacna caspia*, *M. Angusticostata*, *Adacna vitrea*, *A. laeviuscula*, *Hypanis plicatus*, *Clessiniola variabilis*, *Micromelania caspia*, в самой верхней его части появляются *Mytilaster lineatus* и *Abra ovata*.

Палеодепрессии (nk2 и nk4) заполнены в основном тонкослоистыми глинистыми осадками, обогащенными растительным детритом. В составе фаунистического материала преобладают раковины пресноводных моллюсков (*Viviparus viviparus*, *Unio sp.*, *Lymnaea stagnalis*, *Planorbis sp.*). Датирование радиоуглеродным методом раковин моллюсков комплекса nk2 дало результат 4912±70 и 4130±70 лет, датирование органического материала (гуминовые кислоты) показало результаты 4170±70, 4610±70 и 3520±50 лет. Радиоуглеродный возраст раковинного материала из более поздних врезок (nk4) 2254±50 лет. Датирование гуминовых кислот показало возраст 2620±60 и 2860±60 лет.

На южной окраине равнины в интервале минус 32–35 м ракушечные отложения слагают валлообразные тела субширотного направления, представляющие, судя по их морфологии и строению, затопленные береговые образования. Строение новокаспийской толщи здесь трехчленное (рис. 1, участок 3). Нижний слой (nk1) сложен песком пылеватым, с рассеянным тонким растительным детритом, с включениями раковин моллюсков *Didacna barbotdemarnyi*, *Monodacna caspia*, *Adacna vitrea*, *A. laeviuscula*, *Dreissena polymorpha polymorpha*, *Dr. polymorpha caspia*, *Clessiniola variabilis*, *Lithoglyphus (Pseudammnicola) caspius*. Радиоуглеродный возраст раковинного материала 4130±70 лет. С размывом слой перекрыт песчаными осадками (nk3) с многочисленными раковинами *Cerastoderma glaucum*, *Didacna barbotdemarnyi*, *D. parallella*, *D. trigonoides*, *Monodacna caspia*, *Adacna vitrea*, *A. laeviuscula*, *Dreissena polymorpha polymorpha*, *Dr. polymorpha caspia*, *Clessiniola variabilis*, *Micromelania caspia*, *Theodoxus pallasi*. В верхнем слое (nk5) наряду с раковинами видов, отмеченных в лежащих ниже осадках, появляются раковины *Abra ovata* и *Mytilaster lineatus*. Радиоуглеродная датировка 860±40 лет.

Отложения нижнего слоя (nk1) часто прорезаны эрозионными формами, проникающими в подстилающие его осадки. Они проявляются как речные врезы и палеоложбины, вытянутые в юго-восточном направлении. Врезы в нижней части заполнены глинистыми грунтами, в верхней – песками пыле-

ватами, включающими тонкие прослойки глинисто-го грунта. В них часты включения раковин слабосо-новатоводных и пресноводных моллюсков *Monodacna caspia*, *Adacna laeviuscula*, *Dreissena polymorpha polymorpha*, *Dr. polymorpha caspia*, *Clessiniola variabilis*, *Unio sp.* Согласно результатам радиоуглеродного датирования, их возраст 2895 ± 60 , 3200 ± 50 лет.

Анализ строения толщи новокаспийских отложений придельтовой равнины Северного Каспия показал, что в ней выделяются 5 сейсмоакустических комплексов (nk1–nk5). Комплексы nk1 и nk3 отличаются преимущественно слоистой структурой, определяемой протяженными субгоризонтальными отражающими поверхностями. Комплексы nk2 и nk4 представляют собой фации заполнения русел и/или озерных впадин, наиболее крупные из которых прорезают всю толщу новокаспийских, часто мангышлакских и верхнехвалынских, отложений на глубину до 10 м. Маломощный верхний комплекс nk5 несогласно перекрывает отложения комплексов nk4 и nk3 и сложен песчано-раковинными осадками.

Можно заключить, что в строении осадочной толщи Северного Каспия зафиксированы разномасштабные палеогеографические события голоцена: глубокая мангышлакская регрессия и новокаспийская трансгрессия, развивавшаяся стадийно. Мангышлакская регрессия датируется временным интервалом ~11 500–8000 лет. В климатическом отношении эта эпоха раннего голоцена (бореал, согласно схеме Блитта–Сернандера) характеризовалась сравнительно высокой теплообеспеченностью и сухостью [Хотинский, 1977; Mangerud et al., 1974; Борисова, 2014]. Такое соотношение климатических показателей привело к повышению отрицательной составляющей водного баланса Каспия и его регрессии. Результаты палинологического анализа свидетельствуют о ксерофитизации растительного покрова в Каспийском регионе в эпоху мангышлакской регрессии [Абрамова, 1974; Вронский, 1987; Букреева, Вронский, 1995; Болиховская, 2011; Legoу et al., 2013]. Среднегодовое количество осадков меньше современных значений реконструировано для бассейна Волги в период до 9500 л. н. [Новенко, 2016]. Временной интервал развития мангышлакской регрессии завершился ярким климатическим событием, так называемым «8200 event», резким кратковременным похолоданием [Alley et al., 1997; Борисова, 2014], приведшим к усилению аридности. Именно на завершающем этапе мангышлакской регрессивной эпохи, согласно заключению Маева [2009], отмечалось максимальное снижение уровня Каспия.

Эпоха трансгрессивного подъема уровня, в строении новокаспийской толщи отраженная слоем nk1, датируется интервалом 8200–5600 лет назад. В климатическом отношении (атлантический оптимум голоцена) ее большая часть относится к эпохе теплого и влажного климата [Хотинский, 1977; Величко, 2012; Новенко, 2016]. Согласно [Panin, Matlakhova, 2015], флювиальная активность на Восточно-Европейской равнине была умеренная. Вывод

о существовании продолжительного этапа потепления и увлажнения климата в Нижнем Поволжье в интервале ~8500–7600 л. н. сделан Болиховской [2011]. А позднеатлантический интервал, длившийся с 6100 до 5000 л. н., по уровню и соотношению теплообеспеченности и влагообеспеченности растительного покрова охарактеризован ею как главный климатический оптимум голоцена для этой территории. Очевидно, это эпоха максимального подъема уровня Каспия в голоцене [Варущенко с соавт., 1987; Рычагов, 1997].

Регрессивная стадия (nk2) имеет возрастные рамки 5600–3700 л. н. Уровень Каспия снизился на 8 м, придельтовая равнина вышла из-под каспийских вод и подверглась эрозионному расчленению и воздействию субаэральных процессов. Состав осадков, заполняющих котловины, свидетельствует о том, что это были озерные водоемы типа современных ильменей в дельте Волги. В климатическом отношении это период суббореального термического максимума голоцена (4700–3600 л. н), установленный для Восточно-Европейской части России [Хотинский, 1977]; период низкой флювиальной активности на территории бассейна Волги [Panin, Matlakhova, 2015]. Н.С. Болиховской [2011] с 5000 до 4200 л. н. в Нижнем Поволжье реконструированы условия относительного иссушения климата; фаза импульсного иссушения климата, приведшего к господству степных и полупустынных ценозов на водоразделах, установлена ею в интервале ~3700–3500 л. н.

Трансгрессивная стадия (nk3) охватывала временной интервал 3600–3400 л. н. Это была эпоха поздне-суббореального похолодания на Восточно-Европейской равнине [Хотинский, 1977]. О высокой увлажненности на территории водосборного бассейна Волги свидетельствует флювиальная активность малых и средних рек [Panin, Matlakhova, 2015] и фаза роста оврагов, имевшая место 3600–3000 л. н. [Panin et al., 2011]. Фаза увлажнения климата, начавшаяся около 3500 л. н., реконструирована для Нижней Волги [Болиховская, 2011].

Регрессивная стадия (nk4) датируется 3080–2300 л. н. Уровень бассейна упал на 6–8 м, в придельтовой равнине образовались врезы, заполненные пресной водой. Очевидно, это был отклик Каспия на этап потепления и сокращения количества осадков в бассейне Волги [Новенко, 2016]. Отмечено снижение флювиальной активности [Panin, Matlakhova, 2015].

Последовавшее вслед за регрессивным событием поднятие уровня Каспия произошло после 2300 лет назад. Этому периоду позднего голоцена отвечают две ярко выраженные климатические фазы: «средневековый климатический оптимум» (950–1250 гг.), с количеством осадков на Восточно-Европейской равнине на 25–50 мм ниже современного [Климанов с соавт., 1995], и «малый ледниковый период» (1400–1700 гг.) [Mann et al., 2009; Климанов с соавт., 1995; Борисова, 2014]. Трансгрессивные осадки в Северном Каспии имеют даты 1700–1100 и 900–360 л. н. Условия бассейна и их малакофауни-

Датировки и фаунистический состав новокаспийских отложений Северного Каспия

Лабораторный номер	Материал	Номер слоя	Фаунистический состав	Возраст ¹⁴ C	Календарный возраст
1	2	3	4	5	6
МГУ–1567	PM	nk5	<i>Cerastoderma glaucum</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i> , <i>D. parallella</i>	Соврем.	Соврем.
МГУ–1572	PM	nk5	<i>Cerastoderma glaucum</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i>	860±40	357–499
ЛУ–8160	PM	nk5	<i>Cerastoderma glaucum</i>	1180±70	788–946
ЛУ–6878	PM	nk5	<i>Cerastoderma glaucum</i>	1240±70	885–1013
МГУ–1511	PM	nk5	<i>Cerastoderma glaucum</i>	1330±60	948–1099
МГУ–1560	PM	nk5	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i> , <i>D. parallella</i>	1690±40	1304–1416
МГУ–1656	PM	nk5	<i>Monodacna caspia</i> , <i>D. parallella</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i>	2050±60	1544–1691
СПб–2007	PM	nk4	<i>Viviparus viviparus</i>	2254±50	2341–2301
ИГ–5096	OM	nk4	–	2620±60	2709–2799
МГУ–1638	PM	nk4	<i>Dreissena polymorpha</i> , <i>Monodacna caspia</i>	2750±60	2286–2552
МГУ–1662	OM	nk4	–	2830±70	2753–3214
ИГ–5098	OM	nk4	–	2860±60	2919–3064
МГУ–1571	PM	nk4	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i>	2895±60	2952–3080
МГУ–1566	PM	nk3	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Adacna leviuscula</i>	3200±50	3370–3464
СПб–2005	PM	nk3	<i>Cerastoderma glaucum</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i> , <i>D. longipes</i>	3324±50	3611–3544
ЛУ–6130	PM	nk2	–	3520±50	3720–3804
МГУ–1635	PM	nk2	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i>	4050±60	3867–4124
МГУ–1644	PM	nk2	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i>	4305±80	4199–4498
МГУ–1661	OM	nk2	–	3980±200	4222–4652
МГУ–1570	PM	nk2	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i>	4130±70	4569–4714
МГУ–1637	PM	nk2	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i>	4500±100	4474–4787
МГУ–1619	OM	nk2	–	4610±70	4595–4853
ИГ–5097	OM	nk2	–	4170±70	4615–4766
МГУ–1512	PM	nk2	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i>	4780±50	4830–5069
СПб–2012	PM	nk2	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i>	4912±70	5718–5590
МГУ–1617	OM	nk2	–	6350±100	6604–6902
МГУ–1614	PM	nk1	<i>Dreissena polymorpha</i> , <i>Monodacna caspia</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i> , <i>D. baeri</i>	5225±110	5382–5645
ЛУ–6920	PM	nk1	<i>Dreissena polymorpha</i> , <i>Monodacna caspia</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i>	5700±430	5841–6739
МГУ–1563	PM	nk1	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i>	5750±80	5972–6208

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6
МГУ–1643	PM	nk1	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i> , <i>D. baeri</i>	6410±100	6663–6961
МГУ–1509	PM	nk1	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i>	6610±60	6944–7165
МГУ–1559	PM	nk1	<i>Dreissena polymorpha</i> , <i>Monodacna caspia</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i>	6830±60	7220–7396
МГУ–1615	OM	nk1	–	6590±100	7426–7571
МГУ–1660	PM	nk1	<i>Dreissena polymorpha</i> , <i>Monodacna caspia</i>	7330±70	7635–7833
МГУ–1618	OM	nk1	–	7420±130	7736–8002
ЛУ–6133	PM	nk1	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Didacna parallella</i>	7610±60	7924–8117
СПб–1994	PM	nk1	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i>	7153±70	7927–8031
ЛУ–6134	PM	nk1	<i>Dreissena polymorpha</i> , <i>Monodacna caspia</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i>	7680±80	7960–8178
МГУ–1611a	PM	nk1	<i>Dreissena polymorpha polymorpha</i>	7300±100	7999–8199
ЛУ–8152	PM	nk1	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i>	8090±160	8311–8736
ЛУ–8154	PM	nk1	<i>Monodacna caspia</i> , <i>Dreissena polymorpha</i> , <i>Didacna barbotdemarnyi</i>	8300±170	8533–8996
МГУ–1611	OM	nk1	–	8100±300	8637–9317

Примечание. МГУ – Московский государственный университет, ЛУ – Санкт-Петербургский государственный университет, СПб – Санкт-Петербургский педагогический университет, ИГ – Институт географии РАН; PM – раковины моллюсков, OM – органический материал.

стический облик были близки современным. На последних этапах развития бассейна (начало и середина XX века) его заселила черноморская фауна, случайно (*Mytilaster lineatus*) и целенаправленно (*Abra ovata*) занесенная человеком.

Выводы:

– в строении голоценовой толщи осадков Северного Каспия отражены разномасштабные палеогеографические события голоцена: мангышлакская регрессия и новокаспийская трансгрессия, развивавшаяся стадийно. Они были вызваны изменениями климата разного масштаба и направленности;

– мангышлакская регрессия до –90 м имела место в бореальную (схема Блитта–Сернандера) эпоху раннего голоцена, характеризовавшуюся сравнительно высокой теплообеспеченностью и сухостью. Резкое кратковременное похолодание «8200 event» с одновременным усилением аридности вызвало максимальное снижение уровня бассейна в завершающую фазу регрессивной эпохи;

– в развитии новокаспийской трансгрессии выражены три трансгрессивные стадии: первая развивалась в эпоху теплого и влажного климата атлантического оптимума голоцена; вторая явилась откликом на эпоху позднесуббореального похолодания

и высокой увлажненности на Восточно-Европейской равнине; в развитии третьей стадии, охарактеризованной двумя группами дат 1700–1100 и 700–360 л. н., hiatus между ними дает основание к предположению о снижении уровня Каспия в теплый сухой период средневековья, а вторая группа дат отвечает трансгрессивному подъему Каспия в прохладный и влажный климатический эпизод (малый ледниковый период);

– трансгрессивные стадии охарактеризованы разными малакофаунистическими сообществами: в раннем новокаспийском бассейне господствовали слабосононоватоводные виды при незначительном участии моллюсков рода *Didacna*; средняя стадия отличалась широким развитием моллюсков рода *Didacna* и появлением *Cerastoderma glaucum*; видовой состав поздней стадии аналогичен современному, на последних этапах ее развития появились черноморские виды *Mytilaster lineatus* (случайно занесен с судами в начале XX века) и *Abra ovata* (акклиматизирован в середине XX века для питания осетровых);

– регрессивные фазы с падением уровня до 9 м отвечали суббореальному термическому максимуму голоцена и этапу потепления и сокращения количества осадков в бассейне Волги.

Благодарности. Инженерно-геологические изыскания выполнены АО «Моринжгеология» (г. Рига) по проекту ООО «Лукойл». Фациально-литологический анализ выполнен при поддержке РФФИ (проект № 18-05-00684). Фаунистический и геохронологический анализы выполнены при поддержке РФФИ (проект № 16-17-10103).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрамова Т.А.* Реконструкция палеогеографических условий эпох четвертичных трансгрессий и регрессий Каспийского моря (по данным палеоботанических исследований). Автореф. дис. ... канд. геогр. н. М., 1974. 24 с.
- Безродных Ю.П., Делия С.В., Романюк Б.Ф., Федоров В.И., Сорокин В.М., Лукиа В.Л.* Мангышлакские отложения (голоцен) Северного Каспия // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2014. Т. 22. № 4. С. 88–108.
- Болховская Н.С.* Эволюция климата и ландшафтов Нижнего Поволжья в голоцене // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2011. № 2. С. 13–27.
- Борисова О.К.* Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 2. С. 5–20.
- Букреева Г.Ф., Вронский В.А.* Палиностратиграфия и палеогеография Каспийского моря в голоцене по результатам моделирования палеоклимата // Палинология в России. 1995. Т. 2. С. 12–25.
- Варущенко С.И., Варущенко А.Н., Клиге Р.К.* Изменение режима Каспийского моря и бессточных водоемов в палеовремене. М.: Наука, 1978. 238 с.
- Величко А.А.* Эволюционная география: проблемы и решения. М.: ГЕОС, 2012. 563 с.
- Вронский В.А.* Стратиграфия и палеогеография Каспийского моря в голоцене // Изв. РАН, серия геолог. 1987. № 2. С. 73–82.
- Климанов В.А., Хотинский Н.А., Благовещенская Н.В.* Колебания климата за исторический период в центре Русской равнины // Изв. РАН. Сер. геогр. 1995. № 1. С. 89–96.
- Маев Е.Г.* Фазы мангышлакской регрессии Каспийского моря // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2009. № 1. С. 15–20.
- Новенко Е.Ю.* Изменения растительности и климата центральной и восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в межледниковые и переходные этапы климатических макроциклов. Автореф. дис. ... докт. геогр. н., 2016. 44 с.
- Рычагов Г.И.* Уровненный режим Каспийского моря за последние 10 000 лет // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1993. № 2. С. 38–49.
- Свиточ А.А.* Голоценовая история Каспийского моря и других окраинных бассейнов Европейской России: сравнительный анализ // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2011. № 2. С. 28–37.
- Сорокин В.М., Янина В.М., Безродных Ю.П., Романюк Б.Ф.* Строение, возраст и условия накопления новокаспийских отложений Северного Каспия // Вопросы геоморфологии и палеогеографии морских побережий и шельфа. М.: Географический факультет МГУ, 2017. С. 133–136.
- Федоров П.В.* Плейстоцен Понто-Каспия. М.: Наука, 1978. 165 с.
- Хотинский Н.А.* Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.
- Хрусталева Ю.П., Ковалев В.В.* Основные этапы позднелейстоценовой и голоценовой истории Северного Каспия // Палеогеография и геоморфология Каспийского региона в плейстоцене. М.: Наука, 1991. С. 106–116.
- Янина Т.А., Свиточ А.А., Весселинг Ф.П.* Биоразнообразие малакофауны Каспийского моря в голоцене // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2011. № 2. С. 38–48.
- Alley R.B., Mayevski P.A., Sowers T. et al.* Holocene climatic instability: a prominent, widespread event 8200 yr ago // *Geology*. 1997. № 25. P. 483–486.
- Bezrodnykh Yu.P., Sorokin V.M.* On the age of the Mangyshlakian deposits of the Northern Caspian Sea // *Quaternary Research*, 2016. № 85(2). P. 245–254.
- Bolikhovskaya N.S., Kasimov N.S.* The evolution of climate and landscapes of the lower Volga region during the Holocene // *Geography. Environment. Sustainability*, 2010. № 2(3). P. 78–97.
- Danzeglocke U., Jöris O., Weninger B.*, CalPal_2007online. http://www.calpal_online.de/.
- Hoogendoorn R.M., Boels J.F., Kroonenberg S.B., Simmons M.D., Aliyeva E., Babazadeh A.D., Huseynov D.* Development of the Kura delta, Azerbaijan; a record of Holocene Caspian sea level changes // *Marine Geology*. 2005. № 222–223. P. 359–380.
- Kroonenberg S.B., Abdurakhmanov G.M., Badyukova E.N., van den Borg K., Kalashnikov A., Kasimov N.S., Rychagov G.I., Svitoch A.A., Vonhof H.B., Wesselingh F.P.* Solar-forced 2600 BP and Little Ice Age highstands of the Caspian Sea // *Quaternary International*. 2007. № 173–174. P. 137–143.
- Kroonenberg S.B., Kasimov N.S., Lychagin M.Yu.* The Caspian Sea, a natural laboratory for sea-level change // *Geography, Environment, Sustainability*, 2008. № 1(1). P. 22–37.
- Kuzmin Ya.V., Nevesskaya L.A., Krivonogov S.K., Burr G.S.* Apparent 14C ages of the 'pre-bomb' shells and correction values (R, δR) for Caspian and Aral Seas (Central Asia) // *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.* 2007. № 259. P. 463–466.
- Leroy S.A.G.* Palaeoenvironmental and palaeoclimatic changes in the Caspian Sea region since the Lateglacial from palynological analyses of marine sediment cores // *Geography, Environment, Sustainability*, 2010. № 2. P. 32–41.
- Leroy S.A.G., Tudryn A., Chalif F., Lopez-Merino L., Gasse F.* From the Allerød to the mid-Holocene: palynological evidence from the south basin of the Caspian Sea // *Quaternary Science Reviews*. 2013. № 78. P. 77–97.
- Mangerud J., Andersen S.T., Berglund B.E., Dorrner J.J.* Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification // *Boreas*. 1974. № 3. P. 109–128.
- Mann M.E., Zhang Z., Rutherford S. et al.* Global signatures and dynamical origins of the little ice age and medieval climate anomaly // *Science*. 2013. № 326. P. 1256–1260.
- Panin A., Fuzeina Yu., Karevskaya I., Sheremetskaya E.* Mid-Holocene gullying indicating extreme hydroclimatic events in the centre of the Russian plain // *Geographia Polonica*. 2011. № 84. Special Issue. Part 1. P. 95–115.
- Panin A., Matlakhova E.* Fluvial chronology in the East European plain over the last 20 ka and its palaeohydrological implications // *Catena*. 2015. № 130. P. 46–61.
- Richards K., Mudie P., Rochon A., Bolikhovskaya N., Hoogendoorn R., Verlinden V.* Late Pleistocene to Holocene evolution of the Emba delta, Kazakhstan, and coastline of the north-eastern Caspian Sea: Sediment, ostracods, pollen and dinoflagellate cyst records // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2017. № 468. P. 427–452.
- Rychagov G.I.* Holocene oscillations of the Caspian Sea, and forecasts based on palaeogeographical reconstructions // *Quaternary International*. 1997. № 41/42. P. 167–172.
- Thomas E.R., Wolff E.W., Mulvaney R. et al.* The 8.2 ka event from Greenland ice cores // *Quaternary Science Reviews*. 2007. № 26. P. 70–81.
- Wanner H., Beer J., Butikofer J. et al.* Mid- to Late Holocene climate change: an overview // *Quaternary Science Reviews*. 2007. № 27. P. 1791–1828.

Поступила в редакцию 10.04.2018
Принята к публикации 21.05.2018

Yu.P. Bezrodnykh¹, T.A. Yanina², V.M. Sorokin³, B.F. Romanyuk⁴

STRUCTURE OF THE HOLOCENE SEDIMENTARY SERIES OF THE NORTHERN CASPIAN SEA AS A REFLECTION OF CLIMATE AND SEA LEVEL CHANGES

Oscillations of the Caspian Sea level under climate changes of different scale and direction during the Holocene and their reflection in the structure of the sedimentary series of the Northern Caspian Sea area were studied through the analysis of two-frequency seismoacoustic profiles and the drill cores using lithological, malacofaunistic, and geochronological (radiocarbon) methods. The analysis of the Holocene sedimentary series of the Northern Caspian Sea revealed palaeogeographic events of different scale, namely the Mangyshlak regression and the multiple-stage New Caspian transgression. Both resulted from climatic changes varying in scale and direction. The Mangyshlak regression down to –90 m occurred in the Boreal period (according to the Blytt-Sernander scheme) of the Early Holocene characterized by rather high level of heat supply and aridity. A short-term sharp cooling known as «8200 event» and a simultaneous increase in aridity resulted in the maximum drop of the Caspian Sea level at the final stage of the regression. The New Caspian transgression had three transgressive stages: the first one developed under warm and wet climate of the Holocene Atlantic optimum; the second one was a response to the Subboreal cooling and increasing moisture supply on the East European Plain; the third stage is characterized by two groups of dates 1700–1100 and 700–360 yr BP and the hiatus between them suggests a lower level of the Caspian Sea at the warm and dry medieval interval, while the second group of the dates corresponds to the Caspian Sea level rise during cool and wet climate of the Little Ice Age. The transgressive stages are characterized by different mollusk assemblages: slightly brackish-water species were dominant in the early New Caspian basin, the presence of *Didacna* genus mollusks was insignificant; the middle transgressive stage is noted for widely spread mollusks of *Didacna* genus and the advent of *Cerastoderma glaucum*; the species composition of the late transgressive stage is similar to the present-day one and at the latest stages of its evolution some of the Black Sea species appeared, such as *Mytilaster lineatus* (brought in by chance with ships in the early 20th century) and *Abra ovata* (acclimatized intentionally as a sturgeon feed in the mid-20th century). The regressive phases when the sea level went down to 9 m corresponded to the Subboreal thermal maximum of the Holocene and the period of warming and decreasing rainfall in the Volga drainage basin.

Key words: Northern Caspian Sea, Holocene, climate changes, sediment structure.

Acknowledgements. Engineering-geological research was executed by Morinzhgeologiya Company (Riga) within the project of the Lukoil Company. The facial-lithological analysis was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 18-05-00684). Faunistic and geochronological analyses were financially supported by the Russian Science Foundation (project № 16-17-10103).

REFERENCES

- Abramova T.A.* Rekonstruktsiya paleogeograficheskikh usloviy epoh chetvertichnykh transgressiy i regressiy Kaspiyskogo morya (po dannym paleobotanicheskikh issledovaniy) [Reconstruction of paleogeographical conditions of the epochs of Quaternary transgressions and regressions of the Caspian Sea (by the data of paleobotanical research)]. Thes. of PhD in Geography dissert. M., 1974. 24 p. (in Russian).
- Alley R.B., Mayevski P.A., Sowers T. et al.* Holocene climatic instability: a prominent, widespread event 8200 yr ago // *Geology*. 1997. № 25. P. 483–486.
- Bezrodnykh Yu.P., Delia S.V., Romanyuk B.F., Fedorov V.I., Sorokin V.M., Luksha V.L.* Mangyshlaksiye otlozheniya (golotsen) Severnogo Kaspiya [Mangyshlakian deposits (Holocene) of the Northern Caspian Sea] // *Stratigraphy. Geological correlation*. 2014. V. 22. № 4. P. 88–108 (in Russian).
- Bezrodnykh Yu.P., Sorokin V.M.* On the age of the Mangyshlakian deposits of the Northern Caspian Sea // *Quaternary Research*. 2016. № 85(2). P. 245–254.
- Bolikhovskaya N.S.* Evolyutsiya klimatov i landshaftov Nizhnego Povolzhya v golotsene [Evolution of climate and landscapes of the Lower Volga River area in the Holocene] // *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Ser. 5. Geografiya*. 2011. № 2. P. 13–27 (in Russian).
- Bolikhovskaya N.S., Kasimov N.S.* The evolution of climate and landscapes of the lower Volga region during the Holocene // *Geography. Environment. Sustainability*. 2010. № 2(3). P. 78–97.
- Borisova O.K.* Lanschaftno-klimaticheskie izmeneniya v golotsene [Landscape and climatic changes in the Holocene] // *Izv. Russian Academy of Sciences. Ser. Geogr.* 2014. № 2. P. 5–20 (in Russian).
- Bukreeva G.F., Vronsky V.A.* Palinostratigrafiya i paleogeografiya Kaspiyskogo morya v golotsene po rezultatam modelirovaniya paleoklimata [Palynostratigraphy and paleogeography of the Caspian Sea during the Holocene by results of the paleoclimate modeling] // *Palynology in Russia*. 1995. V. 2. P. 12–25 (in Russian).

¹ Morinzhgeologiya, Riga, Latvia, Leading Geologist, PhD in Geology and Mineralogy; *e-mail:* officeRiga@morinzhgeologia.lv

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography, Professor; Laboratory of the Pleistocene Paleogeography, Head of the Laboratory, D.Sc. in Geography; *e-mail:* paleo@inbox.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Geological Faculty, Department of Oil and Gas Sedimentology and Marine Geology, Professor, D.Sc. in Geology and Mineralogy; *e-mail:* vsorok@rambler.ru

⁴ Morinzhgeologiya, Riga, Latvia, Geologist, PhD in Geology and Mineralogy; *e-mail:* officeRiga@morinzhgeologia.lv

- Danzeglocke U., Jöris O., Weninger B.*, CalPal_2007online. http://www.calpal_online.de/.
- Fedorov P.V.* Pleystotsen Ponto-Kaspiya [Pleistocene of the Ponto-Caspian Sea]. M.: Nauka, 1978. 165 p. (in Russian).
- Hotinsky N.A.* Golotsen Severnoy Evrazii [Holocene of the Northern Eurasia]. M.: Nauka, 1977. 200 p. (in Russian).
- Hoogendoorn R.M., Boels J.F., Kroonenberg S.B., Simmons M.D., Aliyeva E., Babazadeh A.D., Huseynov D.* Development of the Kura delta, Azerbaijan; a record of Holocene Caspian Sea level changes // *Marine Geology*. 2005. № 222–223. P. 359–380.
- Khrustalyov Yu.P., Kovalyov V.V.* Osnovnye etapy pozdnepleistotsenovoi i golotsenovoi istorii Severnogo Kaspiya [The main stages of the late Pleistocene and Holocene history of the Northern Caspian Sea] // *Paleogeography and geomorphology of the Caspian region during the Pleistocene*. M.: Nauka, 1991. P. 106–116 (in Russian).
- Klimanov V.A., Hotinsky N.A., Blagoveshchenskaya N.V.* Kolebaniya klimata za istoricheskiy period v tsentre Russkoy ravniny [Fluctuations of climate for the historical period in the center of East European Plain] // *Izv. Russian Academy of Sciences. Ser. Geogr.* 1995. № 1. P. 89–96 (in Russian).
- Kroonenberg S.B., Abdurakhmanov G.M., Badyukova E.N., van den Borg K., Kalashnikov A., Kasimov N.S., Rychagov G.I., Svitoch A.A., Vonhof H.B., Wesselingh F.P.* Solar-forced 2600 BP and Little Ice Age highstands of the Caspian Sea // *Quaternary International*. 2007. № 173–174. P. 137–143.
- Kroonenberg S.B., Kasimov N.S., Lychagin M.Yu.* The Caspian Sea, a natural laboratory for sea-level change // *Geography, Environment, Sustainability*. 2008. № 1(1). P. 22–37.
- Kuzmin Ya.V., Nevesskaya L.A., Krivonogov S.K., Burr G.S.* Apparent 14C ages of the ‘pre-bomb’ shells and correction values (R, ΔR) for Caspian and Aral Seas (Central Asia) // *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.* 2007. № 259. P. 463–466.
- Leroy S.A.G.* Palaeoenvironmental and palaeoclimatic changes in the Caspian Sea region since the Lateglacial from palynological analyses of marine sediment cores // *Geography, Environment, Sustainability*. 2010. № 2. P. 32–41.
- Leroy S.A.G., Tudryn A., Chalif F., Lopez-Merino L., Gasse F.* From the Allerød to the mid-Holocene: palynological evidence from the south basin of the Caspian Sea // *Quaternary Science Reviews*. 2013. № 78. P. 77–97.
- Maev E.G.* Fazy mangyshlakskey regressii Kaspiyskogo morya [Phases of the Mangyshlak regression of the Caspian Sea] // *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Ser. 5. Geografiya*. 2009. № 1. P. 15–20 (in Russian).
- Mangerud J., Andersen S.T., Berglund B.E., Dorrner J.J.* Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification // *Boreas*. 1974. № 3. P. 109–128.
- Mann M.E., Zhang Z., Rutherford S. et al.* Global signatures and dynamical origins of the little ice age and medieval climate anomaly // *Science*. 2013. № 326. P. 1256–1260.
- Novenko E.Yu.* Izmeneniya rastitelnosti i klimata tsentralnoy i vostochnoy Evropy v pozdnem pleistotsene i golotsene v mezhdniovyye i perehodnye etapy klimaticheskikh macrosiklov [Changes of vegetation and climate of the Central and Eastern Europe during the late Pleistocene and the Holocene in the interglacial and transitional stages of climatic macrocycles]. Thes. of the Dr. Sci. in Geography dissert. M., 2016. 44 p. (in Russian).
- Panin A., Fuzeina Yu., Karevskaya I., Sheremetskaya E.* Mid-Holocene gullying indicating extreme hydroclimatic events in the centre of the Russian Plain // *Geographia Polonica*. 2011. № 84. Special Issue. Part 1. P. 95–115.
- Panin A., Matlakhova E.* Fluvial chronology in the East European plain over the last 20 ka and its palaeohydrological implications // *Catena*. 2015. № 130. P. 46–61.
- Richards K., Mudie P., Rochon A., Bolikhovskaya N., Hoogendoorn R., Verlinden V.* Late Pleistocene to Holocene evolution of the Emba delta, Kazakhstan, and coastline of the north-eastern Caspian Sea: Sediment, ostracods, pollen and dinoflagellate cyst records // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2017. № 468. P. 427–452.
- Rychagov G.I.* Urovneny rezhim Kaspiyskogo morya during the last 10 000 let [Sea level mode of the Caspian Sea for the last 10 000 years] // *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Ser. 5. Geografiya*. 1993. № 2. P. 38–49 (in Russian).
- Rychagov G.I.* Holocene oscillations of the Caspian Sea, and forecasts based on palaeogeographical reconstructions // *Quaternary International*. 1997. № 41/42. P. 167–172.
- Sorokin V.M., Yanina T.A., Bezrodnykh Yu.P., Romanyuk B.F.* Stroyeniye, vozrast i usloviya nakopleniya novokaspiyskikh otlozheniy Severnogo Kaspiya [Structure, age and conditions of accumulation of the New Caspian deposits of the Northern Caspian Sea] // *Questions of geomorphology and paleogeography of sea coasts and shelf*. M.: Geographical faculty of MSU, 2017. P. 133–136 (in Russian).
- Svitoch A.A.* Golotsenovaya istoriya Kaspiyskogo morya i drugih okrainnykh basseinov Evropeiskoy Rossii: sravnitelniy analiz [Holocene history of the Caspian Sea and other opened basins of the European Russia: comparative analysis] // *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Ser. 5. Geografiya*. 2011. № 2. P. 28–37 (in Russian).
- Thomas E.R., Wolff E.W., Mulvaney R. et al.* The 8,2 ka event from Greenland ice cores // *Quaternary Science Reviews*. 2007. № 26. P. 70–81.
- Varushchenko S.I., Varushchenko A.N., Klige R.K.* Izmeneniye rezhima Kaspiyskogo morya i besstochnykh vodoemov v paleovremeni [Change of the mode of the Caspian Sea and drainless reservoirs in paleotime]. M.: Nauka, 1978. 238 p. (in Russian).
- Velichko A.A.* Evolutsionnaya geografiya: problemy i resheniya [Evolutionary geography: problems and decisions]. M.: GEOS, 2012. 563 p. (in Russian).
- Vronsky V.A.* Stratigrafiya i paleogeografiya Kaspiyskogo morya v golotsene [Stratigraphy and paleogeography of the Caspian Sea during the Holocene] // *Izv. Russian Academy of Sciences. Ser. Geol.* 1987. № 2. P. 73–82 (in Russian).
- Wanner H., Beer J., Butikofer J. et al.* Mid- to Late Holocene climate change: an overview // *Quaternary Science Reviews*. 2007. № 27. P. 1791–1828.
- Yanina T.A., Svitoch A.A., Wesselingh F.P.* Bioraznoobraziye malakofauny Kaspiyskogo morya v golotsene [Biodiversity of malacofauna of the Caspian Sea in the Holocene] // *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Ser. 5. Geografiya*. 2011. № 2. P. 38–48 (in Russian).

Received 10.04.2018
Accepted 21.05.2018

УДК 551.435

А.М. Гафуров¹, И.И. Рысин², В.Н. Голосов³, И.И. Григорьев⁴, А.Г. Шарифуллин⁵

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО РОСТА ВЕРШИН ОВРАГОВ ЮЖНОГО МЕГАСКЛОНА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАБОРА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ

Представлены результаты мониторинга динамики роста оврагов, расположенных в различных ландшафтных зонах южного мегасклона Восточно-Европейской равнины. В качестве ключевых участков были выбраны 104 вершины оврагов в республиках Удмуртия и Татарстан, Воронежской, Саратовской и Оренбургской областях и Ставропольском крае. Используются различные инструментальные методы: замер от репера, повторная топографо-геодезическая съемка, повторная съемка наземным лазерным сканером. Полученные результаты свидетельствуют о снижении темпов ежегодного роста оврагов в связи с общим потеплением климата и изменением землепользования на всех ключевых участках. Среднегодовой прирост по всем участкам составил 0,45 м/год, с максимумом 0,78 м/год в Воронежской области.

Ключевые слова: эрозия, овраг, сканирование, тахеометрия, линейный прирост.

Введение. Овражная эрозия является важным процессом изменения современного рельефа, способствуя формированию отрицательных линейных форм рельефа и перемещению огромного количества материала, оказывая влияние на русловой режим и сток наносов рек [Зорина с соавт., 2006]. Рост оврагов приводит к сокращению площадей пахотных земель, разрушению строений, заилению водохранилищ и т. д. [Дедков, 1990]. Основными причинами развития оврагов являются как нерациональное экстенсивное землепользование [Григорьев, Рысин, 2006] и возрастающая из года в год техногенная нагрузка (строительство дорог и трубопроводов, изменения площадей водосборов оврагов при различного рода деятельности, увеличение коэффициентов поверхностного стока, неконтролируемый сброс воды и т. п.) [Григорьев, 2011; Рысин с соавт., 2015], так и изменение климата (увеличение дождевых событий со слоем более 40 мм и запасов воды в снеге при большей глубине промерзания).

Оценки роста оврагов осуществляются в камеральных и в полевых условиях [Рычагов, 2006]. В камеральных условиях проводится экспертная [Иванов, 2015] и нейросетевая дешифровка космо- и аэрофотоснимков по дешифровочным признакам [Li et al., 2016], также используются крупномасштабные топографические карты. Несмотря на такие преимущества камеральных методов, как автоматизация процесса дешифровки, у них есть серьезные недостатки, а именно, отсутствие полной исчерпывающей информации об изучаемом объекте из-за недостаточного пространственного разрешения исходных материалов, сложности подбора снимков хорошего

качества без артефактов (облаков, теней) на желаемый период, влияния растительного покрова.

В полевых условиях используется два метода: визуальный и инструментальный. К визуальным методам относятся рекогносцировочные работы и качественная оценка изменений на исследуемых участках [Рычагов, 2006]. Данный подход обычно используется на начальной стадии исследования, отвечая на вопрос о наличии или отсутствии изменений, но не позволяет количественно оценить динамику развития оврага.

Современные полевые инструментальные методы позволяют с высокой точностью оценивать изменения параметров оврагов (изменение длины, объема, площади, глубины и т. п.). Традиционно мониторинг линейного роста вершины оврага осуществляется с помощью метода повторных линейных измерений от предварительно закрепленных реперов [Болысов, Тарзаева, 1996; Рысин, Григорьев с соавт., 2017]. К явным преимуществам этого метода стоит отнести его простоту и воспроизводимость, а также низкую стоимость.

Для более детального изучения динамики развития оврагов используется геодезическая съемка с помощью электронных тахеометров [Satdarov, 2016] и съемка с помощью наземных лазерных 3D-сканеров (НЛС) [Usmanov, Yermolaev et al., 2015]. Использование наземных лазерных 3D-сканеров позволяет достигать точности до долей миллиметра [Гафуров, Усманов, 2016] и создавать трехмерную модель изучаемого объекта. Но при этом стоит учитывать дороговизну соответствующего оборудования и большие затраты времени на проведение по-

¹ Казанский федеральный университет, Институт экологии и природопользования, аспирант; *e-mail:* gafurov.kfu@gmail.com

² Казанский федеральный университет, Институт экологии и природопользования, вед. науч. с. и Удмуртский государственный университет, Институт естественных наук, проф., докт. геогр. н.; *e-mail:* gysin.iwan@yandex.ru

³ Казанский федеральный университет, Институт экологии и природопользования, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов, вед. науч. с.; *e-mail:* gollossov@gmail.com

⁴ Удмуртский государственный университет, Институт естественных наук, ст. преподаватель; *e-mail:* ivangrig@yandex.ru

⁵ Казанский федеральный университет, Институт экологии и природопользования, ассистент, канд. геогр. н.; *e-mail:* luleo123@mail.ru

левых съемок и обработку полученной в полевых условиях информации.

Выбор отдельного или набора методов для оценки темпов роста оврагов зависит от периода времени, для которого проводятся исследования динамики овражной сети и требуемой точности конечных оценок. Выделяются короткий (1–10 лет) [Frankl, Poesen et al., 2012; Marzloff, Ries et al., 2011] и длинный (более 10 лет) временные интервалы [Amine et al., 2012; Burkard et al., 1997; Grellier et al., 2012]. Иногда внутри короткого также выделяют средний временной интервал (5–10 лет) [Marzloff et al., 2011]. Для короткого временного интервала чаще применяют следующий набор методов: измерение линейного прироста вершины оврага методом реперов [Rysin, Grigoriev, 2007] и с помощью беспилотных летательных систем [Pineux et al., 2017], объемные измерения с использованием наземного лазерного сканирования [Kosciuba et al., 2015], фотограмметрии [Sneddon et al., 1988], повторных DGPS измерений (для создания цифровой модели рельефа) [Grellier et al., 2012]. Более точные методы используются в тех случаях, когда исследуются механизмы процессов или существует необходимость максимально повысить точность оценок площадного или объемного прироста.

Исследования в средневременном интервале, как правило, проводятся с использованием данных глобальных ЦМР [Bouaziz et al., 2011; El Haj Tahir et al., 2010], а также данных архивной и исторической аэрофотосъемки [Marzloff et al., 2011; Vandekerckhove et al., 2003] и использования информации о параметрах оврагов с топографических карт. Разумеется, высококачественные космические снимки применяются в этом случае, как и при длинновременных оценках, для определения динамики изменения положения исследуемых привершинных участков оврагов.

Источником данных для измерений в длинновременном интервале, как и для средневременного, являются данные архивной аэрофотосъемки и топосъемки [Burkard et al., 1997; Grellier et al., 2012]. Исследования, покрывающие такой временной промежуток, наиболее широко проводились в Северной Америке [Beer et al., 1963; James R., Thompson, 1964] ввиду большого количества ортофотопланов, начавшая с 1911 г. Использование материалов аэрофотосъемки, помимо замеров площадного и линейного вершинного приростов, позволяет оценить объемный прирост [Marzloff et al., 2009] за большой временной интервал [Göbris et al., 2003]: подобные современные исследования охватывают временной промежуток от 1930 г. до конца XX века [Burkard et al., 1995]. В отдельных случаях для оценок темпа прироста оврагов используют топографические карты, составленные еще в XIX веке [Burkard et al., 1997]. В результате возникает возможность удлинять ряды до 120–130 лет [Oostwoud Wijdenes et al., 2001]. Но только полевые методы позволяют детально оценить линейный, площадной и объемный приросты в зависимости от детальности повторных съемок за каж-

дый сезон или отдельное эрозионное событие, а также оценить возможные причины роста оврага.

Важно отметить, что сочетание различных природно-антропогенных факторов, а также их временная изменчивость способствуют цикличности в активизации овражной эрозии, которая выражается в этапах усиления и затухания темпов оврагообразования, а также пространственной неравномерности развития овражной сети [Marzloff et al., 2011]. В данной работе обсуждаются методические подходы к исследованию роста оврагов в длину и анализируются первые результаты мониторинга оврагов, расположенных в различных ландшафтных зонах южной половины Восточно-Европейской равнины.

Исследуемая территория. Традиционно мониторинг роста вершин оврагов осуществляется в пределах речного бассейна средних размеров [Болысов, Тарзаева, 1996] или региона [Рыжов, 1995; Рысин, 1998]. В нашем случае была поставлена задача проведения синхронных наблюдений в различных ландшафтных зонах южной половины европейской части России. В качестве объектов исследования были выбраны 6 ключевых участков, расположенных в различных ландшафтных зонах (от южной тайги до зоны южной степи) Восточно-Европейской равнины (рис. 1), и интенсивно используемые в сельском хозяйстве. Овраги на исследуемых территориях формируются на делювиально-солифлюкционных суглинках, размывая в некоторых случаях и коренные породы (табл. 1) верхнепермского (Удмуртская Республика и Республика Татарстан), верхнемелового (Воронежская область), нижнетриасового (Оренбургская область), неогенового (Ставропольский край) и палеогенового (Саратовская область) возраста. Все участки представляют собой сильно расчлененную долинную и овражно-балочную сеть равнины.

Средние высоты изменяются от 150 до 350 м. Климат – умеренноконтинентальный, со среднегодовыми температурами от 2,7°C до 10°C [Булыгина с соавт., 2015]. Распределение осадков по территории Восточно-Европейской равнины зависит от западного переноса воздушных масс и воздушных масс, поступающих с территории Средней Азии. Поэтому наиболее увлажненными среди исследуемых являются участки, расположенные в Воронежской области и Республике Татарстан, где годовая сумма осадков достигает 565 мм, а наиболее сухой – Оренбургская область, где за 2016 г. выпало 372 мм атмосферных осадков [Мильков, Гвоздецкий, 1986].

Большая часть осадков (65–70%) выпадает за теплый период (апрель–октябрь), причем за последние 30 лет наблюдается как увеличение общего количества осадков, так и рост числа дней с осадками более 10 мм, при которых наиболее вероятно формирование поверхностного стока (табл. 2). Все исследуемые объекты расположены в пределах территорий с умеренной и высокой долей пахотных земель.

Материалы и методы исследования. Следует отметить, что мониторинговая сеть наблюдений за линейным приростом оврагов в Удмуртской Республике существует с 1978 г., а начиная с 2000-х годов

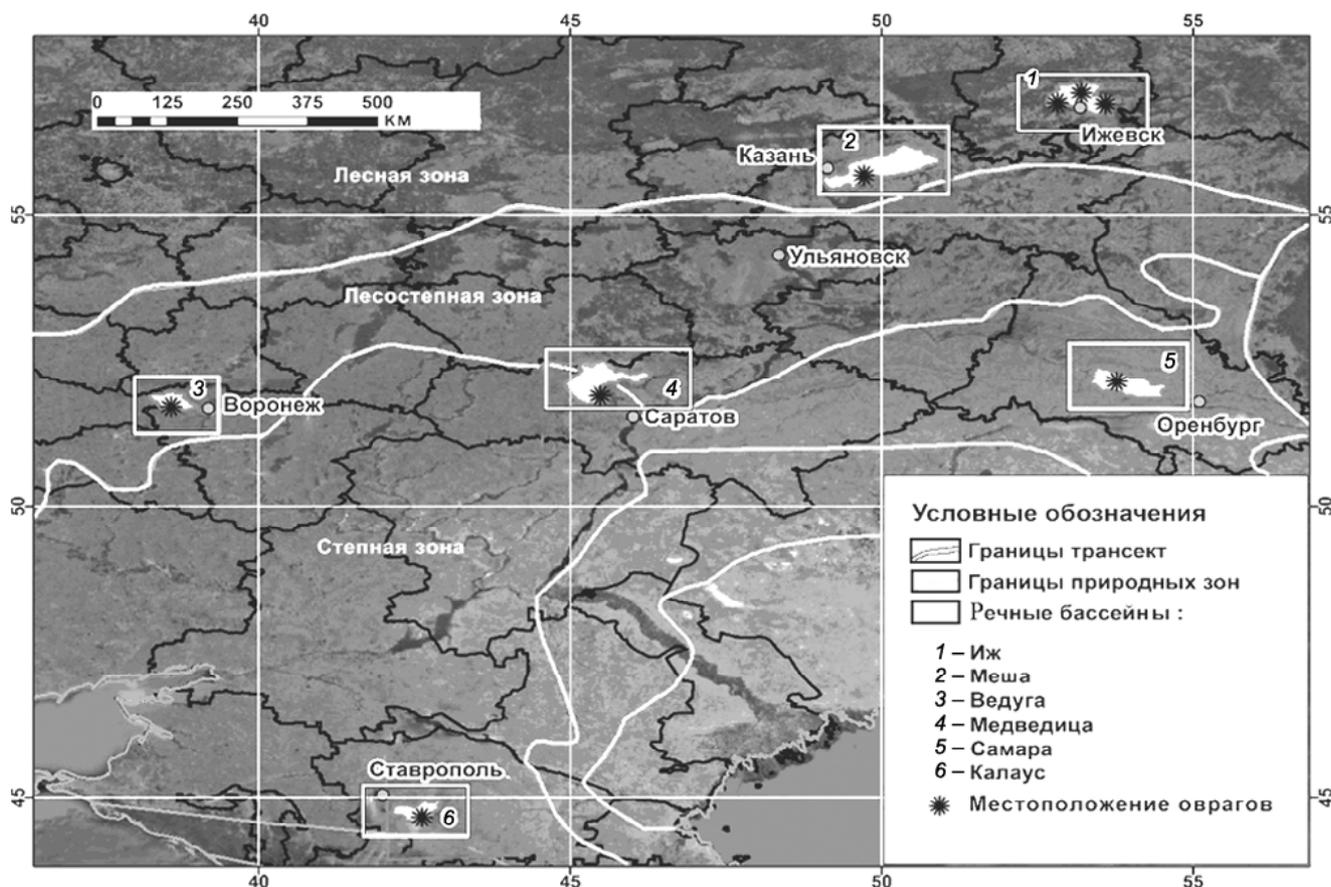


Рис. 1. Карта природных зон и местоположение участков мониторинга скоростей роста вершин оврагов

Fig. 1. Map of landscape zones and location of the sites of gully retreat rates monitoring

Таблица 1

Некоторые физико-географические характеристики территорий, в пределах которых располагаются овраги, включенных в сеть мониторинга

Показатель	Номер речного бассейна на рис. 1					
	1	2	3	4	5	6
Регион	Удмуртия	Татарстан	Воронежская область	Саратовская область	Оренбургская область	Ставропольский край
Литология	Делювиальные суглинки, глины с прослоями песчаников, известняков	Делювиальные суглинки, глины с прослоями известняков	Делювиальные суглинки, мел	Делювиальные суглинки	Делювиальные суглинки	Делювиальные суглинки
Средняя абсолютная высота вершины оврага, м	150–183	100–195	140–200	225–280	135–200	200–300
Среднегодовая температура воздуха, °С*	2,7	4,0	6,5	5,2	4,7	9,5
Слой осадков, мм*	$\frac{363}{159}$ (522)**	$\frac{361}{188}$ (549)	$\frac{372}{204}$ (576)	$\frac{282}{154}$ (436)	$\frac{247}{130}$ (377)	$\frac{392}{169}$ (561)
Количество вершин оврагов, включенных в мониторинг	45	8	5	9	13	9

*Данные приведены за период 1950-2015 гг. с ближайшей к исследуемому бассейну метеостанции.

**Над чертой – слой осадков за теплый период, под чертой – за холодный период, в скобках – годовая сумма осадков.

Таблица 2

Изменение средних температур и слоя осадков на исследуемых территориях за период 1950–2015 гг. по десятилетиям

Годы	Номер участка											
	1		2		3		4		5		6	
	<i>t</i>	<i>H</i>	<i>t</i>	<i>H</i>	<i>t</i>	<i>H</i>	<i>t</i>	<i>H</i>	<i>t</i>	<i>H</i>	<i>t</i>	<i>H</i>
1946–1955	–	–	3,1	–	5,8	–	4,4	–	4,2	–	9,3	–
1956–1965	2,5	524	3,3	–	5,7	–	4,6	–	4	–	9,4	–
1966–1975	2,4	550	3,6	497	6,3	530	5,1	424	4,4	325	9,7	572
1976–1985	2,4	502	3,5	585	5,8	612	4,7	471	4,3	372	8,9	527
1986–1995	2,8	490	4,2	543	6,4	610	5,1	428	4,8	394	8,9	588
1996–2005	3	536	4,8	559	7	580	5,7	455	5,1	419	9,9	570
2006–2015	3,5	532	5,4	585	8	547	6,2	410	5,8	381	10,3	550

дополнительно на ряде оврагов проводятся и ежегодные измерения площадного и объемного прироста вершин. В остальных регионах сеть наблюдений была заложена осенью 2015 г. Для наблюдений в пределах каждого участка были выбраны овраги различных типов. Все овраги располагаются на относительно компактной территории, что предполагает в целом сравнительно сходные гидрометеорологические условия как в период снеготаяния, так и при выпадении ливней. Результаты длительного мониторинга прироста вершин оврагов в Удмуртии показывают, что фактически даже в пределах такого обширного региона, как Вятско-Камское междуречье, в целом по отдельным годам сравнительно низкая пространственная вариабельность важнейших гидрометеорологических параметров в различные сезоны формирования поверхностного стока [Рысин с соавт., 2017]. Всего наблюдения проводятся за приростом 104 вершин оврагов, из которых 45 располагаются в Удмуртии, а оставшиеся 59 – на остальных пяти ключевых участках, расположенных в различных ландшафтных зонах южного мегасклона европейской территории России (табл. 3). Только 16 оврагов имеют техногенное происхождение, остальные – агрогенные.

Синхронность и сходный набор используемых методов измерения, которые проводятся дважды в год (весной после зимне-весеннего периода и осенью после периода формирования ливневого стока), на всех участках позволяет судить о внутригодовой и межгодовой динамике прироста оврагов на обширной территории, занимающей практически весь южный мегасклон Восточно-Европейской равнины.

При мониторинге используется следующий набор полевых инструментальных методов: реперов, повторной геодезической съемки, наземного лазерного сканирования [Сатдаров, 2016].

Метод реперов является наиболее широко используемым и традиционным. Обычно помимо специально устанавливаемых выше вершины реперов дополнительно используются в качестве реперов расположенные на небольшом расстоянии от вершины стволы деревьев, столбы и некоторые другие фиксированные на местности объекты [Болысов, Тарзаева, 1996; Рысин, 1998]. Метод реперов позволяет проводить замеры прироста вершины оврага максимально быстро и с наименьшими трудозатратами в полевых условиях и при камеральной обработке, но его точность относительно невысока, и он не позволяет получить информацию о приросте при-

Таблица 3

Средний линейный прирост оврагов за 2015–2016 гг.

Линейный прирост вершин оврагов, м/год	Номер речного бассейна на рис. 1					
	1	2	3	4	5	6
	Количество исследуемых оврагов (агрогенных+техногенных)					
	45 (42+3)	8 (8+0)	5 (5+0)	14 (13+1)	19 (17+2)	13 (3+10)
	Удмуртия	Татарстан	Воронежская область	Саратовская область	Оренбургская область	Ставропольский край
Весна	0,64	0,61	0,41*	0,06	0,05	0,18*
Осень	0,03	0,09	0,37	0,03	0,06	0,15
Год	0,67	0,70	0,78	0,09	0,11	0,33

*Прирост не связан со стоком в период весеннего снеготаяния, так как поверхностный сток при периодическом выпадении снега в холодное время года не формировался.

вершинного участка оврага на всем его протяжении.

Гораздо более детальная информация о росте вершин оврагов может быть получена при проведении топографо-геодезической съемки, которая в нашем случае проводится с помощью тахеометра Trimble M3 (рис. 2, А) и роботизированного тахеометра с функциями наземного лазерного сканера (НЛС) Trimble VX Spatial Station (рис. 2, Б). Помимо использования опорных реперов в этом случае для обеспечения надежной геодезической привязки при проведении повторных наблюдений закладывается дополнительная сеть грунтовых опорных точек (ground control points (GCP)).

Съемка бровки оврагов с помощью тахеометра проводилась с дискретностью пикетов 1 м также два раза в год для фиксации изменений после периодов весеннего снеготаяния и летних ливневых осадков. По данным ПО QGIS 2.18 строились план-схемы бровок оврагов, по которым вычислялся площадной прирост оврага в его вершине.

В результате рассчитывались средние темпы отступления бровки оврага по следующей схеме. На первом этапе полилинейная схема бровки конвертировалась в полигональный объект. Из полигона схемы бровки, полученной по результатам предыдущей съемки, вычитался полигон схемы, полученной при последующей съемке. Таким образом мы получали результирующий полигональный объект, отображающий площадной прирост бровки при-

вершинной части оврага. Исходя из того, что $A = L \times W$, где A – площадь (m^2), L – длина (м), W – ширина (м), а $P = 2 \times (L + W)$, где P – периметр (м), и выразив длину, как $L = A \div W$, мы получаем $P = 2 \times (A \div W) + 2 \times W$. Тогда, для вычисления ширины, нам необходимо решить уравнение, для которого положительный корень является средней шириной полигона. Таким образом, для расчета средней ширины для полученного результирующего полигонального объекта, отображающего прирост бровки оврага, нам необходимо знать его периметр и площадь, которые в среде QGIS вычисляются с помощью запросов *Sperimeter* и *Sarea*, соответственно.

Несмотря на такие преимущества тахеометрической съемки, как точность и высокая скорость получения плановых координат точек, она относительно менее точна при определении с ее помощью объемного прироста оврага, так как достаточно сложно с необходимой детальностью провести съемку бортов днища оврагов в их привершинной части. Для решения данной задачи нами используется наземное лазерное сканирование (НЛС). Съемка производится с разрешением 5×5 см на расстоянии 8 м с помощью роботизированного тахеометра Trimble VX Spatial Station. Такое разрешение было выбрано, так как оно является наиболее оптимальным для сканирования оврагов по соотношению время съемки/точность. Полученные в результате НЛС облака точек были использованы для создания цифровой модели рельефа (ЦМР) с шагом сетки 0,05 м с

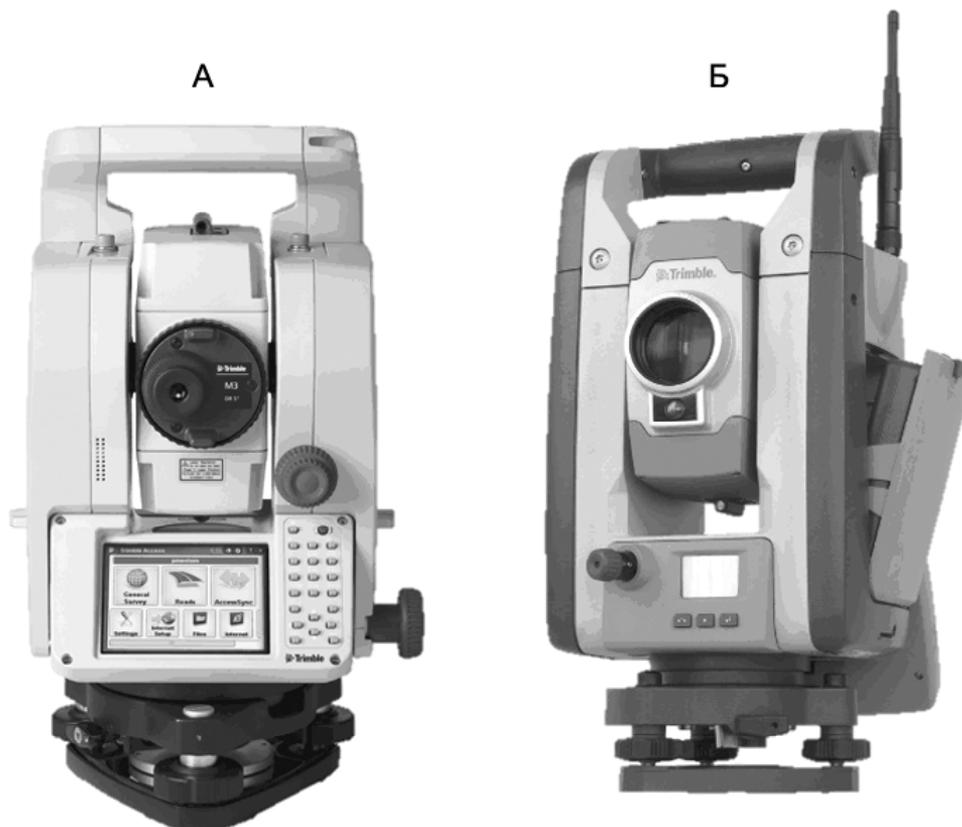


Рис. 2. Используемые тахеометры Trimble M3 (А) и Trimble VX Spatial Station (Б)

Fig. 2. The applied taxymeters Trimble M3 (A) and Trimble VX Spatial Station (Б)

помощью метода Natural Neighbor в программном пакете Golden Software Surfer [Rishikeshan, Katiyar et al., 2014]. По ним можно количественно оценить темпы снесенного с бортов оврага материала.

В связи с тем, что темпы прироста вершин оврагов различны, нецелесообразно проводить дважды в год тахеометрическую съемку привершинных участков оврагов и лазерное сканирование всех оврагов, включенных в мониторинг. Поэтому тахеометрическая съемка проводится на оврагах с умеренным приростом, а лазерное сканирование – на отдельных оврагах, на которых при умеренном росте достаточно активно происходит осыпание материала с бортов сложной конфигурации. В то же время линейный прирост собственно вершин оврагов оценивается с использованием метода реперов и повторной тахеометрической съемки.

Результаты исследования и их обсуждение.

Динамика изменений среднегодовых темпов линейного прироста оврагов, выявленная на основе почти 40-летнего мониторинга в Удмуртии, указывает на резкое сокращение линейного прироста, произошед-

шего после 1998 г. и особенно после 2002 г. [Рысин с соавт., 2017]. В целом, среднегодовой прирост вершин оврагов с 1978 по 2016 г. составил 0,76 м/год, тогда как в период 2003–2016 гг. он изменялся в среднем по годам от 0,15 до 0,67 м/год. Причиной отмеченных изменений является сокращение площади обрабатываемых пахотных земель при уменьшении запасов воды в снеге и глубины промерзания почвы [Рысин с соавт., 2017]. Пик роста оврагов приходился на конец 1970-х и начало 1990-х годов: прирост 2,8 м/год в 1979 г. и 2,3 м/год в 1991 г. и обусловлен значительным склоновым стоком в период снеготаяния с водосборов оврагов [Рысин с соавт., 2017]. При этом 95% значений величины прироста оврагов в период с 1978 г. не превышают 2,4 м/год.

Как видно на примере результатов наблюдений с использованием метода реперов и повторных тахеометрических съемок оврага Варзи-Ятчи, прирост, графически представленный преимущественно за трехлетние периоды, невелик (рис. 3). На данном примере хорошо видны преимущества повторной тахеометрической съемки по сравнению с методом реперов. Для многих оврагов характерен неравномерный прирост привершинной части, когда фактически можно выделить 2–3 вершины, как, собственно, наблюдается при росте данного оврага, а иногда и большее число вершин. Даже при использовании нескольких реперов линейные измерения расстояний от них до различных участков бровки привершинной части оврага вряд ли бы позволили определить значительный прирост в 2011–2013 гг. наиболее восточной вершины по сравнению с остальными двумя участками бровки оврага, которые можно рассматривать как самостоятельные вершины или как единую, неравномерно растущую вершину. Еще более затруднительно, а по существу невозможно, было бы выявить с помощью метода реперов существенный площадной прирост оврага в 2008–2010 гг. на фоне большинства других периодов примерно с аналогичным линейным приростом.

Точность линейных и, особенно, площадных измерений привершинных частей оврагов во многом определяет количественные оценки объемов наносов, формирующихся в процессе оврагообразования, а для склоновых оврагов, часто формирующихся в пределах ранее распаханых склонов, и прогноз сокращения пахотных земель в связи с ростом оврагов. Разумеется, крайне низкие темпы роста оврагов, выявленные за последние 10–15 лет в Удмуртии [Рысин с соавт., 2017], свидетельствуют о том, что при нынешних гидрометеорологических условиях и характере землепользования интенсивность овражной эрозии ничтожно мала, за исключением отдельных участков, на которых формируются техногенные овраги, темпы роста которых существенно больше [Григорьев с соавт., 2016].

Первые результаты наблюдений за линейным приростом оврагов на всех участках мониторинга указывают на повсеместно незначительный прирост вершин или его отсутствие, как это наблюдалось в Оренбургской и Саратовской областях (табл. 3). На

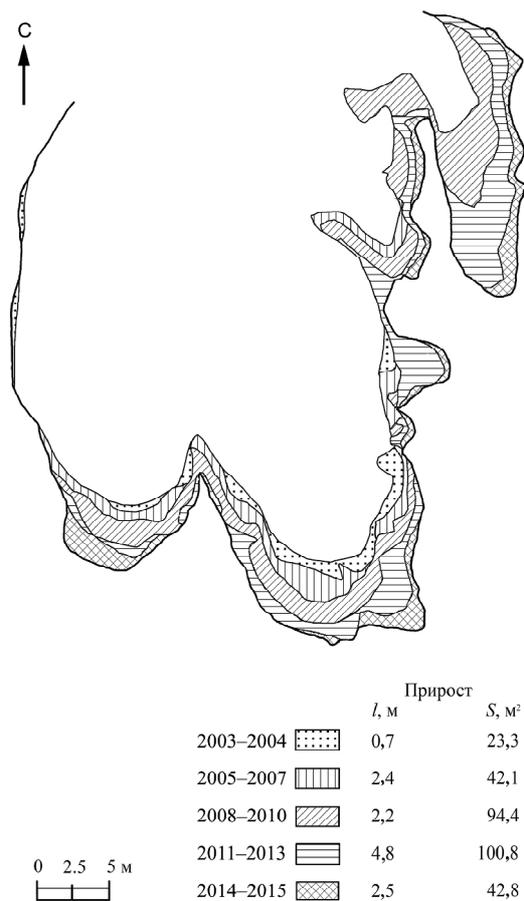


Рис. 3. Динамика изменений линейного и площадного прироста оврага Варзи-Ятчи в Удмуртской Республике в период с 2003 по 2016 г. (условные обозначения: *l* – линейный прирост, *S* – площадной прирост)

Fig. 3. Temporal variability of the linear and areal increase of the Värzi-Yachi gully in the Udmurt Republic from 2003 to 2016 (*l* – linear growth, *S* – areal growth)

ключевом участке, расположенном в Саратовской области, средний прирост вершин оврагов составил всего 0,09 м/год, при этом более 70% из них имеют нулевой годовой прирост. Такие небольшие значения обусловлены как небольшим количеством осадков (не более 436 мм), так и отсутствием каждый второй год талого стока на зяби [Медведев, Шабавев, 1991]. По существу, подобный прирост может быть обусловлен осыпными процессами, развивающимися на оголенных стенках вершин оврагов в связи с внутрисуточными колебаниями температур, особенно в период их перехода через ноль градусов Цельсия. Аналогичная ситуация наблюдалась на другом ключевом участке, также расположенном в восточном секторе степной зоны в бассейне р. Самара (Оренбургская область, табл. 3, 4).

Для оврагов, расположенных на юго-западе степной зоны в Ставропольском крае, где не формируется устойчивый снежный покров и поэтому отсутствует талый сток, средний годовой прирост оврагов (техногенных и агрогенных) равен 0,33 м/год при сумме осадков 561 мм. Средний прирост в холодное и теплое время года сопоставим и составляет 0,18 м и 0,15 м соответственно. При этом прирост агрогенных оврагов несколько больше среднего для всех оврагов и равен 0,47 м/год.

Наибольший, хотя также, в целом, незначительный, прирост из всех ключевых участков характерен для оврагов, расположенных в бассейне р. Ведуга Воронежской области, приуроченных к западному сектору лесостепной зоны. Фактически здесь также в последние десятилетия поверхностный сток в период снеготаяния не формируется. Средний прирост вершин оврагов для данной территории соста-

вил 0,78 м/год, при отсутствии ярко выраженной сезонной составляющей. Следует отметить, что и здесь, на юго-западе лесостепной зоны, талый сток в основном отсутствует и только в отдельных случаях формируется совместно с дождевым, когда на сильно переувлажненную почву выпадают жидкие осадки даже средней интенсивности.

Только в пределах участков, находящихся на севере лесостепной и юге лесной зон в Татарстане и Удмуртии, именно за счет стока в период весеннего снеготаяния произошел основной, опять же, в целом, незначительный, прирост оврагов (табл. 3). Причем в Удмуртии наибольший прирост характерен для донных оврагов (табл. 4), что соответствует ранее выявленной тенденции для этого региона некоторого повышения темпов роста донных оврагов [Рысин с соавт., 2017].

Для ряда оврагов, расположенных в бассейне р. Темев Ручей (Республика Татарстан), помимо оценок линейного прироста оврагов, на основе метода реперов была проведена топографо-геодезическая съемка ряда вершин. Средний годовой прирост оврагов на данной территории составил 0,7 м/год при явном преобладании прироста за период талого стока: средний прирост за этот период составил 0,61 м, то есть более 85% годового прироста (табл. 3). При этом максимальный прирост за период талого стока достигал 1,3 м. Проведение топографо-геодезических работ позволило оценить не только линейный, но и площадной прирост, который был достаточно неравномерен по периметру привершинной части оврагов (рис. 4). Так, за период талого стока максимальный боковой прирост, составивший 1,6 м, произошел за счет оползания стенки оврага по его

Таблица 4

Средний линейный прирост различных типов агрогенных оврагов за 2015–2016 гг.

Регион	Береговые	Число вершин	Донные	Число вершин	Склоновые	Число вершин
Удмуртия	$\frac{0,12}{0}$ (0,12)	7	$\frac{0,75}{0,07}$ (0,82)	9	$\frac{0,37}{0,01}$ (0,38)	26
Татарстан	$\frac{0,76}{0,08}$ (0,84)	8	–	0	$\frac{0,18}{0,10}$ (0,28)	2
Воронежская область	$\frac{0,64}{0,10}$ (0,74)	2	–	0	$\frac{0,52}{0,31}$ (0,81)	3
Саратовская область	$\frac{0,00}{0,00}$ (0,00)	3	$\frac{0,08}{0,03}$ (0,10)	6	$\frac{0,08}{0,03}$ (0,10)	4
Оренбургская область	$\frac{0,07}{0,03}$ (0,10)	4	$\frac{0,03}{0,20}$ (0,23)	2	$\frac{0,03}{0,06}$ (0,09)	11
Ставропольский край	–	0	–	0	$\frac{0,20}{0,27}$ (0,47)	3
Среднее значение по всем регионам	$\frac{0,20}{0,03}$ (0,23)	22	$\frac{0,29}{0,10}$ (0,39)	17	$\frac{0,22}{0,15}$ (0,37)	49

Примечание. Над чертой – прирост вершины оврагов за весенний период, под чертой – за летне-осенний период, в скобках – годовой прирост (N – число вершин).

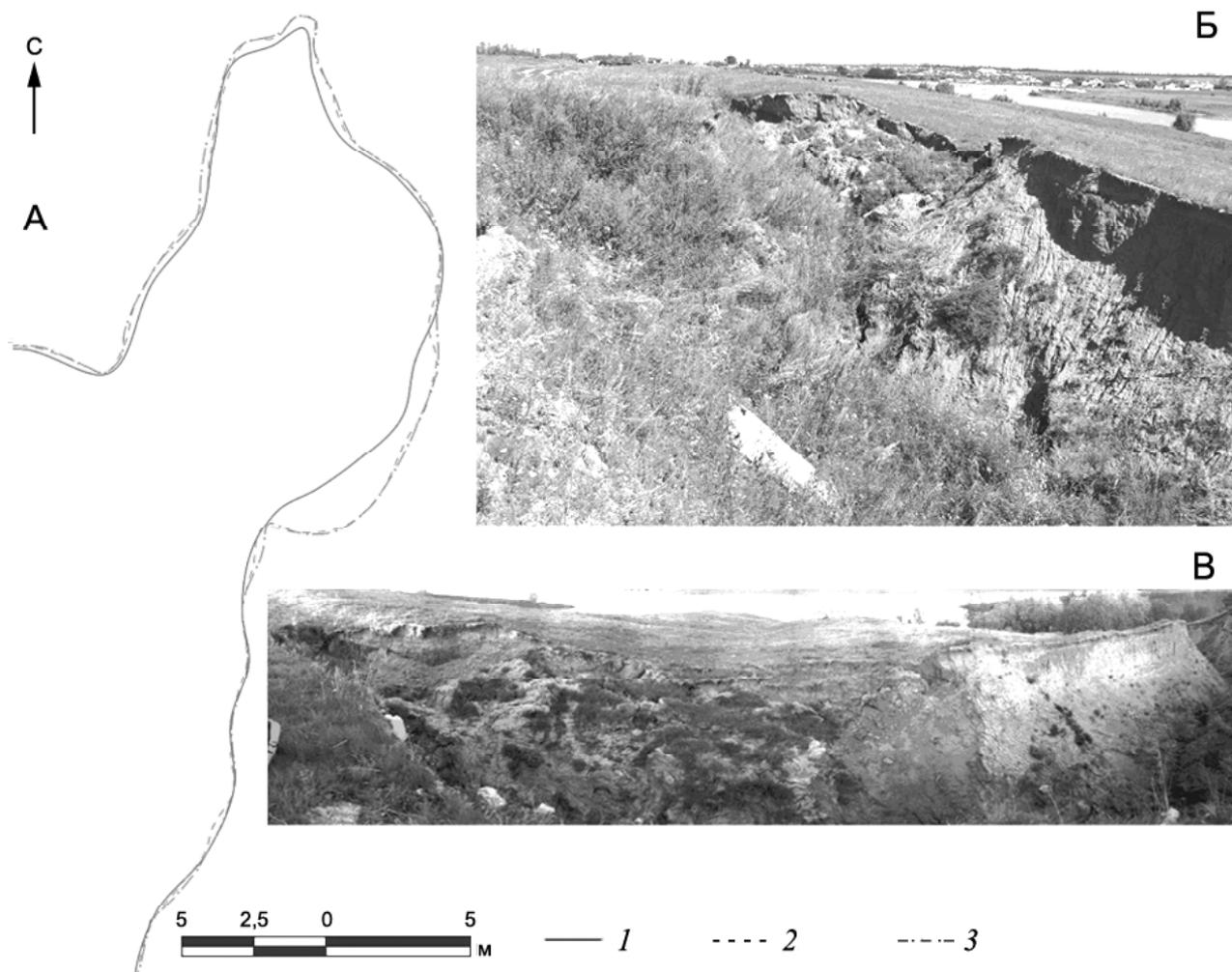


Рис. 4. Изменения положения бровки на примере оврага № 1 в бассейне р. Темев Ручей, полученные с помощью топографо-геодезической съемки (А) и вид на привершинную часть оврага (Б) и левый борт оврага (Б'); 1 – осень 2015 г., 2 – весна 2016 г., 3 – осень 2016 г.

Fig. 4. Changes in the position of gully borders (case study of gully № 1 in the drainage area of the Temev Ruchey River), obtained through the topographic-geodetic survey (A) and the views of the upper part of the gully (B) and its left side (B'); 1 – fall 2015, 2 – spring 2016, 3 – fall 2016

борту западной экспозиции. За период летне-осенних дождей максимальное отступление бровки составило 0,67 м, и оно также было связано с медленным оползанием грунта по стенке оврага. Таким образом, на основе использования повторной геодезической съемки удалось оценить темпы расширения привершинной части оврага за счет развития экзогенных процессов по разным сезонам года. Следует отметить, что, как и в случае с оврагом в Удмуртии (рис. 3), более активно за счет оползневых и осыпных процессов отступает бровка бортов западной экспозиции. Более длительные и масштабные по охвату наблюдения необходимы для того, чтобы оценить, является ли это закономерностью или случайностью.

Для оценки объемного прироста была проведена работа по лазерному 3D сканированию двух оврагов, расположенных на противоположных склонах долины р. Темев Ручей. Объем выноса из берегового оврага, расположенного на левом борту доли-

ны р. Темев Ручей, составил 20,94 м³ за период талого стока и 2,0 м³ за период осенне-летних дождей. Удельный снос материала с квадратного метра составил 0,11 м³/м² и 0,03 м³/м² соответственно. Для оврага, расположенного на противоположном борту долины, суммарный вынос за периоды талого стока и летне-осенних дождей составил соответственно 7,8 и 2,4 м³, а удельный снос с квадратного метра – 0,12 и 0,02 м³/м². Аккумуляция материала за период летне-осенних дождей в береговом овраге (12,8 м³), расположенном на левом борту долины р. Темев Ручей, обусловлена не столько привнесом материала с прилегающего к оврагу поля, засеянного многолетними травами, сколько связана с активно протекающими оползневыми и осыпными процессами на его бортах. Это подтверждается картами разностей поверхностей. Для оврага, расположенного на противоположном борту долины, объемные изменения объясняются как перемещением смытого со стенок материала внутри тела оврага, так и при-

вносом материала, смытого с прилегающей пашни. Стоит отметить, что смытый материал частично выносится за пределы оврага только в результате талого смыва (20% материала выносится для оврага на левом борту, 75% – для оврага на правом). Такое различие в проценте вынесенного материала объясняется различной морфологией и продольными уклонами оврагов (12° для оврага на левом борту, 36° для оврага на правом борту). Так как период с конца весны по начало осени 2016 г. характеризовался небольшим количеством дождевых событий, а процессы, проходящие в оврагах, носили скорее осыпной характер, материал был полностью аккумулирован в днище оврага на обоих наблюдаемых оврагах.

Выводы

Созданная сеть мониторинга роста оврагов на южном мегасклоне Восточно-Европейской равнины является уникальной по охвату территории синхронными сезонными наблюдениями за динамикой развития оврагов и не имеет аналогов в мире. Совместное применение набора инструментальных методов позволяет с достаточно высокой точностью проводить оценки линейного, площадного и объемного прироста оврагов. Первые результаты иссле-

дований согласуются с ранее полученными результатами многолетнего мониторинга роста оврагов на Вятско-Камском междуречье, на территории Республики Татарстан и Саратовской области [Бутакков с соавт., 2000; Лотоцкий, 1987; Рысин с соавт. 2017], которые свидетельствуют о затухании темпов овражной эрозии с конца 1990-х годов в связи с потеплением климата и изменением землепользования и общим «старением» овражной сети.

Предварительно можно говорить об определенных зональных отличиях. В частности, относительно больший прирост оврагов наблюдается на юго-западе лесостепной зоны (в Воронежской области), в зоне смешанных лесов (в Республике Татарстан) и в подзоне южной тайги (в Удмуртской Республике), где он составил в среднем 0,67–0,78 м/год, а наименьший прирост – в восточной и центральной частях степной зоны (в Оренбургской и Саратовской областях). В среднем для всех участков скорости линейного прироста оврагов различного типа относительно близки, но в то же время в зоне южной тайги темпы линейного роста донных оврагов в 2–3 раза превышают скорости роста в длину оврагов других типов.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта РНФ № 15-17-20006.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Актуализированные ГИС-пакеты оперативной геологической информации (ГИС-Атлас «Недра России») // Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П. Карпинского [Электронный ресурс]. URL: <http://atlaspacket.vsegei.ru>.
- Болысов С.И., Тарзаева Н.В. Метеорологический фактор в развитии регрессивной эрозии на юго-западе Подмосковья // Геоморфология. 1996. № 4. С. 97–103.
- Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т., Швец Н.В. Массив данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России // Обнинск: ВНИИГМИ–МЦД, 2015. [Электронный ресурс]. URL: <http://mete.ru/data/>.
- Бутакков Г.П., Зорина Е.Ф., Никольская И.И., Рысин И.И., Серебренникова И.А., Юсупова В.В. Тенденции развития овражной эрозии в Европейской России // Эрозионные и русловые процессы. 2000. № 3. С. 52–62.
- Гафуров А.М., Усманов Б.М. Оценка интенсивности и динамики почвенной эрозии методом наземного лазерного сканирования // Эрозионные, русловые и устьевые процессы (исследования молодых ученых университетов). 2016. С. 81–90.
- Григорьев И.И. Пространственно-временной анализ скоростей роста техногенных оврагов на территории Удмуртии // Эрозия почв, овражная эрозия, русловые процессы: теоретические и прикладные вопросы. 2011. С. 90–99.
- Григорьев И.И., Рысин И.И. Исследования техногенных и сельскохозяйственных оврагов в Удмуртии // Вестн. Удмуртского ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2006. № 2. С. 83–91.
- Дедков А.П. Овражная эрозия востока Русской равнины. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1990. 143 с.
- Зорина Е.Ф., Веретенникова М.В., Ковалев С.Н., Любимов Б.П., Никольская И.И., Прохорова С.Д. География овражной эрозии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006. 324 с.
- Иванов М.А. Методические аспекты картографирования типов землепользования по данным космической съемки // География и регион: материалы междунар. науч. конф. (23–25 сентября 2015 г.). В 6 т. 2015. № 4. С. 251.
- Лотоцкий Г.И. Об интенсивности развития овражной эрозии Саратовского Поволжья // Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях. 1987. С. 77–78.
- Медведев И.Ф., Шаббаев А.И. Эрозионные процессы на пашне Приволжской возвышенности // Почвоведение. 1991. № 11. С. 61–69.
- Мильков Ф.Н., Гвоздецкий Н.А. Физическая география России и СССР. Общий обзор. Европейская часть СССР. Кавказ. М.: Высшая школа, 1986. 376 с.
- Рыжов Ю.В. Рост оврагов на юге Сибири // География и природные ресурсы. 1995. № 3. С. 101–110.
- Рысин И.И. Овражная эрозия в Удмуртии. Ижевск: Изд-во Удмурт. ун-та, 1998. 274 с.
- Рысин И.И., Голосов В.Н., Григорьев И.И., Зайцева М.Ю. Влияние изменений климата на динамику темпов роста оврагов Вятско-Камского междуречья // Геоморфология. 2017. № 1. С. 90–103.
- Рысин И.И., Григорьев И.И., Зайцева М.Ю. Результаты исследований овражной эрозии в Удмуртии за последние два десятилетия // Наука Удмуртии. 2015. № 3(73). С. 150–164.
- Рысин И.И., Григорьев И.И., Зайцева М.Ю., Голосов В.Н. Линейный прирост оврагов Вятско-Камского междуречья на рубеже столетий // Вестн. МГУ. Сер. 5. География, 2017. № 1. С. 63–72.
- Рычагов Г.И. Общая геоморфология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006. 416 с.
- Сатдаров А.З. Методы исследования регрессивного роста оврагов: достоинства и недостатки // Уч. записки Казанского университета. Сер. Естественные науки. 2016. № 158(2). С. 277–292.
- Li W., Fu H., Yu L., Gong P., Feng D., Li C., Clinton N. Stacked Autoencoder-based deep learning for remote-sensing image

classification: a case study of African land-cover mapping // International J. Remote Sensing. 2016. № 23(37). С. 5632–5646.

Marzolf I., Ries J.B., Poesen J. Short-term versus medium-term monitoring for detecting gully-erosion variability in a Mediterranean environment // Earth Surface Processes and Landforms. 2011. № 12(36). С. 1604–1623.

Rishikeshan C.A., Katiyar S.K., Mahesh V.N.V. Detailed Evaluation of DEM Interpolation Methods in GIS Using DGPS Data // 2014 International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks. 2014. С. 666–671.

Satdarov A.Z. Methods for Research of the Regressive Growth in Gullies: Advantages and Disadvantages // Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya Estestvennye nauki. 2016. № 2(158). С. 277–292.

Usmanov B., Yermolaev O., Gafurov A. Estimates of slope erosion intensity utilizing terrestrial laser scanning // Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences. 2015. (367). С. 59–65.

Поступила в редакцию 06.06.2017

Принята к публикации 21.05.2018

**A.M. Gafurov¹, I.I. Rysin², V.N. Golosov³,
I.I. Grigoryev⁴, A.G. Sharifullin⁵**

**ESTIMATION OF THE RECENT RATE
OF GULLY HEAD RETREAT ON THE SOUTHERN MEGASLOPE
OF THE EAST EUROPEAN PLAIN USING A SET
OF INSTRUMENTAL METHODS**

The results of monitoring the gully growth dynamics in different landscape zones of the southern megaslope of the East European Plain are presented. As key sites 104 gully heads in the Republic of Udmurtia, the Republic of Tatarstan, the Voronezh, Saratov and Orenburg oblasts and the Stavropol Krai were chosen. Various instrumental methods were used, such as measuring from a control point, repeated geodetic survey, repeated measurement using a terrestrial laser scanner. The results show a decrease in the annual growth rate of gully heads due to general climate warming and land use change at all key sites. The average annual retreat rate in all areas was 0,45 m/year, with a maximum of 0,78 m/year in the Voronezh oblast.

Key words: erosion, gully, laser scanning, geodetic survey, linear growth.

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Science Foundation (project № 15-17-20006).

REFERENCES

Bolysov S.I., Tarzayeva N.V. Meteorological factor in regressive erosion in the South-West of the Moscow Region // Geomorphology RAS. 1996. № 4. P. 97–103 (in Russian).

Bulygina O.N., Razuvayev V.N., Trofimenko L.T., Shvets N.V. Massiv dannykh srednemesyachnoy temperatury vozdukh na stantsiyakh Rossii [An array of average monthly air temperature data at Russian stations]. VNIIGMI-WDC, Obninsk, 2015. [Electronic resource]. URL: <http://meteo.ru/data/> (in Russian).

Butakov G.P., Zorina E.F., Nikolskaya I.I., Rysin I.I., Serebrennikova I.A., Yusupova V.V. Tendentsii razvitiya ovrazhnoy erozii v Yevropeyskoy Rossii [Trends in the development of gully erosion in European Russia] // Erosion and fluvial processes. 2000. № 3. P. 52–62 (in Russian).

Dedkov A.P. Ovrazhnaya eroziya vostoka Russkoy ravniny [Gully erosion at the east of the Russian Plain]. Kazan Publishing House, Kazan, 1990. 143 p. (in Russian).

Gafurov A.M., Usmanov B.M. Otsenka intensivnosti i dinamiki pochvennoy erozii metodom nazemnogo lazernogo skanirovaniya [Assessment of intensity and dynamics of soil erosion using method of terrestrial laser scanning] // Eroziionnyye, ruslovyeye

i ust'yevyye protsessy (issledovaniya molodykh uchenykh universitetov). 2016. P. 81–90 (in Russian).

Grigor'yev I.I. Prostranstvenno-vremennoy analiz skorostey rosta tekhnogennykh ovragov na territorii Udmurtii [Spatio-temporal analysis of the rates of growth of technogenic ravines in the territory of Udmurtia] // Eroziya pochvy, ovrazhnaya eroziya, ruslovyeye protsessy: teoreticheskiye i prikladnyye voprosy. 2011. P. 90–99 (in Russian).

Grigor'yev I.I., Rysin I.I. Issledovaniya tekhnogennykh i sel'skokhozyaystvennykh ovragov v Udmurtii [Research of agricultural and technogenic ravines in Udmurtia] // Vestnik Udmurtskogo un-ta. Ser. Biologiya. Nauki o Zemle. 2006. № 2. P. 83–92 (in Russian).

Ivanov M.A. Metodicheskiye aspekty kartografirovaniya tipov zemlepol'zovaniya po dannym kosmicheskoy s'yemki [Methodical aspects of mapping the land use types according to space survey data] // Geografiya i region: materialy mezhdunar. nauch. konf. (23–25 sentyabrya 2015 g.). 2015. V. 6. № 4. 251 p. (in Russian).

Li W., Fu H., Yu L., Gong P., Feng D., Li C., Clinton N. Stacked Autoencoder-based deep learning for remote-sensing image

¹ Kazan Federal University, Institute of Ecology and Environmental Sciences, PhD student; *e-mail:* gafurov.kfu@gmail.com

² Kazan Federal University, Institute of Ecology and Environmental Sciences, Leading Scientific Researcher; Udmurt State University, Institute of Environmental Sciences, Professor, D.Sc. in Geography; *e-mail:* rysin.iwan@yandex.ru

³ Kazan Federal University, Institute of Ecology and Environmental Sciences, Moscow State University, the Makkaveev Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes, Leading Scientific Researcher; *e-mail:* golossov@gmail.com

⁴ Udmurt State University, Institute of Environmental Sciences, Senior Lecturer; *e-mail:* ivangrig@yandex.ru

⁵ Kazan Federal University, Institute of Ecology and Environmental Sciences, Assistant Professor, PhD in Geography; *e-mail:* luleo123@mail.ru

classification: a case study of African land-cover mapping // International J. Remote Sensing. 2016. № 23(37). P. 5632–5646.

Lototsky G.I. Ob intensivnosti razvitiya ovrazhnoy erozii Saratovskogo Povolzh'ya [On the intensity of gully erosion development in the Saratov Volga River area] // Regularities in the manifestation of erosion and fluvial processes in various natural conditions. 1987. P. 77–78 (in Russian).

Marzolf I., Ries J.B., Poesen J. Short-term versus medium-term monitoring for detecting gully-erosion variability in a Mediterranean environment // Earth Surface Processes and Landforms. 2011. № 12(36). P. 1604–1623.

Medvedev I.F., Shabayev A.I. Eroziionnyye protsessy na pashne Privolzhskoy vozvyshennosti [Erosion processes on the arable land of the Volga Upland] // Pochvovedeniye. 1991. № 11. P. 61–69 (in Russian).

Mil'kov F.N., Gvozdetskiy N.A. Fizicheskaya geografiya Rossii i SSSR. Obshchiy obzor. Yevropeyskaya chast' SSSR. Kavkaz [Physical geography of Russia and the USSR. General review. European part of the USSR. The Caucasus]. Moscow: Vysshaya shkola, 1986. 376 p. (in Russian).

Rishikeshan C.A., Katiyar S.K., Mahesh V.N.V. Detailed Evaluation of DEM Interpolation Methods in GIS Using DGPS Data // 2014 International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks. 2014. P. 666–671.

Rychagov G.I. Obshchaya geomorfologiya [General geomorphology]. Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta, 2006. 416 p. (in Russian).

Rysin I.I. Ovrazhnaya eroziya v Udmurtii [Gully erosion in Udmurtia]. Izhevsk: Izd-vo Udmurt. un-ta, 1998. 274 p. (in Russian).

Rysin I.I., Golosov V.N., Grigor'yev I.I., Zaitseva M.Yu. Influence of climate change on the rates of gully growth in the Vyatka-Kama watershed // Geomorphology RAS. 2017. № 1. P. 90–103 (in Russian).

Rysin I.I., Grigor'yev I.I., Zaitseva M.Yu. Rezul'taty issledovaniy ovrazhnoy erozii v Udmurtii za posledniye dva

desyatiletiya [Results of gully erosion studies in Udmurtia during the recent two decades] // Nauka Udmurtii. 2015. № 3(73). P. 150–164 (in Russian).

Rysin I.I., Grigor'yev I.I., Zaitseva M.Yu., Golosov V.N. Lineynnyy prirost ovragov Vyatsko-Kamskogo mezhdurech'ya na rubezhe stoletiy [Dynamics of the linear retreat of gully heads within the Vyatka-Kama interfluvium at the turn of the centuries] // Moscow University Bulletin. Ser. 5. Geography. 2017. № 1. P. 63–72 (in Russian).

Ryzhov U.V. Rost ovragov na yuge Sibiri [Growth of gullies in southern Siberia] // Geography and natural resources. 1995. № 3. P. 101–110 (in Russian).

Satdarov A.Z. Methods for Research of the Regressive Growth in Gullies: Advantages and Disadvantages // Uchenyye zapiski Kazanskogo universiteta. Ser. Estestvennyye nauki. 2016. № 2(158). P. 277–292.

Satdarov A.Z. Metody issledovaniya regressivnogo rosta ovragov: dostoinstva i nedostatki [Methods of investigating the regressive growth of gullies: merits and demerits] // Uchenyye zapiski Kazanskogo universiteta. Ser. Yestestvennyye nauki. 2016. № 158(2). P. 277–292 (in Russian).

Updated GIS packages of operational geological information (GIS-Atlas «Nedra Rossii») // All-Russian Scientific Research Geological Institute of A.P. Karpinsky [Electronic resource]. URL: <http://atlaspacket.vsegei.ru>.

Usmanov B., Yermolaev O., Gafurov A. Estimates of slope erosion intensity utilizing terrestrial laser scanning // Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences. 2015. № 367. P. 59–65.

Zorina E.F., Veretennikova M.V., Kovalev S.N., Lyubimov B.P., Nikol'skaya I.I., Prokhorova S.D. Geografiya ovrazhnoy erozii [Geography of gully erosion]. Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta, 2006. 324 p. (in Russian).

Received 06.06.2017

Accepted 21.05.2018

УДК 910.3

А.О. Агибалов¹, А.А. Сенцов², В.А. Зайцев³**ОТРАЖЕНИЕ ГРАНИТО-ГНЕЙСОВЫХ КУПОЛОВ СЕВЕРНОГО ПРИЛАДОЖЬЯ В СОВРЕМЕННОМ РЕЛЬЕФЕ**

Проведен анализ рельефа куполовидных структур Северного Приладожья – Хавус, Коккасельской, Риекка, Сортавальской и Йокирантской. Установлено, что субизометричные гранито-гнейсовые купола Хавус и Коккасельский выражены в рельефе как поднятия, в пределах которых по характеру распределения коэффициента развития рельефа выделяется серия концентрических линейментов. Купола более сложной формы могут представлять собой как области поднятия (Риекка, Йокирантский), так и области опускания (Сортавальский). Данные компьютерного моделирования позволяют предположить, что сложный характер взаимосвязи между геологическим строением и современным рельефом во многом обусловлен активизацией куполовидных выступов архейского основания в обстановке северо-западного сжатия.

Ключевые слова: гранито-гнейсовые купола, Приладожье, компьютерное моделирование.

Введение. Северное Приладожье, расположенное в юго-восточной части Балтийского щита, относится к областям развития докембрийских комплексов и отличается сложным геологическим строением. На дневную поверхность в данном регионе выходят архейские гранито-гнейсы, формирующие куполовидные структуры, а межкупольное пространство сложено протерозойскими образованиями среднего структурного этажа Балтийского щита [Морозов, 1999]. В пределах Северного Приладожья закартировано более 20 куполовидных выступов архейского фундамента, размеры которых варьируют от первых километров до первых десятков километров [Морозов, Гафт, 1985]. В настоящее время не существует единой точки зрения по вопросу о природе этих структур: одни исследователи рассматривают их как результат диапиризма [Григорьева, Шинкарев, 1981; Полянский с соавт., 2016], другие полагают, что гранито-гнейсовые купола возникли в ходе интерференционной складчатости [Bowes et al., 1984]. Н.Г. Судовиков и В.А. Глебовицкий разработали модель, предполагающую внедрение гранито-гнейсов в виде жестких глыб и блоков [Судовиков с соавт., 1970]. Такое разнообразие мнений может быть связано с многофакторностью самих структурообразующих процессов [Морозов, 1999].

Гранито-гнейсовые купола по-разному отражены в рельефе: купола Коккасельский и Хавус выражены как области поднятия, Сортавальский – как область опускания, границы купола Латвасюрья плохо прослеживаются по очертаниям гидросети и пространственному рисунку линейных элементов рельефа. Задачи данной работы заключаются в том, чтобы проанализировать особенности проявления куполовидных структур Северного Приладожья в

современном рельефе на примерах гранито-гнейсовых куполов Хавус, Риекка, Сортавальского, Йокирантского и Коккасельского и предложить решение вопроса о возможности их тектонической активизации в новейшее время. Этот процесс рассматривается как один из множества факторов рельефообразования, к которым относятся гляциоизостатические движения, реакция литосферы на изменения уровня воды в Ладожском озере [Амантов, Амантова, 2017], экзарационная и аккумулятивная деятельность ледника [Бискэ, 1959], геологическое строение рассматриваемой территории [Глубинное строение ..., 2004].

Поставленные задачи представляются актуальными в связи с недостаточной изученностью рельефа куполовидных структур. Новизна данной работы обусловлена тем, что она основана на результатах комплексных исследований, проведенных с использованием традиционных и современных методов.

Материал и методы исследований. Исходными материалами для проведения исследований в пределах трех опорных участков, на территории которых располагаются гранито-гнейсовые купола Хавус (рис. 1), Коккасельский (рис. 2) и Риекка (рис. 3), являлись цифровые модели рельефа, построенные путем оцифровки детальных топографических карт масштаба 1:20 000. Для четвертого, более крупного участка, включающего Сортавальский и Йокирантский купола (рис. 4), использовалась модель рельефа, составленная на основе топографической карты масштаба 1:200 000. С целью установления характера и степени выраженности куполовидных структур в рельефе выполнен морфоструктурный анализ, предполагающий выделение линейментов,

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра динамической геологии, аспирант; *e-mail:* Agibalo@yandex.ru

² Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН, лаборатория сейсмоструктоники и сейсмического микрорайонирования, науч. с.; *e-mail:* alekssencov@yandex.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра динамической геологии, зав. лабораторией исследования геокатастроф, канд. геол.-минерал. н.; *e-mail:* v.zaitsev@mail.ru

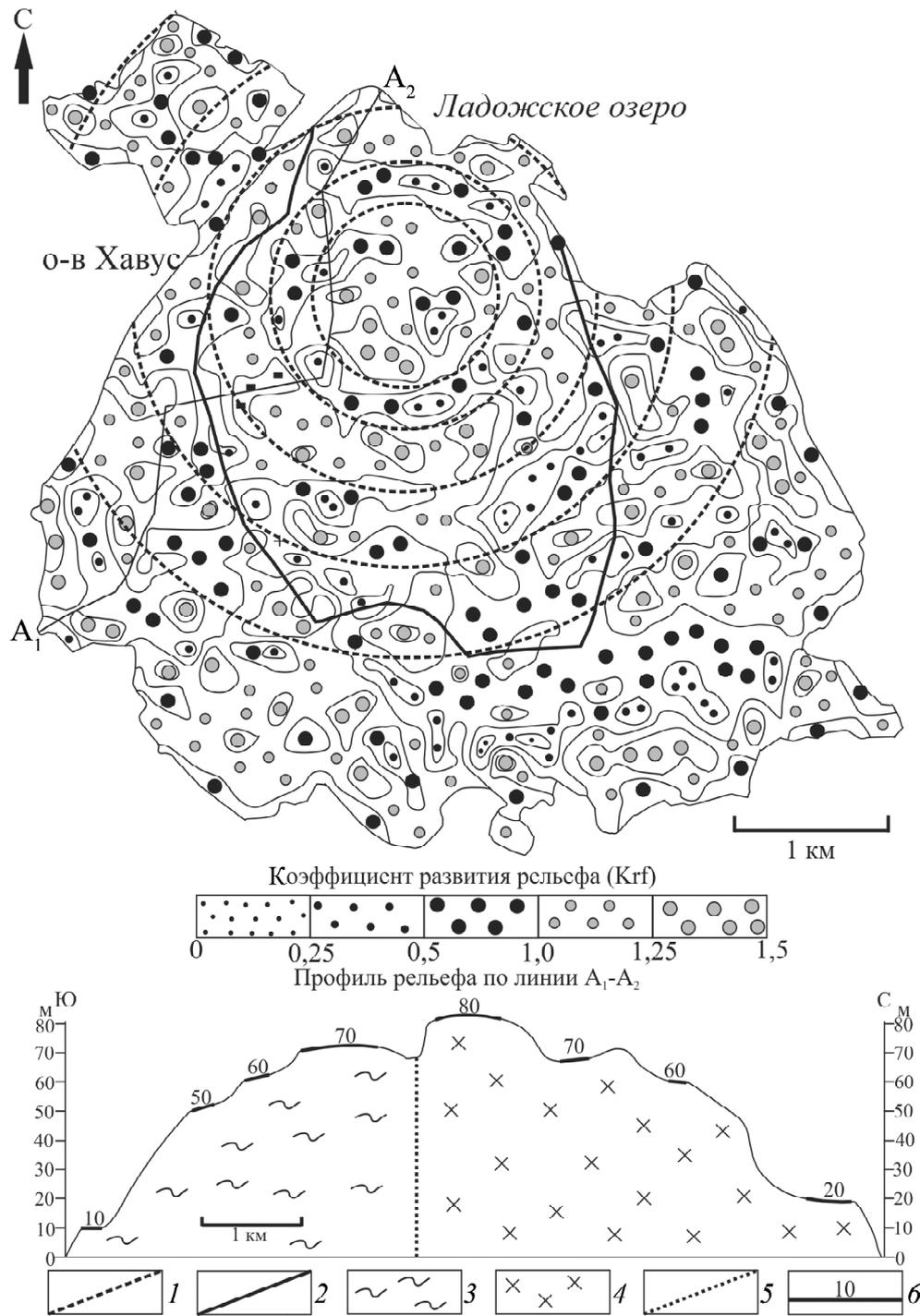


Рис. 1. Схема коэффициентов развития рельефа острова Хавус: 1 – концентрические линейменты, выделенные по рисунку изолиний коэффициента развития рельефа; 2 – контуры гранито-гнейсового купола Хавус (по: [Государственная ..., 2004]); 3 – раннепротерозойские образования ладожского комплекса; 4 – архейские гранито-гнейсы; 5 – граница купола Хавус на профиле рельефа; 6 – выровненные площадки и их высотные отметки (м)

Fig. 1. Scheme of relief development coefficients for the Havus Island: 1 – concentric lineaments identified according to the pattern of isolines of the relief development coefficients; 2 – contours of the Havus granite-gneiss dome (after: [State ..., 2004]); 3 – Early Proterozoic formations of the Ladoga complex; 4 – Archaean granite-gneiss; 5 – boundary of the Havus dome on the relief profile; 6 – leveled areas and their elevations (in meters)

построение схем блоковой делимости по данным анализа рельефа. Подобные исследования проводились И.Г. Авенариусом, внесшим значительный вклад в изучение Арктического региона России [Авенариус, 2008]. Кроме того, были составлены

карты крутизны склонов и кривизны поверхности рельефа. Для отдельных структур (табл.) определены морфометрические показатели максимальные и средние высотные отметки, максимальные и средние значения кривизны поверхности рельефа, кру-

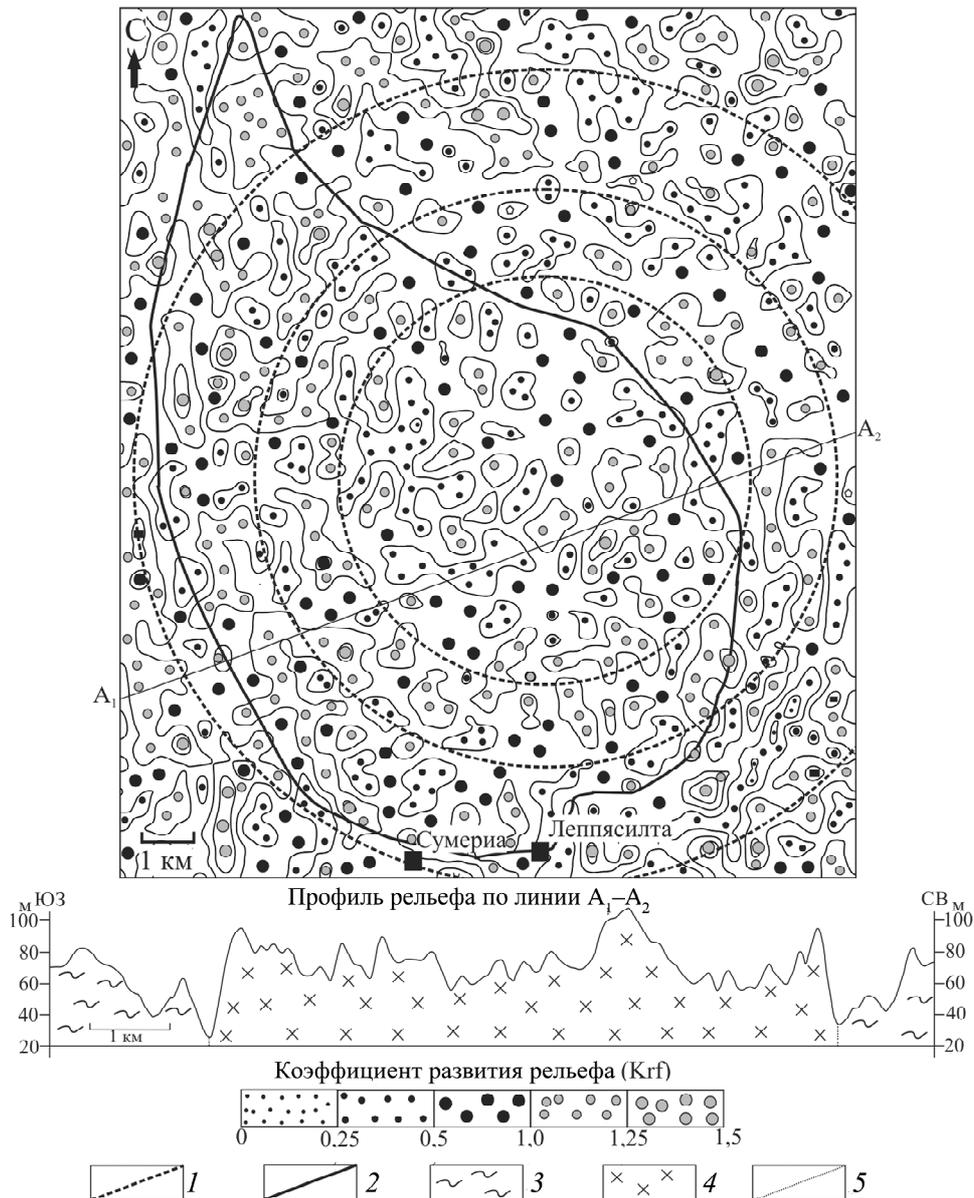


Рис. 2. Схема коэффициентов развития рельефа района Коккасельского гранито-гнейсового купола: 1 – концентрические линейменты, выделенные по рисунку изолиний коэффициента развития рельефа; 2 – контуры Коккасельского гранито-гнейсового купола (по: [Государственная ..., 2004]); 3 – раннепротерозойские образования ладожского комплекса; 4 – архейские гранито-гнейсы; 5 – границы Коккасельского купола на профиле рельефа

Fig. 2. Scheme of relief development coefficients of the Kokkasel'skij granite-gneiss dome: 1 – concentric lineaments identified according to the pattern of isolines of the relief development coefficients; 2 – contours of the Kokkasel'skij granite-gneiss dome (after: [State ..., 2004]); 3 – Early Proterozoic formations of the Ladoga complex; 4 – Archaean granite-gneiss; 5 – boundary of the Kokkasel'skij dome on the relief profile

тизны склонов, стандартные отклонения высотных отметок – обсуждаемые в работах Ю.Г. Симонова [Симонов, 1999; Симонов, 1998]. Проведен расчет коэффициента развития рельефа (Krf) по формуле:

$$Krf = (N_{avg} - N_{min}) / (0,5N_{max} + 0,5N_{min} - N_{min}),$$

где N_{avg} – среднее значение высоты в пределах расчетной ячейки, N_{max} – максимальная высотная отметка, N_{min} – минимальная высота.

По мнению В.Ф. Лысовой, рассматриваемый коэффициент отражает морфологию склонов, связанную

с тенденциями развития рельефа: повышенные значения Krf приурочены к областям с восходящим типом рельефа, развивающимся как поднятия [Лысова, 2004]. В связи с тем, что морфология склонов на территории Приладожья связана с действием различных факторов рельефообразования, а не только влиянием тектонических движений и денудационных процессов, данный параметр рассматривается только как дополнительный инструмент морфометрического анализа.

Отметим, что на геологической карте масштаба 1:200 000 не показаны границы гранито-гнейсо-

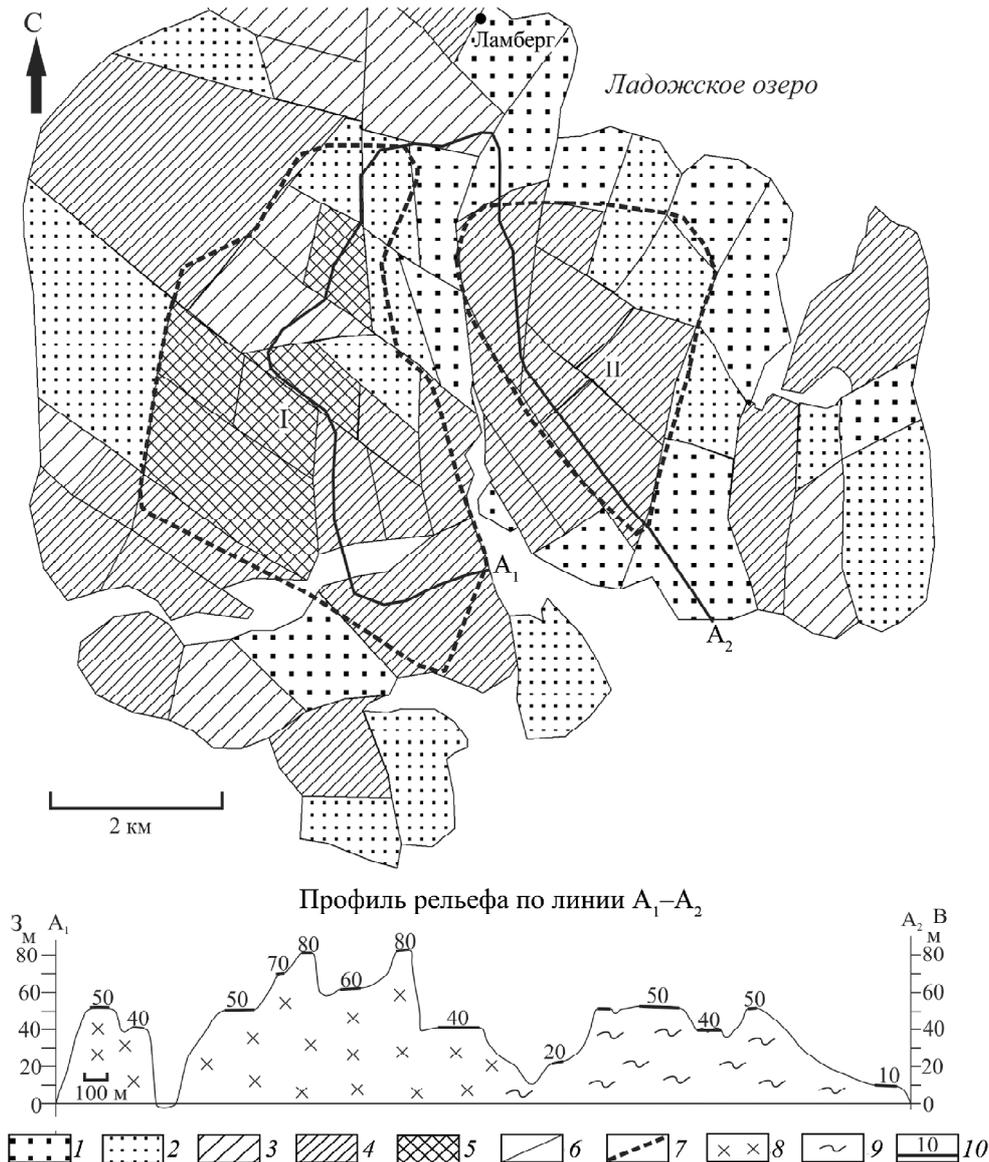


Рис. 3. Схема блоковой делимости южной части острова Риеккалансари, составленная по данным анализа рельефа: 1–5 – максимальные высотные отметки блоков (м): 1 – 21–35, 2 – 35–49, 3 – 49–63, 4 – 63–77, 5 – 77–90; 6 – границы блоков; 7 – контуры тектонических структур: гранито-гнейсового купола Риекка (I) и сопряженной с ним синформы (II); 8 – гранито-гнейсы; 9 – породы ладожского комплекса; 10 – выровненные площадки и их высотные отметки (м)

Fig. 3. Block divisibility scheme of the southern part of the Riekkalansari Island, based on the analysis of relief data: 1–5 – maximum block elevations (in meters): 1 – 21–35, 2 – 35–49, 3 – 49–63, 4 – 63–77, 5 – 77–90; 6 – block boundaries, 7 – contours of tectonic structures: the Rieikka granite-gneiss dome (I) and the conjugated synform (II); 8 – granite-gneiss; 9 – rocks of the Ladoga complex; 10 – leveled areas and their elevations (in meters)

вого купола Риекка и расположенной к востоку от него синформной структуры, сложенной раннепротерозойскими гнейсами ладожской серии [Геологическая ..., 2004]. Детальное картирование докембрийских комплексов, проведенное в южной части острова Риеккалансари, позволило оконтурить данные структуры.

С помощью компьютерного моделирования, выполненного в программе RMS 2013, рассчитаны относительные амплитуды вертикальных перемещений при различной ориентировке оси максимального сжатия. В качестве исходных данных для построения модели использовались высотные отметки рельефа и границы крупных неоднородностей, которыми на данной территории являются гранито-гнейсовый купол и синформа, расположенные на острове Риеккалансари. Методика моделирования заключается в том, что на поверхность рельефа, построенную в формате «Grid», были нанесены контуры данных неоднородностей, обусловленных геологическим строением территории. С помощью модуля «Fracture modelling» определены относительные амплитуды вертикальных смещений при различной ориентировке главных нормальных осей напряжений. При про-

роения модели использовались высотные отметки рельефа и границы крупных неоднородностей, которыми на данной территории являются гранито-гнейсовый купол и синформа, расположенные на острове Риеккалансари. Методика моделирования заключается в том, что на поверхность рельефа, построенную в формате «Grid», были нанесены контуры данных неоднородностей, обусловленных геологическим строением территории. С помощью модуля «Fracture modelling» определены относительные амплитуды вертикальных смещений при различной ориентировке главных нормальных осей напряжений. При про-

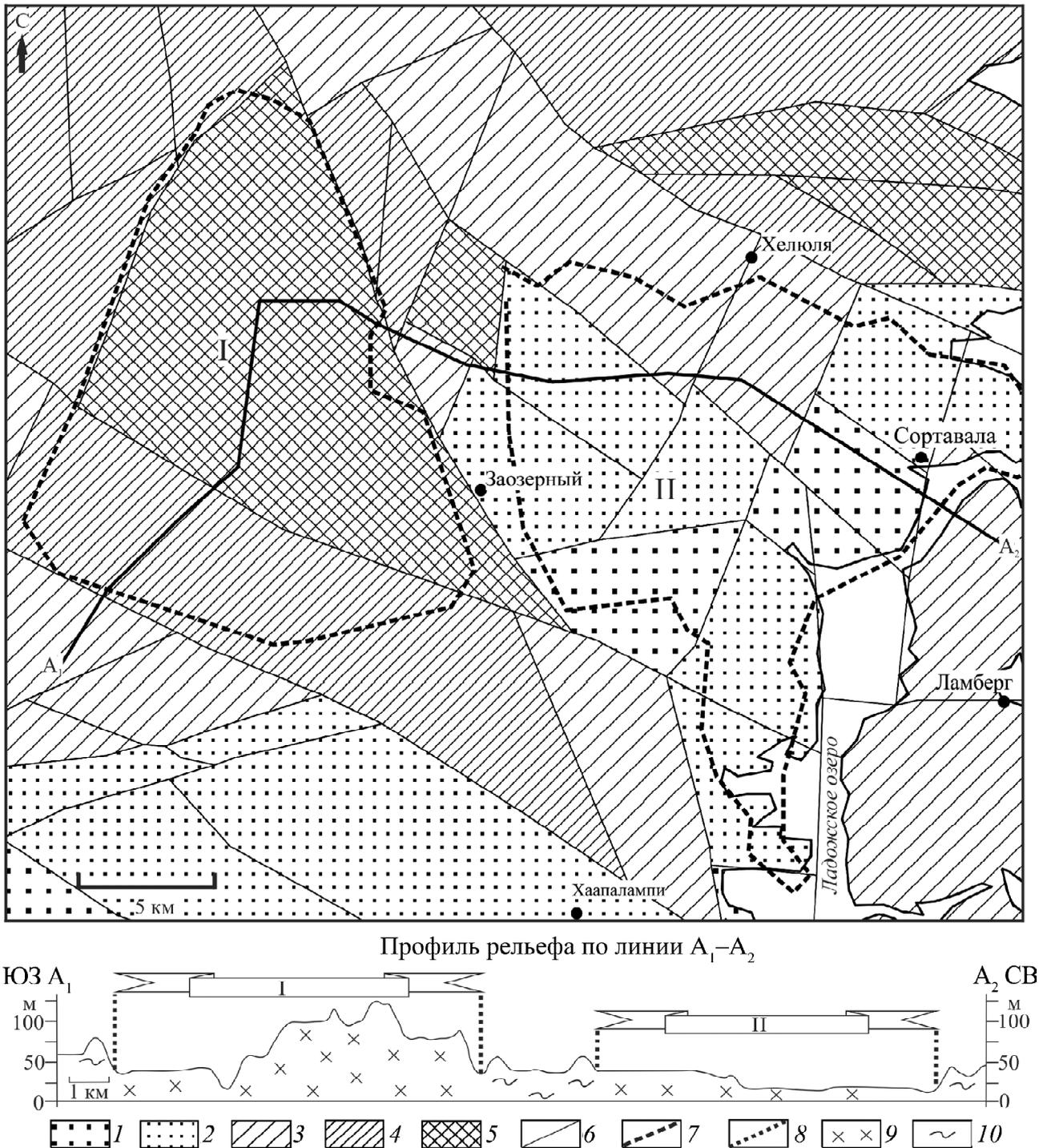


Рис. 4. Схема блоковой делимости района города Сортавала, составленная по данным анализа рельефа: 1 – максимальные высотные отметки блоков (м): 1 – 20–45, 2 – 45–65, 3 – 65–85, 4 – 85–105, 5 – 105–125; 6 – границы блоков; 7 – границы гранито-гнейсовых куполов Иокирантского (I) и Сортавальского (II) (по: [Кулаковский, Морозов, 2015]); 8 – границы гранито-гнейсовых куполов на профиле рельефа; 9 – гранито-гнейсы; 10 – породы ладожского комплекса

Fig. 4. Block divisibility scheme of the Sortavala town, based on the analysis of relief data: 1–5 – maximum block elevations (in meters): 1 – 20–45, 2 – 45–65, 3 – 65–85, 4 – 85–105, 5 – 105–125; 6 – block boundaries; 7 – boundaries of Iokiranta (I) and Sortavala (II) granite-gneiss domes (after: [Kulakovskiy, Morozov, 2015]); 8 – boundaries of granite-gneiss domes on the relief profile; 9 – granite-gneiss; 10 – rocks of the Ladoga complex

ведении расчетов использовались следующие допущения: величины напряжений достаточно велики для образования новых разрывов малой протяженности, все границы неоднородностей непрерывны и вертикальны, перемещения по ним происходят до тех пор, пока величины напряжений не достигнут нулевых значений [Агибалов с соавт., 2017]. Поскольку неотектонические движения, происходящие в определенных полях напряжений, относятся к главным рельефообразующим процессам [Корчуганова, 2007], сопоставление полученных карт относительных амплитуд вертикальных перемещений с высотными отметками рельефа позволило сделать предположения об ориентировке главных нормальных осей напряжений на новейшем этапе.

Результаты исследований и их обсуждение.

Рассмотренные в данной работе куполовидные структуры можно разделить на две группы: к первой относятся гранито-гнейсовые купола Хавус и Коккасельский, отличающиеся концентрическими очертаниями в плане, а ко второй – Риекка, Сортавальский и Йокирантский, контуры которых имеют форму, близкую к треугольной. Структуры, объединенные в первую группу, выделяются в рельефе по повышенным высотным отметкам, центрбежному рисунку гидро-сети; к их границам приурочены крутые склоны и вертикальные уступы высотой до первых десятков метров. Исключением является юго-западная часть острова Хавус: высотные отметки в непосредственной близости от гранито-гнейсового купола достигают 70 м, в то время как максимальная высота купола составляет 80 м. Однако анализ высотных отметок выровненных площадок, выделенных на профиле рельефа, позволяет предположить, что в этой части острова купол приподнят на 10 м относительно межкупольного пространства (рис. 1). Данные площадки сформировались после последнего валдайского оледенения, завершившегося около 13 тыс. лет назад [Субетто, 2007]. Таким образом, гранито-гнейсовые купола Хавус и Коккасельский можно рассматривать как новейшие поднятия. Это предположение согласуется с ранее опубликованными в работе А.Д. Лукашова данными, согласно которым Коккасельский купол образует в новейшей структуре горст, обрамленный зонами повышенной трещиноватости [Лукашов, 1976]. Для обоих опорных участков характерна общая закономерность: на картах коэффициентов развития рельефа по характеру распределения данного параметра можно выделить несколько концентрических зон разного радиуса, имеющих общий центр. При этом радиус каждой последующей зоны в $\sqrt{2}$ раз больше радиуса предыдущей. Аналогичная закономерность была отмечена при изучении кольцевых разломов Хибинского массива [Ильченко, Сенчина, 2018].

Взаимосвязь между геологическим строением и рельефом в пределах двух других опорных участков имеет более сложный характер. На территории каждого участка выделяются две крупные неоднородности: гранито-гнейсовые купола Сортавальский и Йокирантский, с одной стороны, и купол Риекка и сопря-

женная с ним синформа, сложенная гнейсами ладожской серии – с другой. Эти морфоструктуры находят отражение в рисунке гидро-сети, границы куполов подчеркиваются вертикальными стенками и уступами. Гранито-гнейсовые купола Риекка и Йокирантский приподняты относительно сопряженных морфоструктур, расположенных восточнее (синформы и Сортавальского купола), и отличаются достаточно расчлененным рельефом, для которого характерны крутые склоны и вертикальные уступы высотой до первых десятков метров. Максимальная высота купола Риекка составляет 80 м, Йокирантского купола – 120 м, в то время как высотные отметки в пределах синформы достигают 50 м, а высота Сортавальского купола не превышает 60 м. Исходя из высотных отметок выровненных площадок, выделенных в южной части острова Риеккалансари, можно предположить, что синформа опущена на 30 м относительно гранито-гнейсового купола. В целом, выраженные как поднятия морфоструктуры отличаются от сопряженных относительно опущенных структур большими значениями средних высотных отметок, стандартных отклонений высот и усредненных коэффициентов развития рельефа, максимальных и средних значений кривизны поверхности рельефа, средними величинами крутизны склонов (табл. 1). Проведенные полевые исследования показали, что архейские гранито-гнейсы достаточно однородны в пределах рассматриваемого района, а слагающие синформу гранитизированные гнейсы ладожского комплекса макроскопически схожи с гранито-гнейсами фундамента. В этой связи представляется возможным сделать вывод о том, что отличия морфометрических параметров между относительно приподнятыми и опущенными структурами не связаны с различиями прочностных свойств пород. Таким образом, рассмотренные тектонические структуры по-разному проявляются в соразмерных им формах рельефа: гранито-гнейсовые купола Хавус, Коккасельский, Риекка, Йокирантский и расположенная на острове Риеккалансари синформа находят прямое отражение в рельефе, а Сортавальский купол – обратное. Аналогичная особенность проявляется в региональном масштабе на территории всего Балтийского щита [Спиридонов, 1978].

С помощью компьютерного моделирования установлено, что максимальные значения коэффициентов корреляции Пирсона между рассчитанными относительными амплитудами вертикальных перемещений и высотными отметками рельефа достигаются в обстановке субгоризонтального сжатия, ось которого ориентирована в северо-западных румбах. Это направление согласуется с общими представлениями о северо-западном сжатии Фенноскандии, которое подтверждается решениями фокальных механизмов очагов землетрясений на сопредельной территории юго-восточной Финляндии [Slunga, 1991; Uski et al., 2003]. Оно может быть обусловлено гляциоизостатическим поднятием Балтийского щита [Keiding et al., 2015] и спредингом в северной части Атлантического океана. Величина коэффициента корреляции между рассчитанными относительными

Морфометрические параметры рельефа куполовидных структур Иокирантской, Сортавальской, Риекка и синформы, расположенной в юго-восточной части острова Риеккалансари

Сопоставляемые морфометрические параметры	Иокирантский купол	Сортавальский купол	Купол Риекка	Синформная структура, сопряженная с куполом Риекка
Максимальные высотные отметки (м)	120	60	80	50
Средние высотные отметки (м)	61	20	46	38
Медианные значения высотных отметок (м)	60	24	44	38
Стандартные отклонения высотных отметок (м)	23	12	18	9
Средние значения коэффициентов развития рельефа	0,76	0,73	0,87	0,79
Максимальные значения кривизны поверхности рельефа	0,0117	0,0115	0,13	0,072
Средние значения кривизны поверхности рельефа	169×10^{-6}	165×10^{-6}	53×10^{-4}	47×10^{-7}
Медианные значения кривизны поверхности рельефа	$-10,257 \times 10^{-5}$	$-5,673 \times 10^{-5}$	4×10^{-3}	3×10^{-3}
Средняя крутизна склонов (град.)	1,3	0,8	3,23	2,03

амплитудами вертикальных перемещений и высотными отметками рельефа для территории острова Хавус составляет 0,37 (азимут простирания оси максимального сжатия 130°), для района Коккасельского купола – 0,29 (азимут простирания оси сжатия 175°), для района купола Риекка – 0,45 (азимут простирания оси сжатия 100°), для Сортавальского и Иокирантского куполов – 0,32 (азимут простирания оси сжатия 160°). Различная ориентировка оси максимального сжатия связана, по-видимому, со сложным характером перераспределения напряжений под влиянием крупных неоднородностей, обусловленных геологическим строением территории.

Выводы:

– гранито-гнейсовые купола Хавус и Коккасельский, имеющие субизометричную форму, выраже-

ны в рельефе как поднятия, в пределах которых по характеру распределения коэффициента развития рельефа выделяется серия закономерно расположенных концентрических линеаментов;

– Иокирантский купол представляет собой область поднятия, к которому прилегает область опускания, приуроченная к Сортавальскому куполу. Аналогичным образом в рельефе отражены купол Риекка (приподнятый блок) и сопряженная с ним синформа (опущенный блок);

– использование метода компьютерного моделирования позволило сделать вывод о том, что неотектоническая активизация куполовидных структур может происходить в обстановке северо-западного сжатия и рассматриваться как один из множества факторов рельефообразования.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00359.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Авенариус И.Г. Морфоструктурный анализ при изучении культурного и природного наследия Западно-Арктического региона России. Берлин: Paulsen, 2008. 188 с.

Агибалов А.О., Зайцев В.А., Сенцов А.А., Девяткина А.С. Оценка влияния современных движений земной коры и активизированного в новейшее время докембрийского структурного

плана на рельеф Приладожья (юго-восток Балтийского щита) // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8. № 4. С. 791–807.

Амантов А.В., Амантова М.Г. Моделирование послеледникового развития района Ладожского озера и восточной части Финского залива // Региональная геология и металлогения. 2017. № 6. С. 5–14.

- Бискэ Г.С.* Четвертичные отложения и геоморфология Карелии. Петрозаводск: Гос. изд. Карельской АССР, 1959. 321 с.
- Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамления / Под ред. Н.В. Шарова. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2004. 353 с.
- Государственная геологическая карта 1:200 000. Листы Р-35-XXIV, Р-36-XIX / Ред. Богданов Ю.Б. СПб.: ГГУП «СФ Минерал», 2004.
- Григорьева Л.В., Шинкарев Н.Ф.* Условия образования купольных структур в Приладожье // Изв. АН СССР. Серия геологическая. 1981. № 3. С. 41–50.
- Ильченко В.Л., Сенчина Н.П.* Волновые признаки развития систем тектонических нарушений вокруг структур центрального типа в вариациях форм рельефа и геохимических данных // Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии. Материалы I Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2018. Т. 1. С. 230–234.
- Корчуганова Н.И.* Новейшая тектоника с основами современной геодинамики. Методическое руководство. М.: Геокарт, ГЕОС, 2007. 354 с.
- Кулаковский А.Л., Морозов Ю.А., Смольская А.И.* Стресс-метаморфизм и стресс-метаморфиты в докембрии Приладожья // Тр. КарНЦ РАН. 2015. № 7. С. 19–35.
- Лукашов А.Д.* Новейшая тектоника Карелии. Л.: Наука, 1976. 109 с.
- Лысова В.Ф.* Морфометрия и неотектоника Южного Тимана. Дис. ... канд. геол.-минерал. н. Сыктывкар, 2004. 232 с.
- Морозов Ю.А.* О роли транспрессии в формировании структуры Балтийского щита // Геотектоника. 1999. № 4. С. 37–51.
- Морозов Ю.А., Гафт Д.Е.* О природе гранито-гнейсовых куполов Северного Приладожья // Структура и петрология докембрийских комплексов. М.: Изд-во Института физики Земли АН СССР, 1985. С. 3–121.
- Полянский О.П., Реввердатто В.В., Бабичев А.В., Свердлова В.Г.* Механизм подъема магмы через «твердую» литосферу и связь мантийного и корового диапиризма: численное моделирование и геологические примеры // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 6. С. 1073–1091.
- Симонов Ю.Г.* Морфометрический анализ рельефа. М.; Смоленск: Изд-во СГУ, 1998. 272 с.
- Симонов Ю.Г.* Объяснительная морфометрия рельефа. М.: ГЕОС, 1999. 251 с.
- Спиридонов А.И.* Геоморфология европейской части СССР. М.: Высшая школа, 1978. 335 с.
- Субетто Д.А.* История формирования Ладожского озера и его соединения с Балтийским морем // Общество. Среда. Развитие (Тerra Humana). 2007. № 1. С. 111–120.
- Судовиков Н.Г., Глебовицкий В.А., Сергеев А.С., Петров В.П., Харитонов А.Л.* Геологическое развитие глубинных зон подвижных поясов (Северное Приладожье). Л.: Наука, 1970. 227 с.
- Bowes D.R., Halden N.M., Koistinen T.J., Park A.F.* Structural features of basement and cover rocks in the eastern Svecocarellides, Finland // Eds.: A. Kröner, R. Greiling. Precambrian Tectonics Illustrated. Schweizerbart Science Publishers. Stuttgart. Germany. 1984. P. 147–171.
- Keiding M., Kreemer C., Lindholm C.D., Gradman S., Olesen O., Kierulf H.P.* A comparison of strain rates and seismicity for Fennoscandia: depth dependency of deformation from glacial isostatic adjustment // Geophys. J. Int. 2015. V. 202. P. 1021–1028.
- Slunga R.S.* The Baltic shield earthquakes // Tectonophysics. 1991. V. 189. № 1–4. P. 323–331.
- Uski M., Hyyönien T., Korja A., Airo M-L.* Focal mechanisms of three earthquakes in Finland and their relation to surface faults // Tectonophysics. 2003. V. 363. P. 141–157.

Поступила в редакцию 05.03.2018

Принята к публикации 21.05.2018

A.O. Agibalov¹, A.A. Sentsov², V.A. Zaitsev³

**PROJECTION OF GRANITE-GNEISS DOMES
OF THE NORTHERN LADOGA LAKE REGION
IN MODERN RELIEF**

We analyzed the relief of granite-gneiss domes Havus, Kokkasel'skij, Riekka, Sortaval'skij and Iokirantskij in the Northern Ladoga Lake region. It is established, that the subsometric Havus and Kokkasel'skij granite-gneiss domes are projected in relief as elevations; within them a series of concentric lineaments is revealed according to the pattern of the distribution of relief development coefficients. Domes, which have a more complicated shape are both areas of elevation (Riekka, Iokirantskij), and t heregions of subsidence (Sortaval'skij dome). Computer modeling suggested that complicated relationships between the geological structures and modern relief are to a large extent conditioned by neotectonic activation of Archean domes under the northwest compression.

Key words: granite-gneiss domes, the Ladoga Lake region, computer modeling.

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Foundation for Fundamental Research (project № 18-35-00359).

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology, Department of Dynamic Geology, postgraduate student; *e-mail:* Agibalo@yandex.ru

² The Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS, Laboratory of Seismotectonics and Seismic Microzonation, Scientific Researcher; *e-mail:* alekssencov@yandex.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology, Department of Dynamic Geology, Head of the Section of Geocatastrophe Research, PhD. in Geology and Mineralogy; *e-mail:* v.zaitsev@mail.ru

REFERENCES

- Agibalov A.O., Zaytsev V.A., Sentsov A.A., Devyatkina A.S.* Assessment of the influence of modern crustal movements and the recently activated Precambrian structural plan on the relief of the Lake Ladoga region (the southeastern Baltic Shield) // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2017. V. 8. № 4. P. 791–807.
- Amantov A.V., Amantova M.G.* Modelirovanie poslednikovogo razvitiya rajona Ladozhskogo ozera i vostochnoj chasti Finskogo zaliva [Modeling of postglacial development of the Ladoga Lake and eastern part of the Gulf of Finland] // *Region. geologiya i metallogeniya*. 2017. № 6. P. 5–14 (in Russian).
- Avenarius I.G.* Morfostrukturnyj analiz pri izuchenii kul'turnogo i prirodnogo naslediya Zapadno-Arkticheskogo regiona Rossii [Morphostructural analysis in studying the cultural and natural heritage of the Western Arctic region of Russia]. Berlin: Paulsen, 2008. 188 p. (in Russian).
- Biskeh G.S.* Chetvertichnye otlozheniya i geomorfologiya Karelii [Quaternary deposits and geomorphology of Karelia]. Petrozavodsk: Gosudarstvennoe izdatel'stvo Karel'skoj ASSR, 1959. 321 p. (in Russian).
- Bowes D.R., Halden N.M., Koistinen T.J., Park A.F.* Structural features of basement and cover rocks in the eastern Sveccarelidides, Finland / Eds.: A. Kröner, R. Greeling // *Precambrian Tectonics Illustrated*, Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart, Germany, 1984. P. 147–171.
- Glubinnoe stroenie i sejsmichnost' Karel'skogo regiona i ego obramleniya [Deep structure and seismicity of the Karelian region and its margins] / Ed. by N.V. Sharov. Petrozavodsk: Karel'skij nauchnyj centr RAN, 2004. 353 p. (in Russian).
- Grigorieva L.V., Shinkarev N.F.* Usloviya obrazovaniya kupol'nyh struktur v Priladozh'e [Conditions for formation of dome structures in the Ladoga Lake region] // *Izvestiya AN SSSR. Seriya Geologicheskaya*. 1981. № 3. P. 41–50 (in Russian).
- Il'chenko V.L., Senchina N.P.* Volnovye priznaki razvitiya sistem tektonicheskikh narushenij vokrug struktur central'nogo tipa v variacijah form rel'efa i geohimicheskikh dannyh [Wave signs of the development of tectonic disturbance systems around the structures of the central type in variations of relief forms and geochemical data] // *Problemy tektoniki i geodinamiki zemnoj kory i mantii. Materialy L. Tektonicheskogo soveshhanija*. Moscow: GEOS, 2018. V. 1. P. 230–234 (in Russian).
- Keiding M., Kreemer C., Lindholm C.D., Gradman S., Olesen O., Kierulf H.P.* A comparison of strain rates and seismicity for Fennoscandia: depth dependency of deformation from glacial isostatic adjustment // *Geophys. J. Int.* 2015. V. 202. P. 1021–1028.
- Korchuganova N.I.* Novejshaja tektonika s osnovami sovremennoj geodinamiki. Metodicheskoe rukovodstvo. [The recent tectonics with the basics of modern geodynamics. Methodical guide]. Moscow: Geokart, GEOS, 2007. 354 p. (in Russian).
- Kulakovskiy A.L., Morozov Yu. A., Smul'skaya A.I.* Stress-metamorphism and stress-metamorphites in Precambrian of the Ladoga region // *Proceedings of the Karelian Research Center of RAS*. 2015. № 4. P. 19–35.
- Lukashov A.D.* Novejshaja tektonika Karelii [The recent tectonics of Karelia]. Leningrad: Nauka, 1976. 109 p. (in Russian).
- Lysova V.F.* Morfometrija i neotektonika Juzhnogo Timana. Dis. ... kand. geol.-mineral. n. [Morphometry and neotectonics of Southern Timan. Thesis for the degree of PhD. in Geology and Mineralogy]. Syktyvkar, 2004. 232 p. (in Russian).
- Morozov Yu.A.* O roli transpressii v formirovanii struktury Baltijskogo shhita [On the role of transpression in the forming of the structure of the Baltic Shield] // *Geotektonika*. 1999. V. 33. № 4. P. 302–313 (in Russian).
- Morozov Yu.A., Gaft D.E.* O prirode granito-gnejsovyh kupolov Severnogo Priladozh'ja [On the nature of granite-gneiss domes in the Northern Ladoga Lake region] // *Structure and petrology of Precambrian complexes*. Moscow: Izdatel'stvo Instituta Fiziki Zemli AN SSSR, 1985. P. 3–121 (in Russian).
- Polyansky O.P., Reverdatto V.V., Babichev A.V., Sverdlova V.G.* The mechanism of magma ascent through the solid lithosphere and relation between mantle and crustal diapirism: numerical modeling and natural examples // *Geology and Geophysics*. 2016. V. 57. № 6. P. 843–857.
- Simonov Yu.G.* Morfometricheskij analiz rel'efa [Morphometric analysis of relief]. Moscow-Smolensk: Izdatel'stvo SGU, 1998. 272 p. (in Russian).
- Simonov Yu.G.* Ob"yasnitel'naya morfometrija rel'efa [Explanatory morphometry of relief]. Moscow: GEOS, 1999. 251 p. (in Russian).
- Slunga R.S.* The Baltic shield earthquakes // *Tectonophysics*. 1991. V. 189. № 1–4. P. 323–331.
- Spiridonov A.I.* Geomorfologiya evropejskoj chasti SSSR [Geomorphology of the European part of the USSR]. Moscow: Vysshaya shkola, 1978. 335 p. (in Russian).
- State geological map (scale 1:200 000). Sheets P-35-XXIV, P-36-XIX / Ed. Yu.B. Bogdanov. St. Petersburg: Mineral, 2004.
- Subetto D.A.* Istorija formirovanija Ladozhskogo ozera i ego soedinenija s Baltijskim morem [History of the formation of the Ladoga Lake and its connection with the Baltic Sea] // *Obshhestvo. Sreda. Razvitie (Terra Humana)*. 2007. № 1. P. 111–120 (in Russian).
- Sudovikov N.G., Glebovitsky V.A., Sergeev A.S., Petrov V.P., Kharitonov A.L.* Geologicheskoe razvitie glubinnyh zon podvizhnyh pojasov (Severnoe Priladozh'e) [Geological Development of Deep Zones in Mobile Belts (the Northern Ladoga Lake region)]. Leningrad: Nauka, 1970. 227 p. (in Russian).
- Uski M., Hyvönen T., Korja A., Airo M-L.* Focal mechanisms of three earthquakes in Finland and their relation to surface faults // *Tectonophysics*. 2003. V. 363. P. 141–157.

Received 05.03.2018

Accepted 21.05.2018

50 ЛЕТ САТИНСКОЙ УЧЕБНО-НАУЧНОЙ БАЗЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО
ФАКУЛЬТЕТА МГУ

УДК 911.3:631.11 (470.318)

М.А. Казьмин¹, А.М. Карпачевский²ТРАНСФОРМАЦИЯ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА САТИНСКОМ УЧЕБНО-
НАУЧНОМ ПОЛИГОНЕ ЗА 40 ЛЕТ (1977–2017 гг.)

Рассмотрены основные факторы и территориальные особенности трансформации землепользования в границах Сатинского учебного полигона в Боровском районе Калужской области за период с 1977 по 2017 гг. Главными составляющими этих масштабных социально-экономических преобразований стали изменение административных границ Москвы и Московской области, приватизация земельных участков, введение платности землепользования, реорганизация сельскохозяйственных производителей и развитие многоукладности в аграрном секторе экономики, формирование земельного рынка. Использование современных статистических и картографических методов исследования позволило выделить категории земель, в большей степени изменивших свою площадь и структуру.

Ключевые слова: сельская местность, административная и земельная реформа, сельскохозяйственные и лесные угодья.

Введение. Сельская местность постоянно находится в поле зрения изучения географов, особенно, если речь идет о таких контрастных территориях, как Подмосковье, куда входит северная часть Калужской области, расположенная на границе лесной и лесостепной природных зон [Алексеев, Хромов, Шувалов, 1980; Бабурин, Битюкова, Казьмин, Махрова, 2003; Гусева, 2012; Нефедова, 2013; Нефедова, 2003; Общегеографическая практика в Подмосковье, 2007; Саушкин, 1947]. Эта часть центральной России отличается от других сельских регионов России еще и тем, что здесь на рубеже Калужской и Московской областей в условиях выгодного экономико-географического положения в последние десятилетия происходят масштабные социально-экономические преобразования, в первую очередь связанные с реализацией административной и земельной реформ. Эти преобразования напрямую сказываются на изменении функций, которые выполняет эта территория, что прежде всего отражается на характере землепользования.

Материалы и методы исследований. Одним из наиболее распространенных методов географического изучения сельской местности является функциональный подход, позволяющий на основе анализа характера землепользования и особенностей его трансформации выделить совокупность главных предназначений данной территории. В работах С.А. Ковалева и А.И. Алексеева были определены функции сельской местности, среди которых основными для таких высокоурбанизированных

территорий, как столичный регион, являются: селитебная (воспроизводство и размещение населения); охрана природы (функционирование охраняемых природных территорий); рекреация (главным образом для городского населения); пространственно-коммуникационная (функционирование транспортной и инженерной инфраструктуры); историко-культурная и сельскохозяйственная (производство малотранспортабельной и скоропортящейся продукции и частичная ее переработка) [Алексеев, 1990; Ковалев, 1980].

Для получения наглядного представления о динамике землепользования изучаемой территории и проведения ее количественной оценки мы использовали картографические материалы за 1977 и 2017 гг. Источником информации на 1977 г. послужила карта земельных угодий совхоза «Первомайский» Боровского района Калужской области. На этой карте масштаба 1:10 000 отображены текущие на тот момент границы лесных и сельскохозяйственных угодий, населенных пунктов, дороги и гидрографическая сеть. Сельскохозяйственные угодья подразделены на пашни, сенокосы и пастбища.

Для оценки современного состояния землепользования была задействована Публичная кадастровая карта, опубликованная на сайте Публичной кадастровой карты [Публичная кадастровая карта]. Данный источник позволяет разделить участки по их целевому назначению на земли населенных пунктов, сельскохозяйственного назначения и лесного фонда. Для уточнения современных границ земельных угодий и прежде всего сельскохозяйственных

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, доцент, канд. геогр. н.; e-mail: makazik@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, аспирант; e-mail: karpach-am@yandex.ru

участков, а также для оценки их культуртехнического состояния использованы открытые высокодетальные данные космической съемки [Google Карты].

Все интересующие категории земель были оцифрованы в ГИС-пакете ArcGIS 10.5 и занесены в соответствующие слои базы пространственных данных с указанием атрибута типа объекта и его назначения. На основе геометрии оцифрованных объектов рассчитаны площади земель по следующим категориям: земли населенных пунктов, земли лесного фонда, земли сельскохозяйственного назначения, в том числе садоводческие товарищества, кладбища и прочие земли. Результаты представлены в виде двух карт на соответствующие периоды (рис. 1).

Результаты исследований и их обсуждение.

Первым шагом социально-экономических преобразований на селе стала реализация комплекса мер, направленных на изменение административно-территориального устройства и уточнение границ муниципалитетов. В результате этих преобразований вместо Совьяковского, Сатинского и Атрепьевского сельских советов с небольшим числом постоянных жителей за счет объединения в 2005 г. была создана Совьяковская сельская администрация, а затем новое муниципальное образование – «Сельское поселение «Деревня Совьяки». Границы вновь образованного поселения проводились с учетом местных исторических, природных и социально-экономических характеристик. Также принимались во внимание особенности развития социальной, инженерной и транспортной инфраструктуры данной территории.

В настоящее время новое муниципальное образование является одним из пяти аналогичных сельских структур в Боровском районе, которое отличаются большая площадь подведомственной территории и небольшая численность постоянных жителей (около 1,5 тыс. чел.). В данное сельское поселение входит 28 сел и деревень, 14 из которых с населением около 800 чел. попадают в границы Сатинского учебного полигона.

В результате реорганизации местного самоуправления и делимитации внешних границ, центром нового поселения стала деревня Совьяки, где расположены сельские органы исполнительной и представительной ветвей власти, главными задачами которых является управление муниципальной собственностью и финансовыми ресурсами. Здесь же расположена администрация сельскохозяйственного предприятия СПК Сельскохозяйственная артель (колхоз) «Первомайский» – самого крупного землепользователя на территории Сатинского учебного полигона.

В настоящее время учебный полигон площадью около 5 тыс. га имеет достаточно компактную территорию, в центре которой расположена Сатинская учебно-научная станция. Максимальное расстояние от станции до наиболее удаленных частей полигона не превышает 5–6 км, кратчайшее расстояние до

д. Совьяки – 3,7 км, а до г. Боровск – 3,9 км. Общая протяженность рубежей полигона составляет 40,3 км. Наиболее значимыми участками являются: административная граница с Московской областью протяженностью 12,5 км и с городом Боровск – 9,1 км. Меньшая часть границы учебного полигона соседствует с другими землепользователями данного муниципального образования и прежде всего с такими линейными объектами, как автодорога регионального значения Боровск – Федорино на юге и с газопроводом высокого давления на северо-востоке.

Наиболее существенные изменения в землепользовании на территории Сатинского учебного полигона произошли в начале 1990-х годов, когда в стране было положено начало масштабной земельной реформе, основными составляющими которой стали приватизация сельскохозяйственных и селитебных земель, платность землепользования и организация земельного рынка. До 1990 г. в условиях государственной собственности на землю серьезных изменений в характере землепользования на изучаемой территории не наблюдалось, за исключением предоставления возможности городским жителям покупки домов с приусадебным участком в сельской местности.

Сравнивая данные о площадях и структуре земельного фонда в границах учебного полигона, следует отметить, что к 2017 г. более всего изменились массивы селитебных земель, которые выросли почти в 4,7 раза в основном за счет примыкающих к сельским поселениям сельскохозяйственных угодий (табл. 1). С другой стороны, площадь земель сельскохозяйственного назначения сократилась на 20,5%, при этом более 400 га оставшихся угодий сохранили свое целевое назначение, хотя и были проданы коммерческим структурам под коллективное садоводство и дачное строительство.

Дешифрирование космических снимков учебного полигона позволило установить, что значительная часть современных сельскохозяйственных угодий находится в неудовлетворительном культурно-техническом состоянии. Так, в настоящее время более половины площади природных кормовых угодий и почти каждый седьмой гектар пашни зарастают кустарником и мелколесьем. Эта негативная ситуация в большей мере характерна для наиболее удаленных от дорог и населенных пунктов участков сенокосов, пастбищ и обрабатываемых земель. Наиболее отчетливо эта картина проявляется на сельскохозяйственных землях, расположенных в районе деревень Рыжково, Аграфенино и Маломарово. Небольшие массивы сельскохозяйственных угодий были переведены в категорию земель лесного фонда, поскольку они полностью заросли деревьями.

К категории прочих земель, площадь которых за исследуемый период выросла почти на 40%, относятся кладбища, землеотводы карьеров, где ведется добыча строительных материалов, охранные коридоры инженерных коммуникаций, зоны охраны

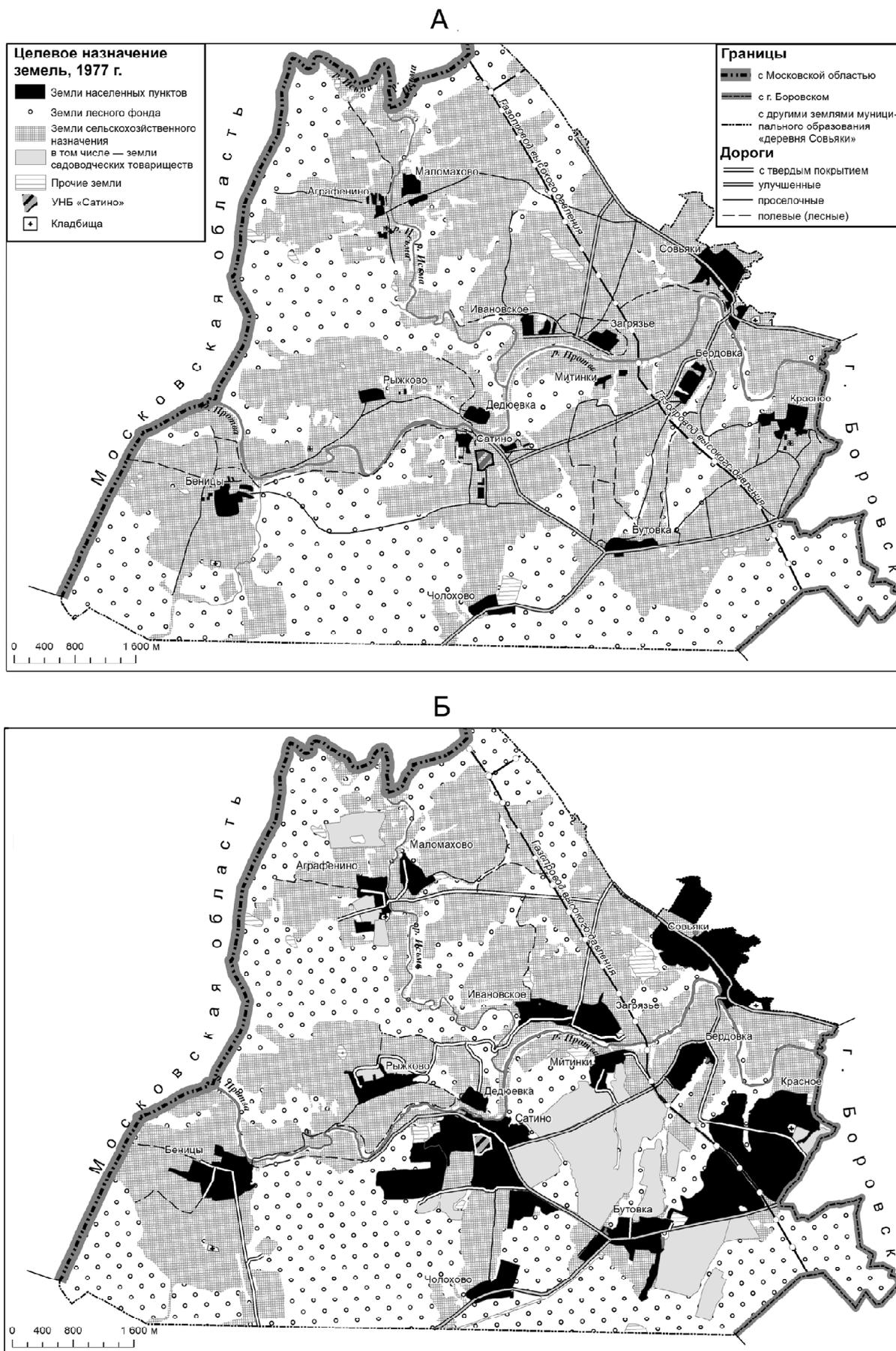


Рис. 1. Землепользование на территории Сатинского учебного полигона в 1977 (А) и 2017 (Б) гг. Составлено авторами

Fig. 1. Land use within the Satino training station in 1977 (A) and 2017 (B). Compiled by the authors

Таблица 1

**Динамика площади и структуры земель Сатинского учебного полигона за период с 1977 по 2017 г.
Рассчитано авторами**

Категория земель	1977 г.		2017 г.		Изменение площади к 2017 г.	
	площадь, га	% от итога	площадь, га	% от итога	га	%
Земли населенных пунктов	144,5	2,6	676,6	12,1	+532,1	+368,2
Земли сельскохозяйственного назначения	2980,7	53,3	2369,9	42,4	-610,8	-20,5
в том числе: садоводческие товарищества	0,0	0,0	416,1	7,4	+416,1	-
Земли лесного фонда	2380,3	42,6	2426,6	43,4	+46,3	+1,9
Прочие земли	83,0	1,5	115,4	2,1	+32,4	+39,0
Итого земель в границах Сатинского полигона	5588,5	100,0	5588,5	100,0	0,0	0,0

памятников культурного наследия, санитарно-защитные зоны объектов транспорта и коммунального хозяйства, а также водоохранные зоны рек и водоемов.

В середине 1990-х годов администрацией Боровского района проведена инвентаризация земель населенных пунктов с целью уточнения юридического статуса и границ землевладений для дальнейшей организации земельного кадастра. В ходе полевых и камеральных работ уточнены списки землепользователей, зафиксированы вновь появившиеся объекты и выявлены неиспользуемые земли. При сравнении результатов инвентаризации с данными, которыми располагали местные органы власти, выяснилось, что в каждом населенном пункте наблюдаются существенные расхождения, как по площади земель, так и по числу землевладений. Так, суммарная площадь земель 14-ти деревень, расположенных в границах Сатинского учебного полигона, превышала данные муниципального учета почти на 80 га или 22,2%, а число землевладельцев по результатам инвентаризации стало больше на 1026 единиц или в 2,2 раза.

Дальнейшая реализация земельной реформы привела к значительному росту земель сельских населенных пунктов, куда для их дальнейшего развития администрацией района были включены сельскохозяйственные угодья, расположенные в непосредственной близости от этих деревень. Так, сельские населенные пункты, имеющие более выгодное транспортно-географическое положение по отношению к районному центру, увеличили свою территорию в несколько раз. Лидерами по этому показателю стали деревни Бутовка, Сатино, Красное и Митинки. В отличие от других, эти населенные пункты расположены как вблизи районного центра, так и рядом с новой асфальтированной автодорогой, построенной для обхода г. Боровск и имеющей выход на трассу федерального значения Московское большое кольцо (табл. 2).

Для определения границ агломерационных образований на территории Сатинского учебного по-

лигона, использован метод «плавающего диска», разработанный В.П. Семеновым-Тян-Шанским для составления дазиметрических карт. Этот метод позволяет выделить совокупность населенных пунктов, границы между которыми не превышают 1 км – среднего расстояния, которое житель сельской местности может пройти пешком за один раз. Обводя этим диском по границам деревень можно обрисовать агломерированные формы расселения. На рассматриваемой территории «плавающим диском» последовательно были обведены все сельские населен-

Таблица 2

Динамика площади сельских населенных пунктов Сатинского учебного полигона за период с 1977 по 2017 г. Рассчитано авторами

Населенный пункт	Площадь в границах деревень, га		Изменение площади к 2017 г.	
	1977 г.	2017 г.	га	%
Аграфенино	5,0	18,0	+13,0	+258,5
Беницы	15,6	42,6	+27,0	+174,1
Бердовка	10,2	22,2	+12,0	+117,1
Бутовка	11,0	44,3	+33,3	+303,6
Дедюевка	6,1	7,5	+1,4	+22,6
Загрязь	8,4	25,6	+17,2	+203,4
Ивановское	7,1	20,7	+13,6	+190,3
Красное	16,0	184,4	+168,4	+1050,2
Маломахово	7,9	13,8	+5,9	+74,2
Митинки	2,7	15,3	+12,6	+465,4
Рыжково	6,0	21,8	+15,8	+261,5
Сатино	7,8	141,2	+133,4	+1717,0
Совьяки	32,4	99,1	+66,7	+205,9
Чолохово	8,3	20,2	+11,9	+144,4
Итого	144,5	676,6	+532,1	+368,2

ные пункты. В итоге получилась некая совокупность ареалов деревень, являющихся агломерационными образованиями. На рис. 2 отчетливо видна агломерация, включающая г. Боровск и практически все сельские населенные пункты на территории Сатинского учебного полигона, за исключением наиболее отдаленных деревень Беницы, Аграфенино и Маломахово, две последние из которых также образуют собственную небольшую по площади и числу жителей сельскую агломерацию.

Помимо перераспределения земель между сельскохозяйственными организациями и населенными пунктами, земельная реформа предполагала реорганизацию действующих агропредприятий и создание альтернативных производителей продукции растениеводства и животноводства в виде крестьянских (фермерских) и личных подсобных хозяйств (ЛПХ), расширение сети коллективных садоводческих товариществ.

В период с 1971 по 1992 гг. сельскохозяйственные угодья северо-западной части Боровского района находились в ведении совхоза «Первомайский». Это крупное сельскохозяйственное предприятие было образовано за счет слияния двух колхозов – «имени 1 Мая» с центром в д. Совьяки и «Восход» (д. Сатино). В дальнейшем совхоз был преобразо-

ван в акционерное общество «Родина», а затем – в СПК «Сельскохозяйственная артель (колхоз) «Первомайский», первоначальная площадь земель которого значительно уменьшилась за счет включения части угодий в границы сельских поселений и передачи фермерам и в ЛПХ. В результате реформирования часть земель сельскохозяйственного назначения перешла в другие категории и прежде всего в земли поселений.

В ходе приватизации земель совхоза «Первомайский» все массивы пашни и природных кормовых угодий были разделены между сельскими жителями со средним размером пая около 5 га. В дальнейшем акционерному обществу «Родина», созданному на базе совхоза, было передано в собственность для сельскохозяйственного производства около 2,5 тыс. га земельных угодий и в бессрочное (постоянное) пользование около 1,2 тыс. га лесных земель, расположенных в границах хозяйства. Помимо земель сельскохозяйственного назначения были приватизированы участки под частными домохозяйствами и земли ЛПХ в границах сельских населенных пунктов.

Наряду с реорганизацией самого крупного в этой части Боровского района совхоза, происходило расширение сети малых предприятий и увели-

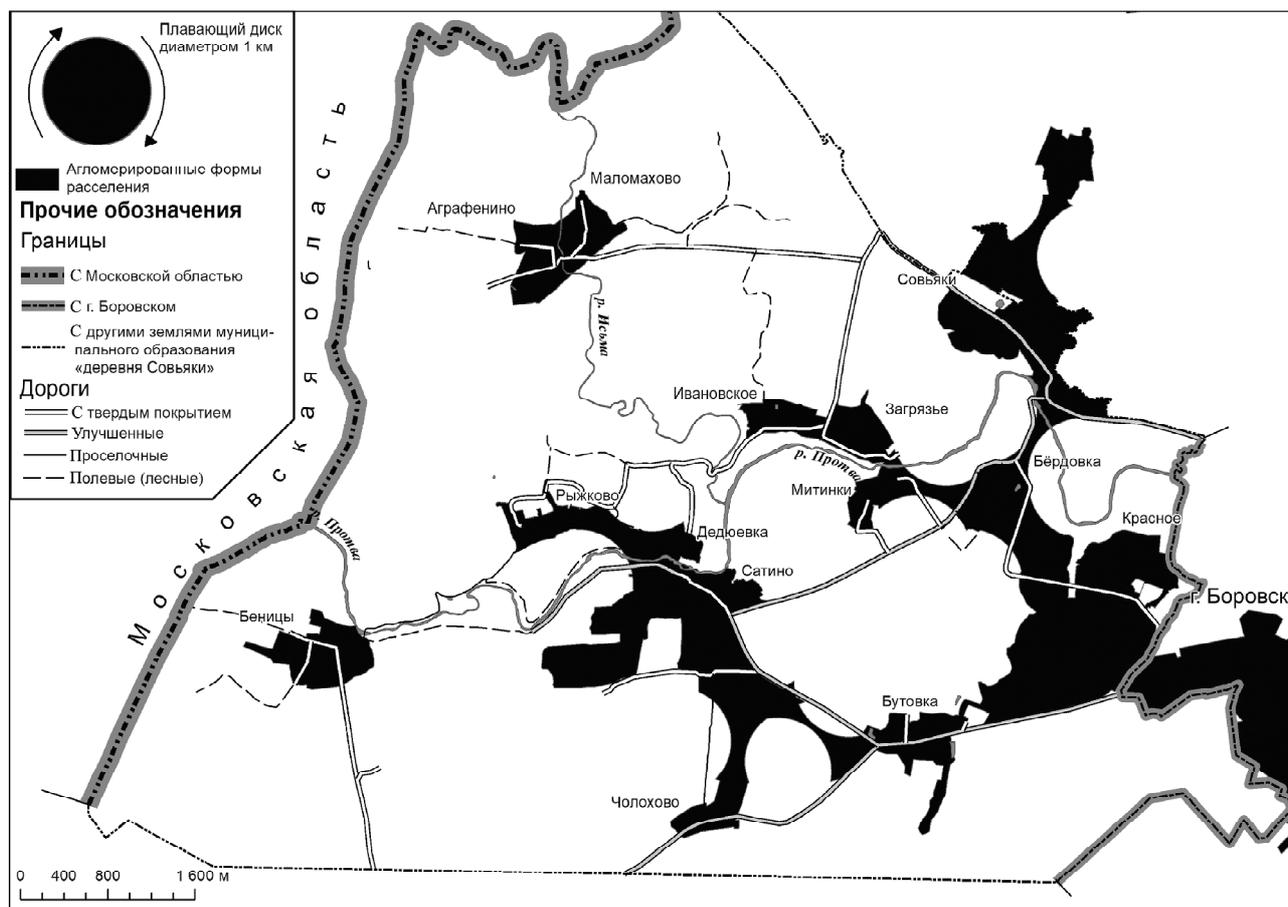


Рис. 2. Агломерированные формы расселения на территории Сатинского учебного полигона в 2017 г. Составлено авторами

Fig. 2. Agglomerated forms of settlement within the Satino training station in 2017. Compiled by the authors

чение площади хозяйств граждан. Особенно активно эта работа проводилась в первой половине 1990-х годов, когда в границах Сатинского учебного полигона было зарегистрировано около 40 крестьянских (фермерских) хозяйств, которым было передано около 600 га сельскохозяйственных угодий, ранее используемых совхозом «Первомайский». Большая часть земель выделялась фермерам компактными участками вблизи населенных пунктов Бутовка, Сатино, Аграфенино и Беницы. В большинстве случаев это были небольшие по площади земельные наделы, как правило, не превышающие размера среднерайонного земельного пая. Со временем фермеры покупали дополнительные участки угодий или арендовали землю у других сельхозпроизводителей или у муниципалитета.

К настоящему времени число фермеров и обрабатываемые ими земли значительно сократились, прежде всего, по причине низкой экономической эффективности сельскохозяйственного производства в условиях отсутствия серьезной государственной поддержки малого предпринимательства. В данной ситуации многие фермеры были вынуждены продавать земельные угодья, принадлежащие им на праве частной собственности. При этом данные угодья по-прежнему относятся к землям сельскохозяйственного назначения и без серьезного обоснования они не могут быть переведены в другую категорию земель.

В начале 1990-х годов на землях сельскохозяйственного назначения активно развивалось коллективное садоводство. Земельные участки отводились предприятиям и учреждениям города Боровск и Боровского района вблизи населенных пунктов Бутовка, Красное и Сатино. Реже садоводческие кооперативы создавались организациями Москвы и Московской области и, как правило, для них участки выделялись в отдаленных частях сельской администрации (деревни Аграфенино и Рыжково). К началу третьего тысячелетия на территории Сатинского учебного полигона под коллективным садоводством было занято около 60 га сельскохозяйственных земель для 760 семей.

В 2000-е годы в Боровском районе в условиях становления земельного рынка и дальнейшего развития инженерной, социальной и транспортной инфраструктуры значительные массивы земель сельскохозяйственного назначения были проданы несельскохозяйственным учреждениям для устройства садовых и дачных товариществ. Так, на пахотных землях общей площадью около 300 га, ранее выделенных фермерам вблизи населенных пунктов Сатино, Бутовка, Митинки и Красное, в рамках реализации проекта «Боровск Гольф Эко-Курорт» были организованы новые садоводческие и дачные кооперативы «Солнечная долина» и «Солнечная слобода». Эти земельные массивы были разделены на 322 участка, площадь каждого из которых варьирует от 12 соток до 5,4 га.

В новых условиях, когда поменялся вид разрешенного использования земель, на этих участках

законодательно допускается подведение современной инженерной инфраструктуры, жилищное строительство, регистрация, постоянное и сезонное проживание граждан. Реализация данного проекта направлена на дальнейшее развитие рекреационных и селитебных функций на землях сельскохозяйственного назначения. В последние годы интерес к земельным участкам подобного рода усилился в связи с расширением границ Московской агломерации и рубежей столицы за счет «Новой Москвы», кратчайшее расстояние до которой от Сатинской учебно-научной базы составляет около 40 км. Выгодное пристоличное положение сельской местности усиливается наличием этнографического парка в д. Петрово и высокой рекреационной ценностью природных ландшафтов, расположенных вдоль р. Протвы.

О развитии рекреационных функций на данной территории свидетельствует тот факт, что в большинстве сельских населенных пунктов сезонное население многократно превышает численность постоянных жителей. Сравнение числа хозяйств в населенных пунктах с численностью постоянного населения указывает на то, что только в 2 из 14 деревень (Бутовка и Совьяки) большинство домовладений принадлежат местным жителям. В остальных случаях собственниками домов и земельных участков являются преимущественно жители Москвы и Московской области, перевес которых наиболее велик в небольших и наиболее отдаленных населенных пунктах – Митинки, Беницы, Рыжково, Аграфенино, Ивановское и Загрязье, где их доля превышает 75%.

Выводы:

– за исследуемый период в границах Сатинского учебного полигона произошли кардинальные изменения в характере землепользования, выразившиеся прежде всего в изменении форм собственности на землю и в соотношении массивов отдельных категорий земель. Наиболее активно процессы приватизации и перераспределения земель имели место в последнем десятилетии XX столетия, что связано с началом масштабной реализации административной и земельной реформ в стране и в большинстве ее регионов;

– в настоящее время около половины площади земельных угодий на полигоне находится в частной собственности. В первую очередь это относится к землям сельскохозяйственного назначения, землям поселений, садоводческих и дачных товариществ. Исключение составляют участки лесного и водного фондов, транспорта и объектов инженерной инфраструктуры, находящиеся в государственной или муниципальной собственности;

– в условиях проводимых социально-экономических преобразований на изучаемой территории произошло изменение приоритетов в характере землепользования. Если в начале исследуемого периода сельская местность Боровского района рассматривалась, прежде всего, как поставщик сельскохозяйственной продукции в Москву и ее пригородную зону, то в настоящее время местные

органы власти в первую очередь реализуют положения нового генерального плана развития муниципального образования, связанные с созданием комфортной среды обитания постоянного и сезонного населения;

– в границах всех населенных пунктов, в садоводческих и дачных кооперативах имеют место дальнейшее освоение свободных земельных участков, новое строительство и капитализация существующих жилых и хозяйственных построек благодаря развитию инженерной, транспортной и социальной ин-

фраструктуры, что в дальнейшем при необходимости позволит включить эти товарищества в границы деревень. В этом случае будет меняться конфигурация агломерированных образований за счет расширения селитебных земель;

– на изучаемой территории продолжается процесс «деаграризации», что проявляется как в сокращении площади используемых в сельском хозяйстве земель, ухудшении их культурно-технического состояния, так и в результате острой нехватки трудовых ресурсов в аграрном секторе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев А.И. Многоликая деревня. М.: Мысль, 1990. 266 с.

Алексеев А.И., Хромов П.С., Шувалов В.Е. Материалы географических исследований Сатинского учебного полигона и смежных территорий в бассейне Средней Протвы // Результаты экономико-географических исследований 1972–1974 гг. М.: ВИНТИ, 1980. Вып. IV. 30 с.

Бабурин В.Л., Битюкова В.Р., Казьмин М.А., Махрова А.Г. Московский столичный регион на рубеже веков: новейшая история и пути развития. Смоленск: Ойкумена, 2003. 184 с.

Гусева Е.С. Трансформация функций сельской местности Подмосковья за 20 лет рыночных преобразований // Региональные исследования. 2012. № 2. С. 47–58.

Ковалев С.А. Изучение сельской местности в экономической и социальной географии // Вопросы географии. 1980. Сб. 115. С. 172–174.

Нефедова Т.Г. Десять актуальных вопросов о сельской России: ответы географа. М.: ЛЕНАНД, 2013. 456 с.

Нефедова Т.Г. Сельская Россия на перепутье. М.: Новое издательство, 2003. 405 с.

Общегеографическая практика в Подмосковье. М.: Географический факультет МГУ, 2007. 360 с.

Саушкин Ю.Г. Географические очерки природы и сельскохозяйственной деятельности населения в различных районах Советского Союза. М.: Географгиз, 1947. 424 с.

Публичная кадастровая карта. URL: <http://pkk5.rosreestr.ru> (Дата обращения: 19.03.2018).

Google Карты. URL: <http://www.google.ru/maps> (Дата обращения: 19.03.2018).

Поступила в редакцию 20.03.2018

Принята к публикации 21.05.2018

М. А. Kazmin¹, А. М. Karpachevsky²

TRANSFORMATION OF LAND USE WITHIN THE SATINO TRAINING STATION OVER 40 YEARS (1977–2017)

The study considers the main factors and territorial features of land use transformation within the boundaries of the Satino training station in the Borovsk district of the Kaluga region for the period from 1977 to 2017. The main components of these large-scale socio-economic transformations were the change of administrative boundaries of Moscow and the Moscow region, privatization of land, introduction of land use payment, reorganization of agricultural producers and the development of multi-structure in the agricultural sector of the economy, as well as the formation of land market. The use of modern statistical and cartographic methods of research has allowed to identify the categories of land, which have to a greater extent changed their area and structure.

Key words: rural area, administrative and land reform, agricultural and forest lands.

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, Associate Professor, PhD. in Geography; *e-mail:* makazik@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatics, post-graduate student; *e-mail:* karpach-am@yandex.ru

REFERENCES

- Alekseev A.I.* Mnogolikaya derevnya [The many faces of a village]. Moscow: Mysl', 1990. 266 p. (in Russian).
- Alekseev A.I., Hromov P.S., Shuvalov V.E.* Materialy geograficheskikh issledovanij Satinskogo uchebnogo poligona i smezhnyh territorij v bassejne Srednej Protvy [Materials of geographical studies of the Satino training station and adjacent territories in the basin of the Middle Protva River] // Rezul'taty ehkonomiko-geograficheskikh issledovanij, 1972–1974 gg. Moscow: VINITI, 1980. V. 4. 30 p. (in Russian).
- Baburin V.L., Bityukova V.R., Kaz'min M.A., Mahrova A.G.* Moskovskij stolichnyj region na rubezhe vekov: novejschaya istoriya i puti razvitiya [Moscow capital region at the turn of the century: modern history and development]. Smolensk: Ojkumena, 2003. 184 p. (in Russian).
- Google Maps. <http://www.google.ru/maps>.
- Guseva E.S.* Transformaciya funkcij sel'skoj mestnosti Podmoskov'ya za 20 let rynochnyh preobrazovanij [Transformation of rural area functions in the Moscow region over 20 years of market reforms] // Regional'nye issledovaniya. 2012. № 2. P. 47–58 (in Russian).
- Kovalev S.A.* Izuchenie sel'skoj mestnosti v ehkonomicheskoj i social'noj geografii [Study of rural areas in economic and social geography] // Voprosy geografii. 1980. Iss. 115. P. 172–174 (in Russian).
- Nefedova T.G.* Desyat' aktual'nyh voprosov o sel'skoj Rossii: Otvetny geografa [Ten pressing questions about rural Russia: the responses of a geographer]. Moscow: LENAND, 2013. 456 p. (in Russian).
- Nefedova T.G.* Sel'skaya Rossiya na pereput'e [Rural Russia at the crossroads]. Moscow: Novoe izdatel'stvo, 2003. 405 p. (in Russian).
- Obschegeograficheskaya praktika v Podmoskov'e [General geographic practical training in the Moscow region]. Moscow: Geograficheskij fakul'tet MGU, 2007. 360 p. (in Russian).
- Publichnaya kadastrvaya karta [Public cadastral map]. <http://pkk5.rosreestr.ru>. (in Russian).
- Saushkin Yu.G.* Geograficheskie ocherki prirody i sel'skohozyajstvennoj deyatel'nosti naseleniya v razlichnyh rajonah Sovetskogo Soyuzha [Geographical sketches of nature and agricultural activities of the population in different regions of the Soviet Union]. Moscow: Geografiz, 1947. 424 p. (in Russian).

Received 20.03.2018

Accepted 21.05.2018

УДК 528.9 (075.8), 581.526.55(470)

И.М. Микляева¹, Н.Г. Кадетов², Е.Г. Суслова³, О.В. Вахнина⁴

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПОЛИГОНА САТИНСКОЙ УЧЕБНО-НАУЧНОЙ СТАНЦИИ

Рассмотрены особенности динамики флоры и растительных сообществ полигона Сатинской учебно-научной станции географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (Боровский район Калужской области) за пятидесятилетний период, в том числе за девятилетний период – особенности сезонной динамики и флуктуации разных типов лугов долины р. Протвы и обусловленные ими изменения величины фитомассы и значений нормализованного разностного вегетационного индекса NDVI, полученного при наземном спектрометрировании.

На основе собранных материалов составлена и постоянно пополняется база данных о динамическом состоянии различных компонентов растительного покрова полигона. Эти данные используются при проведении учебной практики студентов первого курса географического факультета и будут положены в основу легенды обновляемой карты растительности.

Ключевые слова: мониторинг флоры и растительности, фиторазнообразие, современное состояние растительности, сезонная динамика лугов, флуктуации лугов, NDVI.

Введение. Мониторинг растительного покрова на полигоне Сатинской учебно-научной станции географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (УНС-Сатино) проводится с 1968 г. Полигон площадью около 20 км² расположен в северной полосе зоны широколиственно-хвойных лесов европейской части России вблизи границы с ее южной полосой (Калужская область, Боровский район). Он находится в бассейне среднего течения р. Протвы. Растительный покров полигона имеет сходные черты с растительностью северной части Калужской и западной части Московской областей, а также сходные формы хозяйственного использования. На плакорах здесь распространены широколиственно-хвойные леса и их дериваты, по склонам долин рек – широколиственные и фрагменты сосновых лесов, по понижениям встречаются небольшие по площади низинные болота. В долине р. Протвы преобладают влажные, реже встречаются свежие и сырые луга. На сельскохозяйственные угодья, включая залежные земли и сеяные луга, приходится до 50% общей площади полигона.

Многолетние ботанико-географические исследования на полигоне направлены на выявление изменений его ботанического разнообразия, в том числе на уточнение состава и структуры флоры, а также структуры, современного состояния, особенностей распространения и разнообразия растительных сообществ.

Цель работы – рассмотрение многолетней динамики растительного покрова полигона УНС-Сатино. Для ее решения выполнялись следующие за-

дачи: актуализация флоры; выявление направленности изменения лесопокрываемых площадей; характеристика разнородных и сезонных изменений видового состава долинных лугов и их влияния на величину продукции и NDVI.

Краткая история изучения динамики растительного покрова. С 1968 г. на территории полигона УНС-Сатино ежегодно проводится комплексная общегеографическая практика студентов первого курса, включая ботанико-географическую практику. Одновременно исследуются флора и растительность полигона. В их изучение огромный вклад внесли Н.А. Егорова, Н.Я. Таскаева и Н.Л. Соколова, составившие первые описания флоры и растительности и собравшие справочный гербарий, длительное время служивший наглядным пособием для студентов и преподавателей полевых практик. Первые научные результаты, обобщенные Н.А. Егоровой и Н.Я. Таскаевой [1972], содержат флористический список, состоящий из 574 видов, относящихся к 323 родам и 84 семействам, а также общие сведения о характере растительности.

В конце 70-х годов список флоры полигона и его окрестностей дополнен 93 видами, в том числе редкими и охраняемыми [Таскаева с соавт., 1979], в него вошли 667 видов, 358 родов и 89 семейств. Доля флоры полигона от флоры Калужской области в тот период составила соответственно около 67, 84 и 90% (около 45, 61 и 71% в сравнении с современными данными [Калужская ..., 2010]), а доля адвентивной фракции не превышала 20% от общего числа видов. Для начального периода исследований фло-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, канд. геогр. н., доцент; *e-mail:* inessa-miklyaeva@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, магистр географии, науч. с.; *e-mail:* biogeonk@mail.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, канд. геогр. н., доцент; *e-mail:* lena_susl@mail.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, лаборатория аэрокосмических методов, науч. с.; *e-mail:* vachnina-ov@yandex.ru

ра полигона и его окрестностей была выявлена достаточно полно, что позволяет рассматривать ее как экологически дифференцированную «конкретную флору» однородной фитоценозы крупного масштаба. Однако в списке, опубликованном в 1979 г., выявлены некоторые ошибки в определении видов растений и неточные привязки некоторых сборов.

В 80–90 гг. специальные флористические исследования на полигоне практически не проводились. В начале 2000-х годов в список флоры добавлены новые виды, включенные затем в монографию по флоре области, исключены некоторые отсутствующие на полигоне виды [Замесова, Серегин, 2006; Калужская ..., 2010]. С 2010 г. работы по обновлению списка флоры полигона проводятся по нескольким направлениям: поиск не отмеченных ранее видов, актуализация сведений о включенных в список аборигенных видах, проверка спорных и сомнительных указаний наличия или отсутствия на полигоне тех или иных видов, выявление адвентивной фракции флоры.

Таким образом, в настоящее время назрела необходимость инвентаризации флоры полигона, уточнения сведений о распространении видов на полигоне, а также публикации актуального флористического списка согласно современной номенклатуре.

За продолжительный период произошли значительные изменения в растительном покрове. Основой для изучения динамики служат работы, опубликованные в семидесятых годах в депонированных сборниках [Сулова, 1977], а также труды А.И. Алексеева, А.К. Евдокимовой, Д.Н. Козлова, В.А. Низовцева, и других исследователей [Алексеев с соавт., 1977]. В результате хозяйственной деятельности и естественной динамики изменилось соотношение лесопокрытых площадей на плакорах, а также – структура лесных сообществ; отмечены восстановительные сукцессии на пашнях, выведенных из сельскохозяйственного оборота. Произошла смена видового состава лугов долины р. Протвы в результате проведенного в начале 2000 г. и в 2010 г. коренного преобразования влажных лугов – распашки и посева кормовых трав на сенокосных угодьях и пастбищах крупного рогатого скота; а в последнее десятилетие – рекреационного использования влажных и свежих лугов.

Материалы о растительности полигона и прилегающей территории в 1974 г. были обобщены и представлены на карте растительности полигона, масштаба 1:5000, составленной под руководством Г.Н. Огуревой. Картографирование растительного покрова проводилось по регулярной сетке трансект, заложенных через 100 м, на которых через 50 м делали краткие описания фитоценозов, а на типичных участках – полные описания ассоциаций. Карта растительности была обновлена в 2000 г. в масштабе 1:25 000 [Лурье с соавт., 2006]. Основной картографируемой единицей является растительная ассоциация. Для лесов полигона установлено 16 классов ассоциаций, объединяющих 21 эпиассоциацию.

В 2005 г. совместно с сотрудниками кафедры картографии и информатики, при участии аспиранта Д.И. Михайлова, для второй (векторной) версии ГИС-Сатино, наряду с другими, разработан блок «Биота», состоящий из пяти слоев: «Растительность», «Грибы», «Ягоды и плоды», «Лекарственные растения» и «Местообитания животных». На созданной карте растительности были учтены изменения в состоянии лесов и лугов за истекший период, без существенной переработки легенды [Лурье с соавт., 2006]. Наиболее полно были обследованы сообщества на профилях и учебных маршрутах, на других участках детальные обследования не проводились. Для обновления имеющейся карты растительности на основе современных космических снимков высокого разрешения и создания ее электронной версии необходимы новые наземные полевые обследования, особенно на территории от д. Бутовки до с. Беницы.

Исследования разногодичных (флуктуаций) и сезонных изменений видового состава лугов долины р. Протвы, а также связанных с ними изменениями количества и качества формируемой фитомассы и отражательной способности лугов, проводятся с 2008 г. совместно с сотрудниками кафедры картографии и геоинформатики, лаборатории аэрокосмических методов. Луга – наиболее динамичный тип растительности, в котором сезонные и разногодичные изменения видового состава, структуры и величины продукции обусловлены различиями сезонных ритмов развития растений разных жизненных форм, динамикой экологических и метеорологических параметров, а также формы и интенсивности хозяйственного использования. Изменения состава доминантов существенно влияют на отражательную способность лугов, вызывая изменения в окраске, расположении листьев в пространстве (горизонтальное, вертикальное и др.), их формы и соответственно – на результаты спектрометрирования. Флуктуация сильнее проявляется на пойменных лугах с неустойчивым паводковым режимом. На лугах со средними условиями увлажнения они выражены во влажные годы, а на сырых лугах флуктуация практически незаметна [Работнов, 1974].

Материалы и методы. Для уточнения состава флоры полигона в течение семи последних лет проведена ревизия гербарных сборов, хранящихся на УНС-Сатино и в гербарии географического факультета МГУ (MWG), насчитывающих более 1000 листов. Организованы дополнительные маршруты (общая протяженность более 250 км) для обследования редко посещаемых частей полигона, весной и в конце лета проведены маршруты общей протяженностью более 150 км. Особенности расселения адвентивных видов за пятнадцатилетний период установлены путем сравнения видового состава геоботанических описаний, введенных в базу данных.

Изменение лесистости полигона рассмотрено за период с 2000 по 2015 гг. Использованы карта «Растительность полигона» [Лурье с соавт., 2006] и ее модификация, составленная в 2015 г. на основе мар-

шрутных наблюдений и дешифрирования снимка Landsat-8.

Сезонная и многолетняя динамика лугов рассмотрена по результатам наблюдений на девяти мониторинговых площадях в 100 м², девяти постоянных и более 50 временных учетных площадках в 0,25 м², на которых получены 162 укоса и более 900 синхронных измерений наземного спектрометрирования. Геоботанические описания лугов составлены по стандартной методике с измерением границ (нижней и верхней) трех основных фитоценологических горизонтов (слоев), отражающих распределение фитомассы по высоте. Наземное спектрометрирование полевым спектрометром SpectroSense2 (компания SkyeInstruments), регистрирующим излучение 650 и 800 нм, проведено по ранее разработанной методике в околополуденные часы [Микляева, Вахнина, 2016]. Величина NDVI на учетных площадках рассчитана по результатам пяти измерений, среднее отклонение ее значений при одинаковых метеословиях составляет ±0,2–0,3%. Значения NDVI сравнивались с сырой продукцией в г/0,25 м².

Влияние сезонной динамики на величину NDVI установлено по серии спектрометрирования лугов с интервалом около десяти дней с конца мая – начала периода формирования фитомассы, до последней декады июля – максимального накопления, а также однократно в конце сентября в фазу затухания вегетации.

Результаты исследований. Актуализация флоры полигона. В ходе исследований были обнаружены 27 ранее не отмечавшихся аборигенных видов, в том числе редкие и охраняемые: многорядник Брауна (*Polystichum braunii* (Spenn.) Fee), баранец обыкновенный (*Heperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et Mart.), лютик длиннолистный (*Ranunculus lingua* L.).

В течение последнего десятилетия с помощью маршрутных обследований полигона выявлено отсутствие некоторых видов, указанных в первой сводке по флоре [Егорова, Таскаева, 1972]. Так, в 2013 и 2015 гг. в ходе весеннего обследования широколиственных лесов полигона, в том числе липового широколиственного леса на крутом склоне долины р. Исьмы установлено, что хохлатка полая (*Corydalis cava* (L.) Schweigg. et Körte), имеющая светлоцветковые формы, ранее была неверно определена как хохлатка Маршалла (*Corydalis marschalliana* (Pallas ex Willd.) Pers.).

За последнее десятилетие на полигоне впервые выявлены 62 вида адвентивных растений, в том числе многие агрессивные, распространяющиеся на лугах – ослинник двулетний (*Oenothera biennis* L.), золотарник канадский (*Solidago canadensis* L.) и золотарник гигантский (*S. gigantea* Aiton), райграс высокий (*Arrhenatherum elatius* (L.) J. et C. Presl). Тенденция внедрения этих видов в природные экосистемы свойственна для центральной части Европейской России [Виноградова с соавт., 2009]. Пути расселения адвентивных видов служат обочины дорог, окрестности дачных поселков, в частности

СНТ «Винт», заброшенные сельскохозяйственные угодья и залежные земли. Например, к северо-западу от д. Рыжково, на залежных землях повсеместно встречается мелколепестник однолетний (*Erigeron annuus* (L.) Pers.), а в тенистых лесах – недотрога мелкоцветковая (*Impatiens parviflora* DC.). Историю расселения адвентивных видов на территории полигона позволяет восстановить сравнение видового состава геоботанических описаний, введенных в базу данных.

В ходе исследований флористический список дополнен 89 видами. В настоящее время флора полигона насчитывает 735 видов сосудистых растений, относящихся к 402 родам и 101 семейству, что составляет, соответственно, 59, 69 и 87% от флоры Калужской области, а доля адвентивной фракции – 26% [Кадетов, 2017]. Значительная доля адвентивных видов может служить показателем сильной нарушенности растительного покрова.

Основные тенденции изменения растительности. Леса. Изучение растительности полигона показало, что описанные в первые годы исследований [Егорова, Таскаева, 1972] чистые еловые и елово-сосновые зеленомошные леса таежного типа и плакорные дубравы к настоящему времени изменили видовой состав, вертикальную и горизонтальную структуру: в этих типах леса отмечено внедрение в древесный ярус широколиственных пород, разрастание кустарников, а в травяном ярусе – доминирование неморальных видов. Березовые и березово-осиновые леса с подростом ели заместились березово-осиново-еловыми лесами, на обширных вырубках идет активное восстановление леса с доминированием мелколиственных пород и густым подлеском из лещины, появились новые вырубки. Еловые леса в северной части полигона, прежде считавшиеся эталоном ельников-кисличников, были повреждены короедом-типографом и вырублены. В ряде случаев в мелколиственно-еловых лесах в результате антропогенных воздействий сократилась встречаемость некоторых бореальных видов растений на фоне увеличения доли лугово-опушечных. Луга, зарастающие ветником наземным (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth) и кустарниками, окружавшие Сенокосную балку, сменились молодыми мелколиственными лесами с сосной и елью.

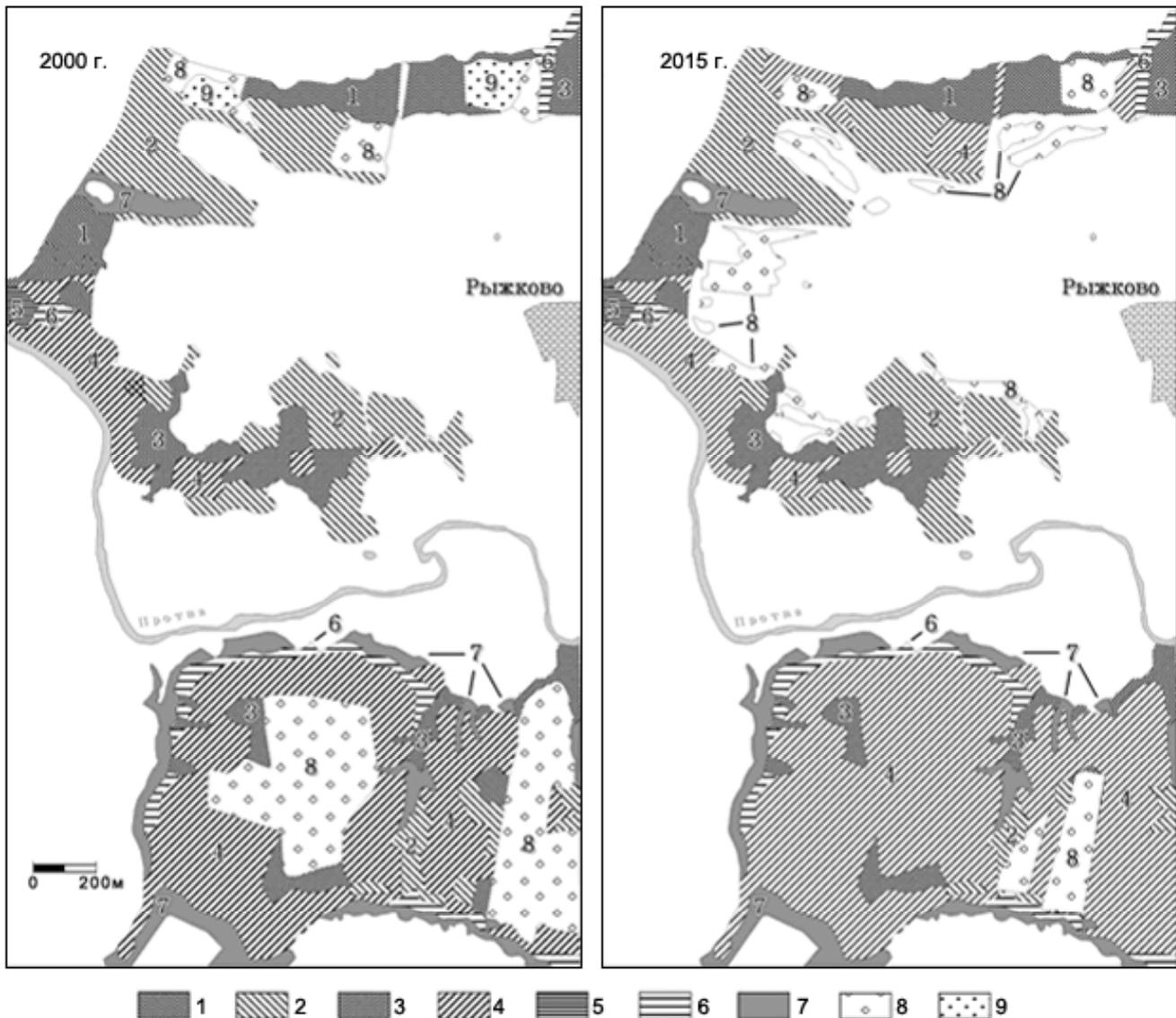
Динамика лесистости полигона. В конце 60-х и 70-е годы XX в. лесистость полигона составила около 40%, из них 15% приходилось на условно-коренные леса и 25% – на коротко-производные мелколиственные. Изменения в структуре и распространении лесного покрова в конце XX в. и начале XXI в. нашли отражение на обновленной карте растительности полигона [Лурье с соавт., 2006]. По состоянию на 2000 г. лесистость полигона практически не изменилась, составила 38%, но отмечилось сокращение до 11% доли условно-коренных сообществ и увеличение до 27% производных.

В последующее десятилетие в результате разнонаправленных воздействий произошли изменения в составе и структуре лесных сообществ, а также в

соотношении лесопокрытых площадей. Были вырублены еловые леса в урочище Соколиха, поврежденные в 2012–2014 гг. короедом-типографом. В некоторых лесах, например, в юго-западной части полигона между урочищем «Серебряная гора» и Чолоховской балкой, проводилась сплошная рубка. В то же время, отмечено активное восстановление леса через мелколиственные породы на залежных землях на Рыжковском холме, оставленных в начале 2000 г. для восстановления плодородия почв. К настоящему времени сформировались молодые и средневозрастные березово-осиновые леса с участием ели и широколиственных деревьев на вырубках в юго-западной части полигона, занятых в конце 90-х годов

культурой ели с подростом мелколиственных деревьев и кустарниками. В результате лесистость полигона увеличилась до 42%.

В западной части полигона за пятнадцатилетний период (2000–2015 гг.) произошло небольшое увеличение лесопокрытой площади (рис.) за счет восстановления лесов на залежных землях и зарастания старых вырубок. В структуре лесопокрытых площадей увеличилась доля мелколиственных лесов с участием хвойных и широколиственных пород с 30 до 45%. В то же время в южной части рассматриваемого участка в результате рубки сократилась доля хвойных и хвойно-мелколиственных лесов, соответственно с 6 и 19% до 5 и 17%.



Лесопокрытые площади в западной части Сатинского полигона в 2000 г. и 2015 г. Леса: 1 – хвойные; 2 – мелколиственные на месте хвойных; 3 – хвойно-широколиственные; 4 – мелколиственные на месте хвойно-широколиственных; 5 – широколиственные; 6 – мелколиственно-широколиственные; 7 – сероольховые и черемуховые; сукцессионные стадии лесов на вырубках: 8 – культура ели с осиново-березовым и кустарниковым подростом; 9 – травяная

The forested area in the western part of the Satino training station area (as of 2000 and 2015). Forests: 1 – coniferous; 2 – secondary small-leaved after coniferous; 3 – mixed (coniferous–broad-leaved); 4 – secondary small-leaved after coniferous–broad-leaved; 5 – broad-leaved; 6 – small-leaved–broad-leaved; 7 – gray alder and bird-cherry. Successional stages within cuttings: 8 – forest cultures (spruce) with aspen-birch and shrub undergrowth; 9 – grasslands

Увеличение лесопокрытой площади за счет восстановления лесов на залежных землях в целом характерно для зон тайги и широколиственно-хвойных лесов европейской части России, что подтверждают маршрутные исследования и анализ космических снимков.

Луга. Характерные особенности долинных лугов. Долинные луга значительно различаются по видовому богатству, величине фитомассы и характеру экотопов. Для свежих лугов характерны максимальное видовое богатство и небольшая фитомасса, для влажных – среднее видовое богатство и максимальная фитомасса, для сырых лугов – минимальное видовое богатство и средняя по величине фитомасса (табл.).

Сезонные изменения видового состава, сырой продукции и значений NDVI. В мае на свежих лугах разнотравно-овсяницевой ассоциации проективное покрытие достигает 80%, видовое богатство низкое (16 видов). Доминируют овсяница красная (*Festuca rubra* L.) и виды разнотравья с субгоризонтально расположенными листовыми пластинками – земляника зеленая (*Fragaria viridis* (Duch.)

Weston), репешок обыкновенный (*Agrimonia eupatoria* L.) и др. В середине июня видовое богатство увеличивается до 33 видов, проективное покрытие практически не изменяется, величина фитомассы колеблется от 169 до 191 г/0,25 м², соответственно изменяются значения NDVI – 0,802–0,841. К сентябрю во всех ассоциациях уменьшается активность вегетации, и постепенно снижаются значения NDVI.

Весеннее развитие растений замедляется на не используемых сырых и влажных лугах в результате накопления мощной подстилки, на долю которой приходится до 80% общего покрытия, сырые луга также испытывают влияние избыточного весеннего увлажнения. Поэтому в мае в камышовой ассоциации вегетируют только три вида: камыш лесной (*Scirpus sylvaticus* L.), вербейник монетчатый (*Lysimachia nummularia* L.) и крапива двудомная (*Urtica dioica* L.); в наземной ассоциации – 14 видов, но обильны только *Calamagrostis epigeios*, остальные встречаются единично. В обеих ассоциациях покрытие живых растений, имеющих субвертикальное расположение листовых пластинок, составляет

Эколого-ценотические особенности ассоциаций долинных лугов

Ассоциации	Число видов/ 100 м ²	Сухая фитомасса ц/га	Рельеф	Почвы	Средние многолетние параметры У / БЗ**
Свежие луга					
Разнотравно-овсяницевая	42–45	29–38	Склон средней поймы, <15°, южная экспозиция	Аллювиальные слоистые карбонатные	Свеже-луговое (61) / довольно богатые (11)
			Склон II НПТ, <3°, южной экспозиции	Дерновые карбонатные маломощные	Свеже-луговое (62) / довольно богатые (11)
Влажные луга					
Таволгово-снытевая	11–17	62–200	Склон междуречья, <5°, северной экспозиции	Глееватые дерново-подзолистые	Влажно-луговое (71) / довольно богатые (10) Влажно-луговое (69) / довольно-богатые (11)
Ежово-овсяницевая	27	60	Эрозионный склон, <5°, северной экспозиции	Дерново-карбонатные маломощные	Влажно-луговое (70) / довольно-богатые (12)
Полевицево-овсяницевая	24	57	Пришовная часть высокой поймы, на правом берегу р. Протвы	Аллювиальные дерновые карбонатные	Влажно-луговое (70) / довольно-богатые (13)
Сероватойниковая	23	65			Влажно-луговое (73) / довольно-богатые (12)
Наземнойниковая	35	50	III НПТ, субгоризонтальная поверхность	Дерново-подзолы иллювиально-железистогумусовые	Влажно-луговое (65) / довольно-богатые (11)
Сырые луга					
Камышовая	16	44	Ложбина на эрозионном склоне долинного зандра, <3°, северной экспозиции	Дерново-глеевые намытые	Сыро-луговое (77) / богатые (14)

*Названия почв [Гаврилова с соавт., 2007].

**Увлажнение (У) и активное богатство почв (БЗ) [Раменский с соавт., 1956].

всего 20%, значения NDVI в этих ассоциациях минимальные (0,590) из сравниваемых. В середине июня отмечается соответствующее увеличение всех параметров – числа видов до 14 и 20, максимальной фитомассы в сыром весе до 350–318 г/0,25 м², а NDVI до 0,873–0,862.

На влажных лугах таволгово-снытевой ассоциации уже в мае достигается максимальное проективное покрытие >90% за счет субгоризонтально расположенных листьев доминантов. Видовое богатство к середине июня увеличивается с 13 до 30 видов, но проективное покрытие не изменяется. В этот период отмечается массовое цветение доминантов с крупными белыми соцветиями, вызывающее инверсию значений NDVI – они не уменьшаются, а увеличиваются при уменьшении величины фитомассы. Так, при величине сырой фитомассы с соцветиями, равной 1108 г/0,25 м², значения NDVI достигли 0,834; после удаления соцветий фитомасса уменьшилась на 9–12%, а значения NDVI увеличились на 11–12%.

В остальных ассоциациях после срезания единичных небольших соцветий возникает незначительная инверсия – фитомасса уменьшается на 1–6%, а значения NDVI увеличиваются на 1–2%. Величину инверсии мы выражали разностью средних многолетних измерений NDVI при наличии соцветий и после их удаления. Инверсию, вызванную массовым цветением доминантов с крупными белыми соцветиями, необходимо учитывать для внесения поправок в значения NDVI при выявлении взаимосвязи с величиной фитомассы лугов в разные фазы их развития – вегетации и цветения доминантов, в том числе при дистанционных исследованиях. Установлено, что в пределах одного типа луга взаимосвязь значений фитомассы и NDVI не линейная; при размерах фитомассы до 400–500 г/0,25 м², ее увеличение на 10% сопровождается ростом NDVI в среднем на 2%, при больших значениях фитомассы NDVI увеличивается всего на 0,2% [Микляева, Вахнина, 2016].

Наличие *флуктуации лугов* отражает небольшая степень сходства их видового состава, рассчитанная по коэффициенту Чекановского. У большинства ассоциаций выявлена средняя (36–70%) степень сходства видов. Низкое (0–35%) сходство характерно для вейниковых ассоциаций – наземно-вейниковой на залежных землях и сероватовейниковой в пришовной части высокой поймы, периодически находящаяся под воздействием делювиального смыва со склона и, в основном, с насыпной дороги во время ливней, что служит показателем активных восстановительных процессов. Значительное сходство (71–100%) имеет небольшое число пар геоботанических описаний влажных лугов таволгово-снытевой, полевицево-овсяницево-сероватовейниковой и камышовой ассоциаций, имеющих низкое и довольно низкое видовое богатство. Различия ассоциаций

по степени сходства свидетельствуют об их разной устойчивости к изменению экологических и метеорологических условий. Различия в устойчивости ассоциаций отражают также значения NDVI, полученные в разные годы, в период максимального накопления фитомассы.

Выводы:

– длительные ежегодные наблюдения за составом и распространением видов растений на полигоне имеют важное значение для изучения флоры региона. Они позволяют выявить угрозу исчезновения редких видов растений, а также активность расселения адвентивных видов. За пятидесятилетний период исследований флористический список дополнен 89 видами: обнаружено 27 ранее не отмечавшихся аборигенных видов, в том числе редких и охраняемых, включенных в Красную книгу Калужской области. Впервые выявлены 62 вида адвентивных растений, включая многие агрессивные, распространяющиеся в естественных сообществах;

– установлено, что флора полигона насчитывает 735 видов сосудистых растений, относящихся к 402 родам и 101 семейству, что составляет соответственно 59, 69 и 87% от флоры Калужской области, а доля адвентивной фракции – 26%. За период исследований список флоры полигона увеличился на 22%;

– выявлено, что в первые годы исследований лесистость полигона достигала 40%, из них только 15% приходилось на условно-коренные леса. За последние 15 лет произошло увеличение лесопокрываемых площадей за счет восстановления лесов на залежных землях. Изменилась структура лесопокрываемых площадей: доля мелколиственных лесов с участием хвойных и широколиственных пород, сформировавшихся на старых вырубках увеличилась с 30 до 45%. В южной части полигона под воздействием рубок сократилась доля хвойных и хвойно-мелколиственных лесов соответственно с 6 и 19% до 5 и 17%. В настоящее время лесистость полигона составляет около 42%. Выявленные изменения структуры растительного покрова полигона вызывают необходимость обновления карты растительности. В очередные задачи входит также разработка новой электронной версии блока «Растительность» в системе ГИС;

– комплексные исследования долинных лугов, включая наземное спектрометрирование, показали возможность и ограничения в использовании нормализованного разностного вегетационного индекса NDVI для определения фитомассы, изучения их сезонной и многолетней динамики. Выявленный характер зависимости значений NDVI от величины сырой фитомассы позволяет их применять с учетом поправок в период обильного цветения доминантов. Ограничения вызваны большими погрешностями при исследовании высокопродуктивных лугов, величина сырой фитомассы которых более 2 кг/м².

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев А.И., Молева Н.М., Низовцев В.А., Глушкова В.Г., Ким Э.В. и др. Край наш Московский: история, природа, современность. М.: Экспресс, 1997. 240 с.
- Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Черная книга флоры Средней России. М.: ГЕОС, 2009. 494 с.
- Гаврилова И.П., Герасимова М.И., Исаченкова Л.Б. Почвы и почвенный покров Сатинского полигона // Общегеографическая практика в Подмосковье. М.: Геогр. ф-т МГУ, 2007. С 147–176.
- Егорова Н.А., Таскаева Н.Я. Флора и краткий обзор растительности района Сатинской географической станции Московского государственного университета. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. 116 с.
- Замесова Е.Ю., Серегин А.П. Новые флористические находки и изменение состава флоры Сатинского учебного полигона за 30 лет // Экосистемы широколиственно-хвойных лесов южного Подмосковья. М.: Геогр. ф-т МГУ, 2006. С. 120–122.
- Кадетов Н.Г. Некоторые итоги инвентаризации флоры окрестностей Сатинской учебно-научной станции географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова // Бюл. Брянского отд. РБО. 2017. № 4(12). С. 13–15.
- Калужская флора: аннотированный список сосудистых растений Калужской области / Под ред.: Н.М. Решетниковой, С.Р. Майорова, А.К. Скворцова и др. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. 548 с.
- Лурье И.К., Микляева И.М., Михайлов Д.И., Огуреева Г.Н., Сулова Е.Г. Использование ГИС-технологий для исследования и картографирования растительности Московского региона // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2006. № 4. С. 40–45.
- Микляева И.М., Вахнина О.В. Фитомасса долинных лугов. Взаимосвязь с величиной вегетационного индекса (по результатам наземного спектрометрирования) // Использование и охрана природных ресурсов в России. Научно-информационный и проблемно-аналитический бюл. М.: НИИ-Природа, 2016. № 4. С. 29–35.
- Работнов Т.А. Луга как биогеоценозы // Проблемы биогеоценологии. М.: Наука, 1973. С. 189–197.
- Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Гос. изд-во с.-х. лит-ры, 1956. 472 с.
- Сулова Е.Г. Основные закономерности распределения растительных сообществ Сатинского учебного полигона и их эколого-фитоценологический анализ // Мат-лы географических исследований Сатинского учебного полигона и смежных территорий в бассейне Средней Протвы (депонировано ВИНТИ – № 4550-77). М.: ВИНТИ, 1977. Т. 3. С. 100–122.
- Таскаева Н.Я., Егорова Н.А., Соколова Н.Л., Огуреева Г.Н., Сулова Е.Г. Дополнение к флоре Сатинского учебного полигона географического факультета Московского государственного университета. М.: Геогр. ф-т МГУ, 1979. 13 с.

Поступила в редакцию 02.03.2018
Принята к публикации 21.05.2018

**I.M. Miklyaeva¹, N.G. Kadetov²,
E.G. Suslova³, O.V. Vakhnina⁴**

**LONG-TERM DYNAMICS OF VEGETATION COVER WITHIN
THE SATINO TRAINING AND RESEARCH
STATION AREA**

Specific features of flora and plant communities dynamics of the of the Satino training and research station of the MSU Faculty of Geography (Borovsk raion of the Kaluga oblast) are considered for a fifty-year period, including the results of nine-year long studying of seasonal dynamics and fluctuations of different types of meadows in the valley of the Protva River and the resulting changes in the phytomass and the NDVI values, obtained by terrestrial spectrometry.

Basing on the received materials, the database on the dynamic state of various components of vegetation cover of the area has been compiled and is constantly augmented. The data are used during the training of the first-year students of the Faculty of Geography and will become a basis for the legend of the updated vegetation cover map.

Key words: flora and vegetation monitoring, phytodiversity, actual state of vegetation, seasonal dynamics of meadows, meadows fluctuations, NDVI.

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Associate Professor, PhD in Geography; e-mail: inessa-miklyaeva@yandex.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Scientific Researcher, Master of Geography; e-mail: biogeonk@mail.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Associate Professor, PhD in Geography; e-mail: lena_susl@mail.ru

⁴ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatics, Laboratory of Aerospace Methods, Scientific Researcher; e-mail: vakhnina-ov@yandex.ru

REFERENCES

- Alekseev A.I., Moleva N.M., Nizovtsev V.A., Glushkova V.G., Kim E.V. et al.* Krai nash Moskoskii: istoiya, priroda, sovremennost' [Our Moscow land: history, nature and the present]. M.: Ecopros, 1997. 240 p. (in Russian).
- Egorova N.A., Taskaeva N.Ya.* Flora i kratkii obzor rastitel'nosti raiona Satinskoi geograficheskoi stantsii Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta [Flora and a short review of vegetation of the area of the Satino geographical station of the Moscow State University]. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1972. 116 p. (in Russian).
- Gavrilova I.P., Gerasimova M.I., Isachenkova L.B.* Pochvy i pochvennii pokrov Satinskogo poligona [Soils and soil cover of the Satino training station area] // *Obshchegeograficheskaya praktika v Podmoskov'e*. M.: Geogr. f-t MGU, 2007. P. 147–176 (in Russian).
- Kadetov N.G.* Nekotorye itogi inventarizatsii flory okrestnostej Satinskoi uchebno-nauchnoi stantsii geograficheskogo fakulteta MGU imeni M.V.Lomonosova [Some results of flora inventarization in the vicinity of the Satino training and research station (Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University)] // *Bul. of Bryansk dpt. of RBS*. 2017. № 4(12). P. 13–15 (in Russian).
- Kaluzhskaya flora: annotirovannyi spisok sosudistykh rastenii Kaluzhskoi oblasti [Flora of the Kaluga oblast: annotated list of vascular plants] / Pod red. N.M. Reshetnikovoi, S.R. Maiorova, A.K. Skvortsova i dr. M.: T-vo nauch. izd. KMK. 2010. 548 p. (in Russian).
- Lurie I.K., Miklyaeva I.M., Mikhailov D.I., Ogureeva G.N., Suslova E.G.* Ispolzovanie GIS-tekhnologii dlya issledovaniya i kartografirovaniya rastitel'nosti Moskovskogo regiona [Application of GIS technologies for studying and mapping of the vegetation of the Moscow region] // *Vestnik. Mosk. Un-ta. Ser. 5. Geogr.* 2006. № 4. P. 40–45 (in Russian).
- Miklyaeva I.M., Vakhnina O.V.* Fitomassa dolinnykh lugov. Vzaimosvyaz' s velichinoy vegetatsionnogo indeksa (po rezul'tatam nazemnogo spektrometrirovaniya) [Plant biomass of valley meadows. Correlation with the vegetation index values (on the results of the ground spectrometry)] // *Ispol'zovanie i okhrana prirodnykh resursov v Rossii. Nauchno-informatsionnyi i problemno-analiticheskii byulleten'*. M.: Izd-vo NIA-Priroda. 2016. № 4. P. 29–35 (in Russian).
- Rabotnov T.A.* Luga kak biogeotsenozy [Meadows as biocenoses] // *Problemy biogeotsenologii*. M.: Nauka, 1973. P. 189–197 (in Russian).
- Ramenskii L.G., Tsatsekin I.A., Chizhikov O.N., Antipin N.A.* Ekologicheskaya otsenka kormovykh ugodii po rastitel'nomu pokrovu [Ecological assessment of forage lands by their vegetation cover]. M.: Gos. izd-vo. s-kh. lit-ry, 1956. 472 p. (in Russian).
- Suslova E.G.* Osnovnye zakonomernosti raspredeleniya rastitel'nykh soobshchestv Satinskogo uchebnogo poligona i ikh ekologo-fitotsenoticheskii analiz [Regular patterns of spatial distribution of plant communities over the Satino training station area and their ecological-phytocenological analysis] // *Materialy geograficheskikh issledovaniy Satinskogo uchebnogo poligona i smezhnykh territorii v basseine Srednei Protvy (dep. VINITI – № 4550-77)*. M.: VINITI, 1977. T. 3. P. 100–122 (in Russian).
- Taskaeva N.Ya., Egorova N.A., Sokolova N.L., Ogureeva G.N., Suslova E.G.* Dopolnenie k flore Satinskogo uchebnogo poligona geograficheskogo fakul'teta Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta [Additions to the flora of the Satino training station area (Faculty of Geography, Moscow State University)]. M., 1979. 13 p. (in Russian).
- Vinogradova Yu.K., Maiorov S.R., Khorun L.V.* Chernaya kniga flory Srednei Rossii: chuzherodnye vidy rastenii v ekosistemakh Srednei Rossii [Black book of the Central Russia flora: invasive plant species in the ecosystems of Central Russia]. M.: GEOS, 2010. 512 p. (in Russian).
- Zamesova E.Yu., Seregin A.P.* Novye floristicheskie nakhodki i izmenenie sostava flory Satinskogo uchebnogo poligona za 30 let [New floristic discoveries and the changes of flora composition within the Satino training station area over 30 years] // *Ekosistemy shirokolistvenno-khvoinykh lesov yuzhnogo Podmoskov'ya*. M.: Geogr. f-t MGU, 2006. P. 120–122 (in Russian).

Received 02.03.2018
Accepted 21.05.2018

УДК 556.532

А.Г. Косицкий¹, А.Н. Лукьянова²**ПОДЗЕМНЫЕ ВОДОСБОРЫ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ САТИНСКОГО ПОЛИГОНА (ИХ РАЗМЕР И ВЛИЯНИЕ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ)**

Проведены полевые гидролого-гидрохимические исследования на ручьях Сатинского учебно-научного полигона – правобережных притоков р. Протвы в период летней межени. Установлено, что подземные водосборы ручьев более чем в 10 раз превышают по площади их поверхностные водосборы. Выявлена линейная зависимость нарастания площадей подземных водосборов с увеличением глубины врезания ручьев. Получены данные о минерализации и химическом составе воды различных водоносных горизонтов, питающих данные ручьи.

Ключевые слова: водоток, водосбор, модуль стока, минерализация, химический состав.

Введение. Общеизвестно, что формирование стока малых рек и особенно ручьев во многом определяется азональными факторами. Согласно ГОСТ малой рекой считается: «Река, бассейн которой располагается в одной географической зоне и гидрологический режим ее под влиянием местных факторов может быть не свойственен для рек этой зоны» [ГОСТ ..., 1988]. В связи с этим условия формирования стока и режима малых рек хуже поддаются пространственному анализу по сравнению со средними и крупными реками. С другой стороны, малые реки являются наиболее уязвимым звеном речной сети [Малые ..., 1998]. Например, одинаковая по величине антропогенная нагрузка может не вызвать никаких сколь-либо заметных изменений в химическом составе воды больших и даже средних рек благодаря их потенциалу разбавления и самоочищения, а для малых рек – сильно изменить качество воды в них. Кроме того, такие опасные гидрологические явления, как наводнения, зачастую носят на малых реках более катастрофический характер по сравнению со средними и большими реками из-за большей скорости развития этих процессов. Трагическое наводнение в г. Крымске в 2012 г. и ряде рек Черноморского побережья Краснодарского края, произошедшие за последние десятилетия именно на малых реках, – печальное тому подтверждение.

Минимизация ущербов, наносимых опасными гидрологическими явлениями, во многом достигается за счет правильной оценки гидрологических характеристик рек. Азональность малых рек и особенно ручьев серьезно осложняет эту задачу. Недочет местных особенностей водосборов неизученных малых рек, информацию о которых невозможно получить по данным наблюдений на реках-аналогах, может привести к многократному завышению или занижению расчетных гидрологических характеристик.

Постановка задачи исследования. Одним из проявлений местных условий формирования стока

малых рек является несовпадение их поверхностных и подземных водосборов. Если контуры поверхностных водосборов рек можно относительно легко выделить по топографическим картам, то для выделения подземных водоразделов необходимо иметь подробные гидрогеологические карты. Разные подземные водоносные горизонты могут иметь несовпадающие контуры водораздельных линий при проецировании их на земную поверхность. Многие потоки подземных вод имеют условные естественные границы. Через них возможно перетекание воды из одного потока в другой [Всеволожский, 2007]. В этом случае подземные воды из одного и того же места могут поступать в разные речные бассейны в зависимости от соотношения уровней воды в реках. Следует подчеркнуть, что четкого определения понятия «водосборная площадь подземного объекта» нет [Язвин, 2014].

Таким образом, водосбор реки не имеет четкой водораздельной линии. По сути, водораздел представляет собой полосу. Вода, выпадающая на поверхность этой полосы в виде атмосферных осадков, может поступить как в один, так и в другой речной бассейн в зависимости от того, насколько глубоко она инфильтруется или же стечет поверхностным стоком. Ширина этой полосы может быть различной, однако она мало будет зависеть от размера речного бассейна, поскольку водоразделы больших рек – это одновременно и водоразделы средних и малых рек, являющихся притоками больших рек. Следовательно, площадь водораздельной полосы при прочих равных условиях должна быть пропорциональна длине поверхностной водораздельной линии. Согласно законам геометрии при росте размера объекта площадные размеры его увеличиваются сильнее относительно линейных. Очевидно, что чем больше река, тем больше будет отношение площади бассейна к длине водораздельной линии. Таким образом, доля площади водораздельной полосы в общей площади водосбора большой и даже

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, канд. геогр. н., доцент; e-mail: alexhydro@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, инженер; e-mail: lan22-66-88@mail.ru

средней реки является не очень существенной. Что касается малых рек и особенно ручьев, то для них эта полоса может составлять значительную долю водосбора, в отдельных случаях даже серьезно превышая площадь бассейна водотока, выделенного по поверхностной водораздельной линии.

Вопросы, связанные с несовпадением областей поверхностного и подземного питания малых рек относятся к числу малоизученных. Тем не менее, в отечественной литературе встречаются примеры такого несовпадения. В большинстве случаев это приурочено к районам, где распространен карст. В частности, многие Крымские реки имеют область питания подземными водами как большую, так и меньшую относительно поверхностного водосбора [Амеличев с соавт., 2017; Олиферов с соавт., 2005]. Упоминаются подобные несовпадения и в ряде других регионов нашей страны [Гидрогеология ..., 1990; Комлев, 2007; Плоткин с соавт., 1997].

В зарубежной литературе также встречаются примеры подобных несовпадений [Bonacci, Magdalenic, 1993]. В некоторых из них предприняты попытки оценить площади подземных водосборов [Yoshida et al., 2008]. Целью настоящей работы является оценка условий формирования меженного стока водотоков, имеющих серьезное несовпадение границ поверхностных и подземных водосборов.

Материалы и методы исследования. В качестве объектов исследования выбраны три ручья, впадающие в р. Протва с правого берега в пределах Сатинского учебно-научного полигона. Это За-

падный Сатинский, Восточный Сатинский и ручей Егорова оврага. Бассейны ручьев, выделенные по карте рельефа [Латыпов с соавт., 2014] находятся в диапазоне от 0,50 до 0,72 км² (рис. 1). Все они протекают в глубоко врезаемых оврагах и питаются водой нескольких последовательно разгружающихся водоносных горизонтов. Эти водоносные горизонты имеют площади распространения, значительно превышающие площади поверхностных водосборов ручьев.

В работе использованы результаты гидрометрических измерений, проводимых на этих ручьях в период летней межени с 1999 по 2017 гг. Все измерения проводились в июле при условии, что в день проведения измерений и накануне осадков не было, поэтому все они приходятся на меженную фазу. Каждый год проводилось по 2–3 серии измерений, включающих измерения расходов воды на разном удалении от устьев ручьев, а также отбор проб на химический анализ. Проводимые параллельно водомерные наблюдения показали, что уровень воды в ручьях не претерпевал серьезных изменений (размах колебаний меженных уровней в течение июля не превышал 1 см). Кроме того, изотопные исследования на водотоках Сатинского полигона (2009–2011 гг.) показали, что дождевые паводки на ручьях с таким небольшим водосбором проходят очень быстро и уже через 2 часа после окончания дождя, его влияние на расход и химический и изотопный состав практически не заметно [Чижова с соавт., 2013]. Поэтому, несмотря на то, что измерения но-

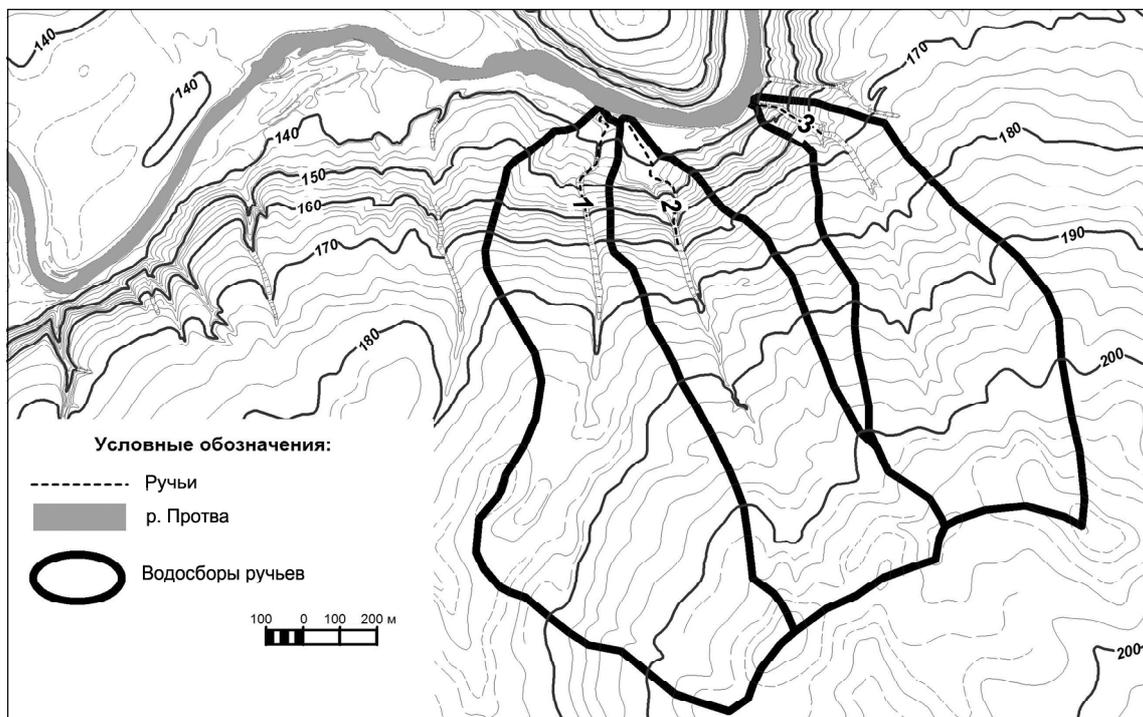


Рис. 1. Выделение поверхностных водосборов ручьев по топографической карте Сатинского полигона. Обозначения: 1 – Западный Сатинский ручей; 2 – Восточный Сатинский ручей; 3 – ручей Егорова оврага

Fig. 1. Identification of surface water catchments of streams using the topographic map of the Satino area. 1 – Zapadny Satinsky Creek; 2 – Vostochniy Satinsky Creek; 3 – Egorov Creek

силы эпизодический характер, можно считать, что они отражают июльские летне-меженные условия каждого конкретного года.

Пробы для определения химического состава отбирались еженедельно в июле в 2009–2015 гг. в фиксированных створах на реке Протве и ручьях. Определение содержания гидрокарбонатов, кислорода, жесткости и кальция проводилось объемным методом (ацидометрическим, Винклера, трилонометрическим) в гидрохимической лаборатории на УНБ «Сатино». Остальные компоненты солевого состава и нитраты определялись с помощью системы капиллярного электрофореза «Капель».

Результаты исследований. По накопленному ряду наблюдений оценены осредненные значения июльских меженных расходов воды каждого ручья в устьевых створах (табл. 1). Расходы воды ручьев в разные годы могут быть различными; они зависят прежде всего от уровня грунтовых вод. Среднеквадратичное отклонение расходов воды от среднего значения не превышает 30%. Поскольку уровень грунтовых вод меняется синхронно для близлежащих территорий, меженные расходы воды разных ручьев тесно связаны друг с другом ($r \geq 0,9$), причем чем ближе друг к другу расположены водосборы, тем больше значение коэффициента корреляции.

В табл. 1 также приведены значения формально посчитанных модулей стока – делением расходов воды на площади поверхностных водосборов. Их значения получились несоизмеримо большие по сравнению с зональными величинами. Так, для сравнения, модуль стока р. Протвы в период летней межени составляет 2 л/(с·км²), а его среднее многолетнее значение равно 7,4 л/(с·км²). Полученные меженные модули стока ручьев по своим значениям получились ближе к максимальному модулю стоку р. Протвы, равному 108 л/(с·км²) [Акименко с соавт., 2003]. Даже если бы речь шла не о меженных, а о средних многолетних модулях стока (которые всегда больше по сравнению с меженными), то

эти значения соответствуют слоям стока, равным 1200 мм для Западного Сатинского, 2550 мм для Восточного Сатинского и 1660 мм для ручья Егорова оврага. Отметим, что средний многолетний слой осадков для Сатинского учебно-научного полигона составляет 612 мм [Несмелова с соавт., 2007], поэтому столь высокие значения слоя и, соответственно, модуля стока в данных условиях невозможны. Объяснение этому феномену – именно несовпадение поверхностных и подземных водосборов ручьев. Очевидно, что вода к данным ручьям поступает со значительно большей площади, нежели территория поверхностного водосбора, выделяемая по топографической карте. Структурно-геологические условия бассейна Протвы определяются его положением на юго-западном крыле московского артезианского бассейна. Основные водоносные горизонты напорных артезианских вод приурочены к известняково-доломитовым толщам среднего карбона. На правом берегу р. Протвы наблюдается наклон водоносных слоев в сторону реки, а на левом – от реки. Изучаемые ручьи, вследствие глубокого врезания их долин, дренируют выходы подземных вод. На левом берегу выходы подземных вод из отложений карбона практически отсутствуют. В четвертичных отложениях представлены два водоупорных горизонта: верхний (московская морена) служит водоупором лишь для верховодок, а нижний горизонт (днепровская морена) служит водоупором для грунтовых вод, заполняющих межморенную толщу. В долине реки Протвы они выходят на поверхность в оврагах неглубокого вреза. Область их питания и разгрузки совпадает с поверхностным водосбором [Акименко с соавт., 2003; Рычагов, 2007].

Определить точные границы распространения подземных водоносных горизонтов, из которых исследуемые ручьи получают питание, не представляется возможным, поскольку это потребует дорогостоящих детализированных гидрогеологических измерений. Однако, если принять гипотезу о том, что модули стока близлежащих водотоков должны быть

Таблица 1

Результаты измерений расходов воды в ручьях – притоках р. Протвы за 1999–2017 гг.

Показатель	Ручей		
	Западный Сатинский	Восточный Сатинский	Егорова оврага
Площадь поверхностного водосбора, км ²	0,72	0,50	0,51
Средний за период измерений июльский меженный расход воды, л/с	29	42	28
Среднеквадратичное отклонение, л/с	8,5	7,2	6,0
Коэффициент корреляции r между расходами воды соседних ручьев	Западный Сатинский	0,96	0,90
	Восточный Сатинский	1	0,93
	Егорова оврага	0,90	1
Средний июльский модуль стока ручья, определенный через площадь поверхностного водосбора, л/(с·км ²)	40	84	55
Условная площадь водосбора, км ²	14	20	14

Таблица 2

Средние значения концентраций компонентов солевого состава водотоков за 2009–2012 гг (мг/л)

Название водного объекта	Содержание ионов								Минерализация
	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	
р. Протва	270,4	13,01	9,65	2,21	60,34	17,7	7,27	1,9	377,8
Западный Сатинский ручей	382,6	10,1	4,5	5,33	84,2	33,6	5,6	1,6	523,5
Восточный Сатинский ручей	384,8	9,36	2,83	4,19	77,2	18,9	5,5	1,6	456,1
Ручей Егорова оврага	344,6	8,73	5,24	5,3	85,1	24,8	5,2	1,24	476,1

примерно одинаковыми, поскольку данная величина картируется в виде изолиний, то истинные модули стока ручьев, полученные делением расходов воды на реальные площади водосборов (с учетом подземных границ) должны быть близки модулям стока р. Протвы. Часто модули стока малых рек возрастают с увеличением площади бассейна, что связано с последовательным увеличением числа дренируемых водоносных горизонтов [Евстигнеев, 1990]. Однако в данном случае исследуемые ручьи впадают непосредственно в р. Протву, следовательно они дренируют те же водоносные горизонты, что и р. Протва, что позволяет принять данную гипотезу. Таким образом, деление расходов воды ручьев на модули стока р. Протвы позволяет примерно оценить площади, с которых вода должна поступать к ручьям при совпадении их условий питания с р. Протвой. Данные величины могут быть названы условными площадями водосборов. Полученные значения условных площадей водосборов данных ручьев также представлены в табл. 1. Сразу оговоримся, что мы не претендуем на высокую точность определения данных значений, поскольку условия формирования

стока р. Протвы и ее притоков могут отличаться, однако как показывают данные наблюдений на гидрологических постах других рек Подмосковья [Основные ..., 2015], модули стока рек в пределах одного бассейна обычно отличаются не более чем в 1,5–2 раза. Даже если считать, что истинные модули стока ручьев вдвое превышают модули стока р. Протвы, то реальные их водосборы более чем в 10 раз превышают поверхностные водосборы. Если же истинные модули стока ручьев ближе к модулям стока р. Протвы или меньше них, то расхождение между площадями фактических и поверхностных водосборов будет еще больше.

Водоносные горизонты, питающие данные ручьи, отличаются по химическому составу от вод р. Протвы, поскольку в реке смешиваются воды, поступающие со всего водосбора, и большой вклад вносят левые маломинерализованные притоки. Если минерализация р. Протвы в период летней межени составляет в среднем 377,8 мг/л, то для Западного Сатинского ручья ее величина равна 523,5, для Восточного Сатинского 456,1, а для ручья Егорова оврага 476,1 мг/л. Различия наблюдаются также и в соотношении между основными ионами. В ручьях концентрации гидрокарбонатов, кальция и магния выше, так как их воды формируются непосредственно на известняках. В реке же больше концентрации сульфатов, хлоридов и натрия, что говорит о поступлении в нее стоков из населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий. При этом содержание нитратов в речных водах невелико, поскольку они потребляются в процессе питания гидробионтов. В подземные водоносные горизонты нитраты проникают в результате инфильтрации поверхностных и почвенных вод. Они в большей степени подвержены нитратному загрязнению, чем поверхностные водоемы, так как в подземных водах потребитель нитратов (биота) практически отсутствует [Никаноров, 2001] (табл. 2, рис. 2).

От истоков до устьев ручьев происходит последовательная разгрузка различных водоносных горизонтов. Это сопровождается увеличением водоносности ручьев и изменением их минерализации и химического состава воды. В табл. 3 и 4 представлено

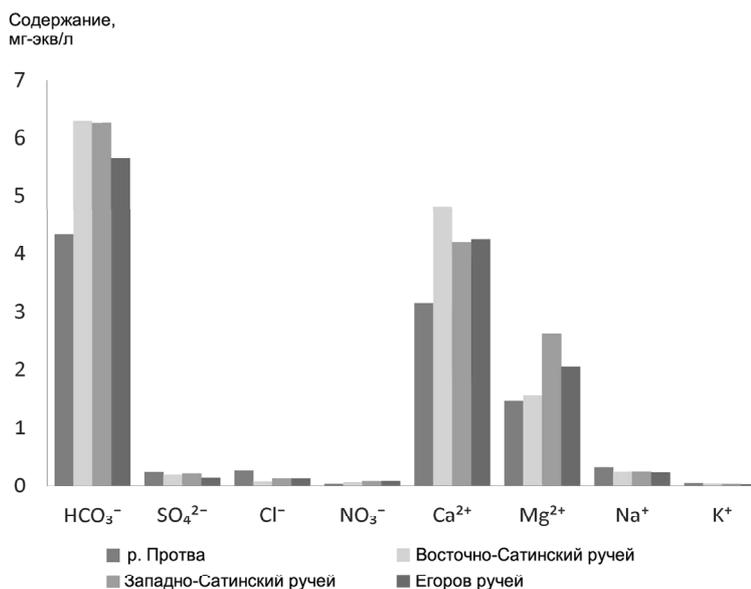


Рис. 2. Соотношение компонентов солевого состава р.Протвы и водотоков в оврагах глубокого вреза (мг-экв/л)

Fig. 2. The ratio of the salt composition components for the Protva River and the watercourses in deep-cut ravines (mg-Eq/l)

изменение расхода воды, температуры, рН, содержания кислорода и некоторых ионов по длине ручьев Егорова и Восточно-Сатинского оврагов. Видно, что на небольшом расстоянии происходит значительное увеличение водоносности ручьев. При движении от истока к устью происходит увеличение содержания кислорода и температуры, а содержание

гидрокарбонатов, сульфатов, хлоридов и рН меняется не линейно. От истока к устью увеличивается глубина вреза оврага и в русло поступают воды с более глубоких горизонтов, минерализация и содержание гидрокарбонатов в которых выше. Но в то же время из бортов оврага может поступать вода из более высоких водоносных горизонтов – грунтовых вод или верховодки, уменьшая минерализацию и концентрацию некоторых ионов далее по течению (рис. 3).

По длине водотоков обычно происходит увеличение площади водосбора. При использовании гипотезы равенства модулей стока ручьев и р. Протвы можно оценить рост условной площади водосбора ручьев от истока до устья, основываясь на данных об изменении водоносности ручьев по их длине. Полученные условные площади водосборов сопоставлены с отметками земной поверхности в створах измерений. За основу брали разницу в высоте между самой высокой точкой поверхностного водосбора и створом измерения (глубина врезания

Таблица 3

Изменение расхода, температуры воды и содержания растворенного кислорода по длине Восточного Сатинского ручья (по данным измерений в июле 2012 г.)

Расстояние от устья, м	Расход воды, л/с	O ₂ , мг/л	t, °C
230	1,75	8,14	6,7
200	5,23	9,5	6,8
100	8,84	10,15	7,0
50	14,0	11	7,8

Таблица 4

Изменение химического состава воды (мг/л) по длине ручья Егорова оврага (по данным измерений в июле 2012 г.)

Расстояние от устья, м	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	pH
225	453,99	10,06	7,29	6,49	8,31
200	496,09	7,28	1,08	1,4	7,76
164	426,53	10,04	5,71	3,87	7,54
100	435,68	9,12	5,68	7,17	8,33
0	380,7	9,43	5,54	6,34	8,3

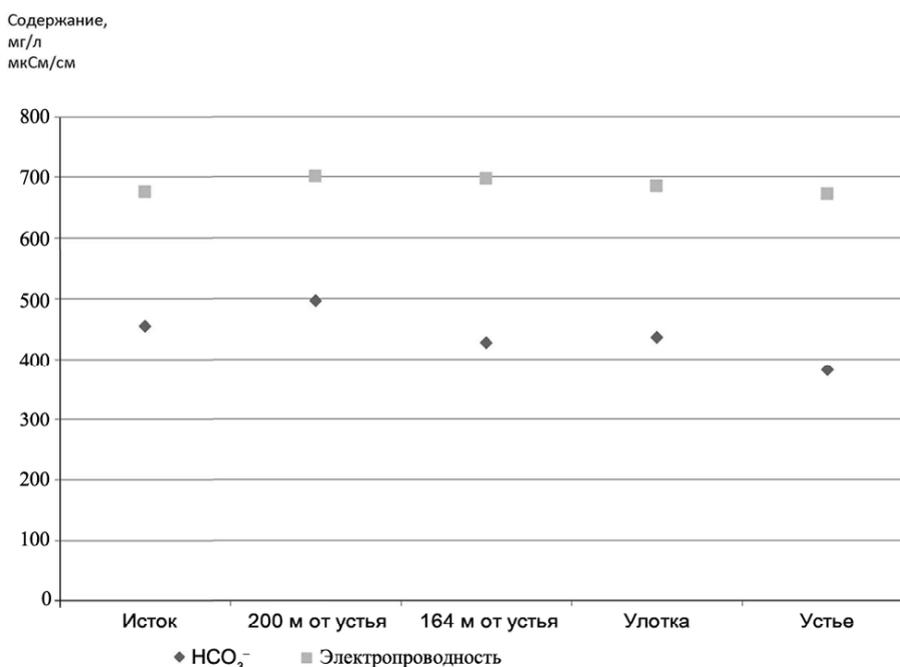


Рис. 3. Изменение содержания гидрокарбонатов (HCO₃⁻) в мг/л и электропроводности (мкСм/см) по длине Егорова ручья

Fig. 3. Change in the content of hydrocarbonates (mg/l) and conductivity (mkS/sm) along the length of the Egorov Creek

ручья). В результате выявлено линейное увеличение площади условного водосбора ручья Егорова оврага с ростом глубины врезания ручья (рис. 4). Интересно, что экстраполяция вниз данной зависимости приводит нас в начало координат. То есть при высоте, равной самой высокой точке водосбора, условная площадь водосбора равна нулю. По мере уменьшения высоты площадь эта линейно возрастает.

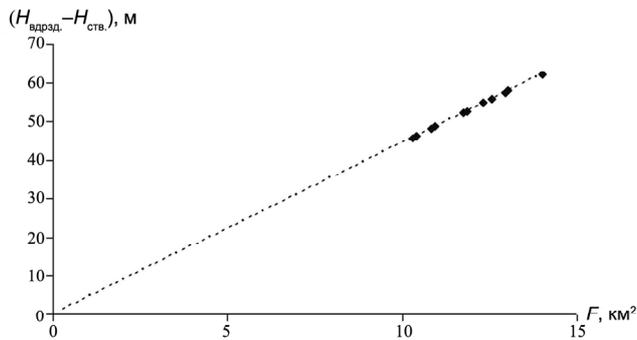


Рис. 4. Соотношение условной площади водосбора и глубины врезания ручья Егорова оврага

Fig. 4. The ratio of the nominal catchment area and the depth of incision of the Egorov Creek

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акименко Т.А., Евстигнеев В.М., Заславская М.Б. Гидрологическая характеристика р. Протвы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003. 22 с.
- Амеличев Г.Н., Олиферов А.Н., Новикова Ф.Н. Гидрологические особенности р. Абдалки (Симферополь) в области питания артезианского бассейна равнинного Крыма // Уч. зап. Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2017. Т. 3(69). № 1. С. 160–175.
- Всеволожский В.А. Основы гидрогеологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007. 441 с.
- Гидрогеология и инженерная геология Сибири. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1990. 133 с.
- ГОСТ 19179-73. Гидрология суши. Термины и определения. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1988. 36 с.
- Евстигнеев В.М. Речной сток и гидрологические расчеты. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. 304 с.
- Комлев А.М. Природные условия и водные ресурсы бассейна реки Камы (краткий обзор) // Географический вестник. 2007. Вып. 1–2. С. 73–89.
- Латыпов Т.Ф., Сучилин А.А., Большов С.И., Деркач А.А., Глухов А.И. Карта учебного полигона УНБ «Сатино» географического ф-та МГУ им. М.В. Ломоносова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2014.
- Малые реки Волжского бассейна / Под ред. Н.И. Алексеевского. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 230 с.
- Несмелова Е.И., Сорокина В.Н., Суркова Г.В. Климатические условия Боровского района // Общегеографическая практика в Подмоскovie. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007. С. 82–123.
- Никаноров А.М. Гидрохимия. Учебник. СПб.: Гидрометеоиздат, 2001. 444 с.
- Олиферов А.Н., Тимченко З.В. Реки и озера Крыма. Симферополь: Доля, 2005. 216 с.
- Основные гидрологические характеристики рек бассейна Верхней Волги / Под ред. В.Ю. Георгиевского. Ливны: ФГБУ ГГИ, 2015. 467 с.
- Плоткин Л.А. Карст российского Причерноморья // Краевед Черноморья, 1997. С. 80–88.
- Рычагов Г.И. Геолого-геоморфологическое строение и история развития рельефа // Общегеографическая практика в Подмоскovie. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007. С. 30–81.
- Чиждова Ю.Н., Буданцева Н.А., Ефимова Л.Е., Лукьянова А.Н., Суркова Г.В., Васильчук Ю.К. Изотопно-кислородный состав осадков и воды в речной системе средней Протвы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2013. № 2. С. 84–93.
- Язвин А.Л. Критический обзор нормативно-правовых документов, регламентирующих изучение и использование питьевых и технических подземных вод // Разведка и охрана недр. М.: ФГУП ВИМС, 2014. № 5. С. 3–10.
- Bonacci O., Magdalenic A. The Catchment Area of the Sv. Ivan Karst Spring in Istria (Croatia) // Ground Water. 1993. V. 31. № 5. P. 767–773.
- Yoshida T., Masumoto T., Kubota T., Matsuda S. Water balance characteristics of Kashima plateau basins assuming variable areas of underground catchments // Paddy Water Environ. 2008. № 6. P. 189–198.

Поступила в редакцию 29.03.2018
Принята к публикации 21.05.2018

A.G. Kositskiy¹, A.N. Lukianova²

**UNDERGROUND CATCHMENTS OF SMALL STREAMS
OF THE SATINO TRAINING STATION AREA
(THEIR SIZE AND INFLUENCE OVER THE CHEMICAL COMPOSITION OF WATER)**

Field hydrological and hydrochemical studies were carried out on the streams of the Satino training station area (right tributaries of the Protva River) in the period of summer low water. It is established that underground drainage areas of the streams are more than 10 times larger than their surface ones. Linear dependence of the growth of underground drainage areas with increasing depth of stream incision is revealed. Data on mineralization and chemical composition of water in different aquifers feeding these streams were obtained.

Key words: stream, catchment area, specific discharge, mineralization, chemical composition.

REFERENCES

- Akimenko T.A., Evstigneev V.M., Zaslavskaja M.B.* Hidrologicheskaja karakteristika r. Protvy [Hydrological description of the Protva River]. Moscow: MGU, 2003. 22 p. (in Russian).
- Amelichev G.N., Olfierov A.N., Novikova F.N.* Hidrologicheskie osobennosti r. Abdalki (Simferopol') v oblasti pitaniya artezijskogo bassejna ravninnogo Kryma [Hydrological features of the Abdalka River (the city of Simferopol) in the catchment area of the artesian basin of the low-land Crimea] // Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografija. Geologija. 2017. V. 3(69). № 1. P. 160–175 (in Russian).
- Bonacci O., Magdalenic A.* The Catchment Area of the Sv. Ivan Karst Spring in Istria (Croatia) // Ground Water. 1993. V. 31. № 5. P. 767–773.
- Chizhova Ju.N., Budanceva N.A., Efimova L.E., Luk'janova A.N., Surkova G.V., Vasil'chuk Ju.K.* Izotopno-kislородnyj sostav osadkov i vody v rečnoj sisteme srednej Protvy [Oxygen isotopic composition of precipitation and river water in the middle reaches of the Protva River] // Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografija. 2013. № 2. P. 84–93 (in Russian).
- Evstigneev V.M.* Rečnoj stok i gidrologicheskie rasčety [River runoff and hydrological calculations]. Moscow: MGU, 1990. 304 p. (in Russian).
- Gidrogeologija i inženernaja geologija Sibiri* [Hydrogeology and engineering geology of Siberia]. Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe otd-nie, 1990. 133 p. (in Russian).
- GOST 19179-73. Hidrologija sushi. Terminy i opredelenija [Land hydrology. Terms and definitions]. Gosudarstvennyj komitet SSSR po standartam, Moscow, 1988. 36 p. (in Russian).
- Jazvin A.L.* Kritičeskij obzor normativno-pravovyh dokumentov, reglamentirujuščih izučenie i ispol'zovanie pit'evykh i tehničeskikh podzemnyh vod [Critical review of regulatory and legal documents concerning the exploration and use of potable and industrial underground water] // Razvedka i ohrana nedr. Moscow: FGUP VIMS, 2014. № 5. P. 3–10.
- Komlev A.M.* Prirodnye uslovia i vodnye resursy bassejna reki Kamy (kratkij obzor) [Natural conditions and water resources of the Kama River basin (overview)] // Geograficheskij vestnik. 2007. V. 1–2. P. 73–89 (in Russian).
- Latypov T.F., Suchilin A.A., Bolysov S.I., Derkach A.A., Gluhov A.I.* Karta učebnogo poligona UNB «Satino» geograficheskogo f-ta MGU im. M.V. Lomonosova [Map of the area of the Satino training station of the MSU Faculty of Geography]. Moscow: MGU, 2014 (in Russian).
- Malye reki Volzhskogo bassejna* [Small rivers of the Volga River basin] / Ed. N.I. Alekseevskij. Moscow: MGU, 1998. 230 p. (in Russian).
- Nesmelova E.I., Sorokina V.N., Surkova G.V.* Klimatičeskie uslovia Borovskogo rajona [Climatic conditions of the Borovsk district]. Obshegeograficheskaja praktika v Podmoskov'e. Moscow: MGU, 2007. P. 82–123 (in Russian).
- Nikanorov A.M.* Hidrohimiya. Učebnik. [Hydrochemistry. Textbook]. Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat, 2001. 444 p. (in Russian).
- Olfierov A.N., Timchenko Z.V.* Reki i ozjora Kryma [Rivers and lakes of the Crimea]. Simferopol': Dolja, 2005. 216 p. (in Russian).
- Osnovnye gidrologicheskie karakteristiki rek bassejna Verhnej Volgi* [Principal hydrological characteristics of rivers in the Upper Volga River basin] / Ed.: V.Ju. Georgievskij. Livny: FGBU GGI, 2015. 467 p. (in Russian).
- Plotkin L.A.* Karst rossijskogo Prichernomor'ja [Karst of the Russian Black Sea area] // Kraeved Chernomor'ja, 1997. P. 80–88 (in Russian).
- Rychagov G.I.* Geologo-geomorfologičeskoe stroenie i istorija razvitiya rel'efa [Geological and geomorphological structure and history of the relief] // Obshegeograficheskaja praktika v Podmoskov'e. Moscow: MGU, 2007. P. 30–81 (in Russian).
- Vsevolozhskij V.A.* Osnovy gidrogeologii [Basics of hydrogeology]. Moscow: MGU, 2007. 441 p. (in Russian).
- Yoshida T., Masumoto T., Kubota T., Matsuda S.* Water balance characteristics of Kashima plateau basins assuming variable areas of underground catchments // Paddy Water Environ. 2008. № 6. P. 189–198.

Received 29.03.2018

Accepted 21.05.2018

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Associate Professor, PhD. in Geography; e-mail: alexhydro@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, engineer; e-mail: lan22-66-88@mail.ru

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 911.37

А. И. Алексеев¹, М. И. Воробьев²

СКОЛЬКО СЕЛЬСКИХ ЖИТЕЛЕЙ В РОССИИ ЗИМОЙ?

На примере одной из деревень Центрального Черноземья показано несоответствие числа зарегистрированных и реально проживающих жителей. Ставятся под сомнение оценки численности постоянного («зимнего») сельского населения России.

Ключевые слова: сельская местность, учет населения, зимнее население.

Введение. По рассказам С.А. Ковалева, в 1956 г., во время экспедиции в Самаркандскую область Узбекистана, было очень сложно узнать, сколько жителей проживает в каждом кишлаке: местный начальник обычно говорил: «Дорогой, скажи сколько тебе надо – я напишу!». Напомним, что тогда после последней переписи населения (1939 г.) прошло уже 17 лет, и за это время при учете населения накопилась масса ошибок.

После переписи 1959 г. ситуация значительно улучшилась, и затем, в советский период, при всех проблемах учета населения, по крайней мере его общая численность определялась более или менее точно. Разные методы учета (переписи, похозяйственные книги, текущий учет органами статистики) время от времени сопоставлялись между собой и исправлялись – в основном по итогам переписей. Этому, конечно, способствовала и система обязательной «прописки», без которой существовать было почти невозможно. В постсоветский период ограничения стали гораздо менее жесткими (одно из подтверждений – то, что почти во всех анкетах надо заполнять не только данные о месте регистрации, но и о месте «фактического проживания» – таким образом их различие практически считается нормальным). Для сельской местности важным фактором, обуславливающим искажение данных о населении, является «подушевое финансирование» местных бюджетов и других расходов на поддержание жизни сельского населения. Поэтому местные власти «борются» за каждого жителя в статистике, стараясь учесть максимум населения. В результате возникает множество несовпадений.

Проблема неточности учета населения – не только российская. Например, для Нигерии выяснилось, что более точные результаты дает учет иммунизации детей, которая обязательна [Fashagba, Olorunfemi, 2018].

Еще три десятка лет назад появились первые публикации, посвященные разнице постоянного («зимнего») и летнего населения [Июффе, Фингеро-

в 1987]. Авторы для ряда населенных пунктов одного из районов Калининской области сопоставили половозрастную структуру зарегистрированного (постоянного, «зимнего») населения, с преобладанием населения пожилого возраста, и «летнего» населения, когда в село приезжают городские родственники, и структура населения становится «нормальной» – то есть такой, какой она была бы при отсутствии массового оттока из села. В дальнейшем были проведены более глубокие и масштабные исследования сезонного населения, в том числе дачников [Нефедова, 2013; Между домом и ... домом, 2016].

Однако проблема оценки численности сельского населения не сводится только к сезонным различиям. Выяснилось, что большие различия существуют между числом зарегистрированных и реально проживающих «постоянных» (грубо говоря, «зимних») жителей [Фомкина, 2017].

Отметим, что не существует таких документов, с помощью которых можно было бы разобраться в коллизиях различных видов учета. Это возможно только с помощью либо подворного обхода (что затратно, да и не всегда может дать точный результат из-за недоверия населения к интервьюерам), либо при беседе с местным руководителем – если он вам будет доверять, и расскажет о тонкостях своего подхода к учету населения, или если он местный житель, знающий всех своих односельчан. К счастью, в нашем случае такие люди нашлись.

Материал и методы исследований. В качестве примера нами была обследована деревня Ансимовка, расположенная в периферийном муниципальном районе Центрального Черноземья, в 30 км от райцентра и 120 км от областного центра, в которой по официальным данным числится 265 человек. В качестве информационной базы взяты статистические источники, предоставленные сельским советом, а также результаты полевых исследований. Для сравнения реально проживающих и зарегистрированных сельчан был проведен массовый опрос. Опросы проводились методами анкетирования и интервьюирования.

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, профессор, докт. геогр. н.; *e-mail*: alival@mail.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, студент; *e-mail*: maximvorobiev15@gmail.com

Результаты исследований и их обсуждение. В результате опроса местных жителей выяснилось, что реально постоянно живущих сельчан (включая зимний период) только 175 человек. Еще 90 чел. – местные уроженцы, зарегистрированные, но не проживающие здесь. Большинство из них – уехавшие учиться и/или работать в райцентр и областной центр, некоторые – в Москву и другие города. Однако это не «отходники», постоянно приезжающие в родное село, которые «живут на два дома», а постоянные жители других мест. Большинство из них зарегистрированы в деревне (в основном у своих родственников) потому, что они недостаточно адаптированы в городах – прежде всего, не обзавелись собственным жильем, без которого зарегистрироваться проблематично.

Сравнение половозрастной структуры реально-го и зарегистрированного населения дает нам следующую картину (рис.).

Рассмотрим подробнее половозрастные груп-пы, попытаемся выявить причины несоответствия.

Для детей и подростков разницы между про-живающими и зарегистрированными нет. Это понят-но, так как дети проживают со своими родителями, ездят в школу в центр сельсовета.

Самая большая разница в возрастах 20–40 лет. Из них в возрастах 20–30 лет – это студенты и мо-лодые выпускники, проживающие в общежитиях или на съемных квартирах. Они не могут себе позво-лить купить жилье в том городе, куда они уехали.

Зарегистрированных мужчин здесь в 4–5 раз боль-ше, чем реально проживающих. В возрасте 20–25 лет разница между проживающими и зарегистрированными составляет 19 чел. (24–5), а в группе 25–30 лет – 27 (32–5). В возрастах 30–40 лет – это жители Ансимовки, уехавшие из нее в города после 1991 г. Похоже, что, несмотря на уже зрелый воз-раст, многие еще не обзавелись собственным жи-льем и проживают на съемных квартирах.

В возрастах старше 40 лет сельчане гораздо реже переезжают из деревни в город ввиду следующих факторов: во-первых, необходим уход за пожилыми родителями, во-вторых, непросто привыкнуть к го-родскому образу жизни, а в деревне есть возмож-ность выращивать сельскохозяйственную продук-цию в личном подсобном хозяйстве.

Большое число живущих в возрасте 55–60 лет и старше может быть вызвано тем, что в конце 1960-х открыли школу, почту, медпункт, магазин, а необхо-димых специалистов в деревне не было. Поэтому возникла необходимость в молодых педагогах и медсестрах. В это же время по распределению при-езжали работать и в колхоз. Возрастные группы 55–65 лет – помимо местного населения это те самые кадры, которые остались работать и жить в Анси-мовке до настоящего времени, поэтому это одни из наиболее многочисленных групп.

Еще десяток из «списка постоянных жителей» – неместные уроженцы, не проживающие здесь, но по различным причинам им оказалось удобнее быть

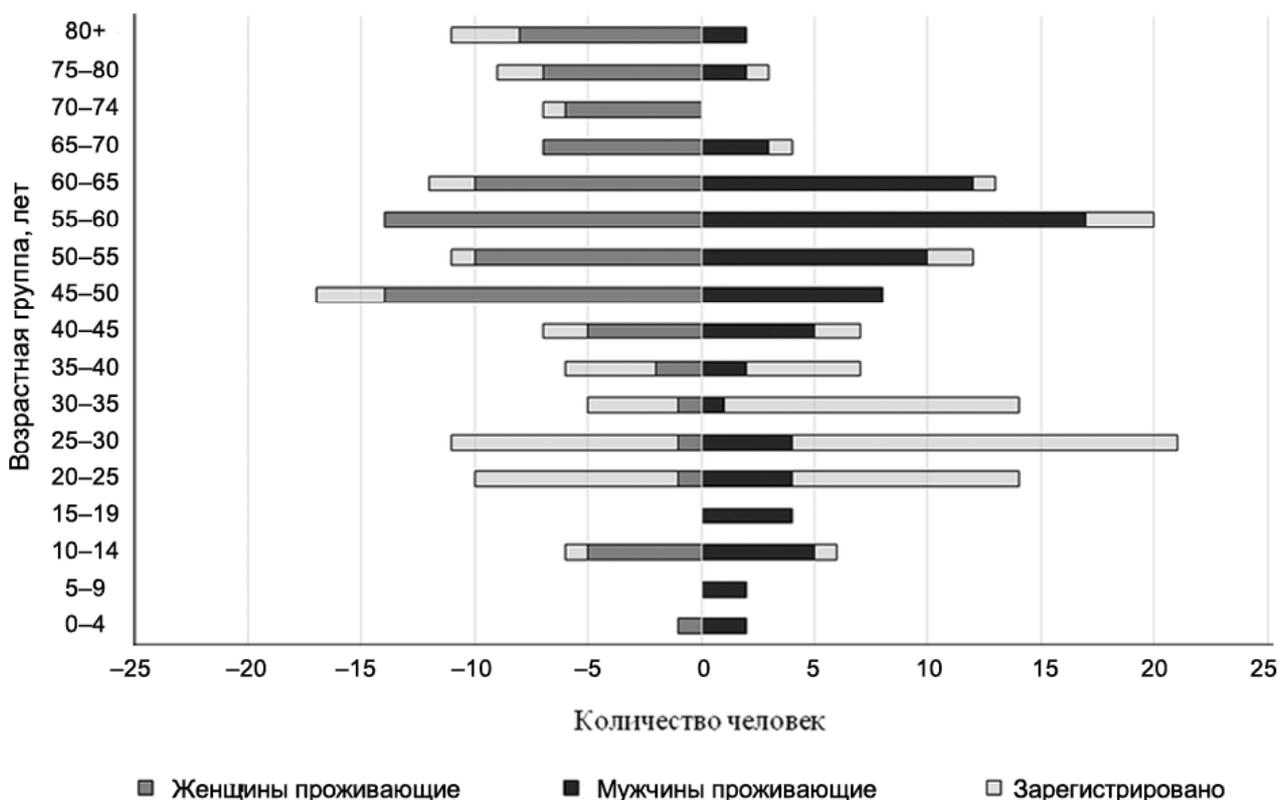


Рис. 1. Сравнение половозрастной структуры зарегистрированных и реально проживающих сельчан

Fig. Comparison of the population pyramid of registered and actually living villagers

зарегистрированными в этой деревне, половина из них – дачники.

Отмеченные различия реальной и «зарегистрированной» ситуации важны не только для коррекции числа проживающих. Изменяется и возрастная структура населения. Так, в зарегистрированном населении (265 чел.) доля лиц молодого трудоспособного возраста (от 20 до 40 лет) – 97 чел. по отчету, то есть 36%, а в действительности – только 18 чел., то есть 10% от реальных 175 чел. Соответственно реальная доля пенсионеров (43%) – больше учитываемой (32%). Таким образом, «учтенное» население – более молодое, а реальное – значительно более постаревшее.

Из всех зарегистрированных (и учтенных также и переписью населения!) жителей деревни Ансимовка, реально в ней проживают (постоянно, в том числе зимой) только две трети. Летом, конечно, ситуация меняется: добавляется около 90 человек – это родственники постоянно проживающих сельчан. Они приезжают на несколько недель помогать по хозяйству. В пик отпускного сезона (июль-август) в деревне насчитывается около 270–280 человек.

В литературе приводится аналогичная оценка различий между реальным и зарегистрированным населением [Фомкина, 2017]. В обследованных этим автором селах Старицкого района Тверской области численность зарегистрированного населения больше реально проживающего там населения. Самая «неуловимая» категория – жители в возрасте

25–29 лет. Из всех зарегистрированных мужчин и женщин в этом возрасте реально проживают в селах лишь около четверти. Автор продолжает: «В целом, для обоих сел доля отсутствующего населения – около 30%. Интересно, что разница в 30% между зарегистрированным и фактически проживающим населением была отмечена не только в этих населенных пунктах. Так, в с. Моста Ивановской области, где проводились экспедиционные работы в 2014 г., из 560 человек зарегистрированного населения реально в селе проживали 396, то есть около 70%».

Выводы:

– как минимум в трех обследованных деревнях (причем, находящихся в разных районах – в Ивановской, Тверской областях и в Центральном Черноземье) учтенное население меньше реального примерно на 30%; учтенное население – «более молодое», с заниженной долей пенсионеров;

– если обследованные деревни репрезентативны (что, конечно, еще надо доказать!), то реальная численность сельского населения России на треть меньше официальной (то есть не 38, а 25 млн человек). И реальная доля проживающих в селе (от общей численности жителей России) составит не 25, а только 17%. Правда, «летнее» сельское население, с учетом дачников – будет, конечно, больше, и в нашем случае она близка к численности зарегистрированных. Однако для получения более или менее репрезентативных данных по России нужно гораздо больше обследований разных типов деревень в разных районах.

Благодарности: работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-011-00725.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Иоффе Г.В., Фингеров Г.М. Сельское хозяйство и рекреация: вопросы взаимоотношений // Территориальная организация хозяйства как фактор экономического развития: Сб. науч. трудов. М.: Институт географии АН СССР, 1987. С. 122–138.
Между домом... и домом. Возвратная пространственная мобильность населения России / Под ред. Т.Г. Нефедовой, К.В. Аверкиевой, А.Г. Махровой. М.: Новый хронограф, 2016. 504 с.

Нефедова Т.Г. Десять актуальных вопросов о сельской России. Ответы географа. М.: Ленанд, 2013. 456 с.

Фомкина А.А. Из опыта подсчета сельских жителей // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. География. 2017. № 6.

Fashagba I., Olorunfemi J.F. Symptomatic method of estimating urban population in Nigeria // Geography, Environment, Sustainability. 2018. V. 11. № 2.

Поступила в редакцию 24.04.2018

Принята к публикации 21.05.2018

A.I. Alekseev¹, M.I. Vorobiev²

HOW MANY RURAL RESIDENTS ARE THERE IN RUSSIA IN WINTER?

The example of a village of the Central Chernozem region makes it possible to show the discrepancy of registered and actual inhabitant numbers. The estimates of permanent («winter») rural population of Russia are questioned.

Key words: countryside, population registration, winter population.

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 18-011-00725).

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, Professor, D.Sc. in Geography; *e-mail:* alival@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, student; *e-mail:* maximvorobiev15@gmail.com

REFERENCES

- Fashagba I., Olorunfemi J.F.* Symptomatic method of estimating urban population in Nigeria // *Geography, Environment, Sustainability*. 2018. V. 11. № 2.
- Fomkina A.A.* Iz opyta podscheta sel'skikh zhitelej [From the experience of counting rural residents] // *Vestnik Mosk. un-ta. Geografiya*. 2017. № 6 (in Russian).
- Ioffe G.V., Fingerov G.M.* Sel'skoe khozyajstvo i rekreatsiya: voprosy vzaimootnoshenij // *Territorial'naya organizatsiya khozyajstva kak faktor ehkonomicheskogo razvitiya: Sb. nauch. Trudov* [Agriculture and recreation: questions of interrelations] // *Territorial organization of economy as a factor of economic development*. M.: Institut geografii AN SSSR, 1987. S. 122–138 (in Russian).
- Mezhdum domom... i domom. Vozvratnaya prostranstvennaya mobil'nost' naseleniya. Rossii / Pod red. T.G. Nefedova, K.V. Averkieva, A.G. Makhrova* [Between home ... and home. Recurrent spatial mobility of the population of Russia]. M.: *Novyj khronograf*, 2016. 504 s. (in Russian).
- Nefedova T.G.* Desyat' aktual'nykh voprosov o sel'skoj Rossii. Otvety geografa. [Ten pressing questions about rural Russia. The answers of a geographer]. M.: Lenand, 2013. 456 s. (in Russian).

Received 24.04.2018

Accepted 21.05.2018

ЮБИЛЕЙ

60-ЛЕТИЕ СЕРГЕЯ АНАТОЛЬЕВИЧА ДОБРОЛЮБОВА



24 октября 2018 г. исполнилось 60 лет Сергею Анатольевичу Добролюбову – одному из ведущих географов России, заведующему кафедрой океанологии, декану географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, члену-корреспонденту РАН, главному редактору журнала «Вестник Московского университета. Серия 5. География».

Научная и педагогическая деятельность Сергея Анатольевича неразрывно связана с географическим факультетом МГУ, который он окончил с отличием в 1980 г. по специальности «океанология». В 1983 г., после окончания аспирантуры факультета, юбиляр защитил кандидатскую диссертацию на тему «Антарктические промежуточные воды в Мировом океане» под научным руководством профессора О.И. Мамаева. Его, а также профессора А.Д. Добровольского, Сергей Анатольевич считает своими учителями, оказавшими влияние на формирование его научных интересов. В 1996 г. С.А. Добролюбовым защищена докторская диссертация «Роль водных масс Мирового океана в глобальном пресноводном балансе и переносе тепла».

С 1983 г. Сергей Анатольевич работает на кафедре океанологии, пройдя путь от инженера и младшего научного сотрудника до доцента и профессора; в 2006 г. он стал заведующим этой кафедрой. С 1999 г. С.А. Добролюбов был заместителем декана по научной работе, в апреле 2015 г. – стал деканом Географического факультета.

Добролюбов С.А. – специалист в области географии и гидрометеорологии, автор и соавтор более

200 научных и учебно-методических работ, в том числе 18 монографий. Он – участник многочисленных океанских экспедиций в Атлантическом океане и Средиземном море, проводившихся, в том числе, в рамках международных программ ПОЛИМОДЕ, WOCE («Глобальный эксперимент по циркуляции океана») и CLIVAR («Изменения климата»), ответственный исполнитель от МГУ нескольких международных грантов по исследованию роли Северной Атлантики в колебаниях климата и оценке природных рисков в прибрежной зоне. Под руководством С.А. Добролюбова выполнены комплексные проекты по изучению изменений природной среды, гидрологического цикла, взаимодействия океана и атмосферы, природных рисков для регионов России, созданию комплексных географических атласов, мегагранты Правительства РФ, гранты РФФИ, РНФ и Русского Географического общества. В 2000 г. награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени. В 2006 г. избран членом-корреспондентом РАН.

Главные научные достижения С.А. Добролюбова связаны с выяснением роли океана в долгопериодных колебаниях климата. Им впервые получена картина переноса пресной составляющей в океанском звене глобального гидрологического цикла; установлена причина формирования глобальной циркуляции, установлены основные пути перемещения тепловой энергии и пресной составляющей между океанами и их возможная климатическая изменчивость; исследована межгодовая изменчивость промежуточных и глубинных вод океанов.

С.А. Добролюбов ведет активную преподавательскую работу. Им разработаны учебные программы по гидрометеорологии; учебник «Гидрология» (соавтор В.Н. Михайлов) вошел в серию «Классический университетский учебник» и выдержал 4 издания. Подготовлены 3 кандидата наук. Осуществляется руководство Учебно-методическим советом по географии, ведется активная деятельность на посту заместителя председателя Федерального учебно-методического объединения «Науки о Земле».

Обширна научно-организационная работа С.А. Добролюбова. Он – председатель специализированного диссертационного совета по гидрометеорологии на Географическом факультете МГУ, зам. председателя Секции наук о Земле РФФИ, национальный представитель в Международном научном совете по изучению Мирового океана (SCOR), член Национального океанографического комитета России, член диссертационного совета

ИО РАН им. П.П. Ширшова, главный редактор журнала «Вестник Московского университета. Серия 5. География», член редакционного совета журнала «Океанология», заместитель главного редактора журнала «Geography, Environment, Sustainability», член редколлегий журналов «Метеорология и гидрология», «Проблемы Арктики и Антарктики», «Морской гидрофизический журнал», член президиума Ученого совета Русского географического общества.

Преданное служение науке, творческая энергия, высокая профессиональная требовательность, добродетельность и отзывчивость снискали Сергею Анатольевичу Добролюбову высокий авторитет и уважение коллег и учеников.

Желаем Сергею Анатольевичу новых успехов в его научной, педагогической и организационной деятельности, реализации планов и свершения самых смелых идей, крепкого здоровья и долгих творческих лет жизни.

*Коллектив географического факультета МГУ
Редколлегия журнала*

ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ СТАТЕЙ К ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. СЕРИЯ 5. ГЕОГРАФИЯ»

Журнал «Вестник Московского университета. Серия 5. География» публикует результаты оригинальных исследований в различных областях географической науки, теоретические, методические и обзорные статьи, представляющие интерес для мирового научного сообщества. К публикации также принимаются краткие сообщения (объем до 4 стр. или 4000 знаков с пробелами, до 2 рисунков и до 10 позиций в списке литературы), информация о научных конференциях и событиях, рецензии на книги. Представленные к опубликованию материалы должны соответствовать формальным требованиям журнала, пройти процедуру слепого рецензирования и получить рекомендацию к публикации на заседании редколлегии журнала. Решение о публикации принимается на основе научной значимости и актуальности представленных материалов. Статьи, отклоненные редакционной коллегией, повторно не принимаются и не рассматриваются.

Комплектность. Представленные в редакцию материалы должны включать направление с места работы (учебы) автора; текст статьи, подписанный всеми авторами; аннотацию статьи и ключевые слова на русском и английском языках; таблицы, рисунки и подписи к ним. Материалы (за исключением направления) представляются в распечатанном виде в двух экземплярах и в электронном виде.

Структура и оформление статьи. На первой странице статьи необходимо указать УДК (печатается над заголовком статьи слева), инициалы и фамилию автора, название статьи. Внизу страницы в виде цифровых сносок для каждого автора указываются место работы, должность, ученая степень, адрес электронной почты. Информация о выполнении работы в рамках программы (проекта), о ее финансовой поддержке указывается в конце статьи. Изложение должно быть ясным, лаконичным и последовательным. Статья должна быть структурирована и включать рубрики: введение; материалы и методы исследований; результаты исследований и их обсуждение; выводы; список литературы.

Текст набирается шрифтом Times New Roman 14 кеглем через 1,5 интервала, с отступом абзацев 1,25 см. Страницы А4 имеют верхнее и нижнее поля 2 см, 2,5 см слева и 1,5 см справа; с нумерацией сверху страницы. Объем статьи не должен превышать 14–16 страниц (включая список литературы и таблицы) и не более 3–4 рисунков. Статьи больше-

го объема могут быть опубликованы в исключительных случаях по решению редакционной коллегии.

Нумерация формул (сплошная по всей статье) указывается в скобках цифрами (1, 2 и т. д.) с правой стороны. Нумеруются только те формулы, на которые есть ссылки в тексте.

Список литературы приводится в конце статьи: сначала в соответствии с русским алфавитом, затем – с английским, по тексту статьи даются ссылки в квадратных скобках [Иванов, 1985]. Библиографическое описание дается в следующем порядке: фамилии и инициалы авторов, полное название монографии, место издания, издательство, год издания, страницы; для периодических изданий – фамилии и инициалы авторов, название статьи, название журнала, год выпуска, том, номера страниц. Для списка References (рекомендуем пользоваться ресурсом <http://www.translit.ru>) для русскоязычных позиций сделать транслитерацию ФИО авторов и названия работы; в квадратных скобках дать перевод названия на английский язык, транслитерацию выходных данных, в скобках (in Russian). Ссылки на иностранных языках остаются в оригинальном варианте. Пример оформления первой страницы и списка литературы см. на сайте журнала.

Таблицы печатаются на отдельной странице каждая, кегль 14, через 1,5 интервала. Нумеруются по порядку упоминания их в тексте арабскими цифрами. После номера должно следовать название таблицы. Все графы в таблицах должны иметь заголовки и быть разделены вертикальными линиями.

Все рисунки желательно присылать в формате JPEG, отдельным файлом. На иллюстрациях следует избегать лишних деталей и надписей (надписи рекомендуется заменять цифрами или буквами, разъяснение которых дается в подрисуночных подписях или в тексте). Линии на рисунках должны быть четкими (5–6 pix). Ширина рисунков не должна превышать 180 мм, высота – 240 мм. Шрифт буквенных и цифровых обозначений на рисунке Times New Roman (9–10-й кегль). Рисунки должны быть черно-белыми, рекомендуется применять разные типы штриховки (с размером шага, позволяющим дальнейшее уменьшение). Фото должны быть черно-белыми, контрастными.

Подрисуночные подписи представляются на отдельной странице, кегль 14, через 1,5 интервала.

Статьи принимаются на географическом факультете в комнате 2108а. Тел. 8-495-939-29-23.

Электронный адрес редколлегии:

<http://geogrmsu.epub.ru>

Плата за публикацию не взимается.

УЧРЕДИТЕЛИ:

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова;
географический факультет МГУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

С.А. ДОБРОЛЮБОВ, доктор географических наук, профессор, член-корреспондент РАН (главный редактор)
В.С. ТИКУНОВ, доктор географических наук, профессор (зам. главного редактора)
Т.А. ЯНИНА, доктор географических наук (ответственный секретарь)
А.И. АЛЕКСЕЕВ, доктор географических наук, профессор
С.И. БОЛЫСОВ, доктор географических наук, профессор
А.Н. ГЕННАДИЕВ, доктор географических наук, профессор
К.Н. ДЬЯКОНОВ, доктор географических наук, профессор, член-корреспондент РАН
С.С. ЗИЛИТИНКЕВИЧ, доктор географических наук, профессор (Метеорологический институт Финляндии)
О.Г. ЗОЛИНА, профессор (Университет Ж. Фурье, г. Гренобль, Франция)
В.Ю. ИВАНОВ, профессор (Мичиганский университет, США)
Н.С. КАСИМОВ, доктор географических наук, профессор, академик РАН
А.В. КИСЛОВ, доктор географических наук, профессор
В.А. КОЛОСОВ, доктор географических наук, профессор
К.П. КОЛТЕРМАНН, профессор
М. КОНЕЧНЫ, профессор (Университет г. Брно, Чешская Республика)
В.Н. КОНИЩЕВ, доктор географических наук, профессор
С.Б. КРООНЕНБЕРГ, профессор (Технологический университет г. Делфт, Нидерланды)
С.М. МАЛХАЗОВА, доктор географических наук, профессор
Г. МОУРИ, профессор (Университет г. Токио, Япония)
П.Е. ТАРАСОВ, доктор наук, профессор (Берлинский Свободный университет, Германия)
В.Е. ШУВАЛОВ, кандидат географических наук, доцент
В.В. ЯНКО-ХОМБАХ, доктор геолого-минералогических наук, профессор (Институт прикладных исследований Авалон, г. Виннипег, Канада)

EDITORIAL BOARD:

S.A. DOBROLUBOV, doctor of science, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, professor (*Editor-in-chief*)
V.S. TIKUNOV, doctor of science, professor (*Deputy Editor-in-chief*)
T.A. YANINA, doctor of science (*Secretary-General*)
A.I. ALEKSEEV, doctor of science, professor
S.I. BOLYSOV, doctor of science, professor
K.N. D'YAKONOV, doctor of science, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, professor
A.N. GENNADIYEV, doctor of science, professor
V.YU. IVANOV, professor (Michigan University, USA)
N.S. KASIMOV, doctor of science, academician of the Russian Academy of Sciences, professor
A.V. KISLOV, doctor of science, professor
V.A. KOLOSOV, doctor of science, professor
K.P. KOLTERMANN, professor
M. KONECNY, professor (Masaryk University, Faculty of Science, Czech Republic)
V.N. KONISHCHEV, doctor of science, professor
S.B. KROONENBERG, professor (Delft University of Technology, Department of Applied Earth Sciences, Netherlands)
S.M. MALKHAZOVA, doctor of science, professor
G. MOURI, professor (University of Tokyo, Japan)
V.E. SHUVALOV, candidate of science, associate professor
P.E. TARASOV, professor (Free Berlin University, Germany)
V.V. YANKO-KHOMBACH, doctor of science, professor (Avalon Institute of Applied Sciences, Winnipeg, Canada)
S.S. ZILITINKEVICH, doctor of science, professor (Finnish Meteorological Institute, Finland)
O.G. ZOLINA, professor (Fourier University, Grenoble, France)

Номер подготовили члены редколлегии

С.И. БОЛЫСОВ, В.С. ТИКУНОВ

Редактор **Е.В. Достовалова**

Адрес редколлегии:

119992, Москва, Ленинские горы, МГУ,
географический факультет, комн. 2108а. Тел. (495) 939-29-23

*Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации РФ.
Свидетельство о регистрации № 1552 от 14 февраля 1991 г.*

Подписано в печать 00.00.2016. Формат 60×90/8.
Гарнитура Times New Roman Суг. Бумага офсет. № 1. Офсетная печать. Усл. печ. л. 14,0
Уч.-изд. л. 00,0. Тираж экз. Изд. № 00000. Заказ №

Типография МГУ.
119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 15.