

СОДЕРЖАНИЕ

Том 85, номер 2, 2021

ТЕОРИЯ И СОЦИАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ ГЕОГРАФИИ

- Эволюция систем расселения в аспекте классической теории центральных мест
Р. В. Дмитриев 165

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЩЕСТВА

- Постсоветская трансформация животноводства в Центральной России по данным статистики, космическим снимкам и наблюдениям авторов
А. А. Медведев, Т. Г. Нефедова 176
- Мифы и реальность дальневосточного регионализма: внешний образ и идентичность макрорегиона
М. В. Назукина 195
- Влияние депопуляции на политическую жизнь и легитимность непризнанных государств (на примере Приднестровья)
В. А. Колосов, А. В. Кривенко 205

ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ДИНАМИКА ГЕОСИСТЕМ

- Количественная оценка плановых переформирований реки Камчатки
С. Р. Чалов, А. С. Чалова, Д. И. Школьный 218
- Оценка климатогенной угрозы распространения таежного клеща *Ixodes persulcatus* на территории России и соседних стран в начале XXI века
И. О. Попов, С. М. Семенов, Е. Н. Попова 231

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

- Последствия техногенного погребения рек в городах (на примере Москвы)
В. А. Неходцев 238
- Бригогеохимическое геостатистическое изучение атмосферного загрязнения Северной Украины
Ю. Г. Тютюнник, А. В. Шабатура, О. Б. Блюм, П. Даунис-и-Эстаделья 248

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

- Экологические аспекты формирования и развития территорий опережающего развития на Дальнем Востоке России
З. Г. Мирзеханова 263
- Влияние декадного атмосферного увлажнения на урожайность яровой пшеницы в лесостепной зоне Новосибирской области
О. С. Литвинова 274
- Первые результаты люминесцентного датирования лёссово-почвенных серий юга Западной Сибири (опорный разрез Ложок)
Н. Е. Вольвах, Р. Н. Курбанов, А. О. Вольвах, В. С. Зыкина, Д. Е. Хащевская, Я.-П. Булард, Э. С. Мюррей 284
- Катастрофические паводки в бассейне Ангары в 2019 году: моделирование условий формирования и водного режима рек
Ю. Г. Мотовилов, А. Н. Гельфан, В. О. Полянин 302

ИСТОРИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ НАУКИ

Вклад В.А. Пуляркина в отечественную географическую науку:
к 90-летию со дня рождения

Д. Л. Лопатников

Contents

Volume 85, No. 2, 2021

Theory and Social Functions of Geography

- The Evolution of Settlement Systems in Classic Central Place Theory
R. V. Dmitriev 165
-

Territorial Organization of Society

- Post-Soviet Transformation of Animal Husbandry in Central Russia According to Statistics, Satellite Images Data and Authors' Observations
A. A. Medvedev and T. G. Nefedova 176
- Myths and Reality of Far Eastern Regionalism: External Image and Identity of the Macroregion
M. V. Nazukina 195
- Depopulation Impact on Political Life and Legitimacy of Unrecognized States (Case of Transnistria)
V. A. Kolosov and A. V. Crivenco 205
-

Natural Processes and Dynamics of Geosystems

- Quantitative Assessment of Channel Planform Changes of the Kamchatka River
S. R. Chalov, A. S. Chalova, and D. I. Shkolnyi 218
- Assessment of Climatogenic Hazard of the Taiga Tick *Ixodes persulcatus* Distribution in Russia and Neighboring Countries at the Beginning of the 21st Century
I. O. Popov, S. M. Semenov, and E. N. Popova 231
-

Natural Recourse Use and Geocology

- Consequences of Man-Made Burial of Rivers in Cities (Case of Moscow)
V. A. Nekhodtsev 238
- Briogeochemical and Geostatistic Study of Northern Ukraine Atmospheric Pollution
Yu. G. Tyutyunnik, A. V. Shabaturova, O. B. Blum, and P. Daunis-i-Estadella 241
-

Regional Geographical Problems

- Environmental Aspects of the Formation and Development of Priority Development Areas in the Far East of Russia
Z. G. Mirzekhanova 263
- Influence of Decadal Atmospheric Moisture on Spring Wheat Yield in the Forest-Steppe Zone of Novosibirsk Oblast
O. S. Litvinova 274
- The First Results of Luminescent Dating of Loess-Paleosol Series in the South of Western Siberia (Lozhok Reference Section)
N. E. Volvakh, R. N. Kurbanov, A. O. Volvakh, V. S. Zykina, D. E. Khashchevskaya, J.-P. Buylaert, and A. S. Murray 284
- Catastrophic Floods in the Angara River Basin in 2019: Modeling the Conditions of Formation and Water Regime of Rivers
Yu. G. Motovilov, A. N. Gelfan, and V. O. Polyaniin 302
-

History of Geography

The Contribution of V.A. Pulyarkin to National Geography:
to the 90th Anniversary of the Birth

D. L. Lopatnikov

317

УДК 911.8

ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМ РАССЕЛЕНИЯ В АСПЕКТЕ КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ЦЕНТРАЛЬНЫХ МЕСТ

© 2021 г. Р. В. Дмитриев^{a, b, *}

^aИнститут географии РАН, Москва, Россия

^bИнститут Африки РАН, Москва, Россия

*e-mail: dmitrievrv@yandex.ru

Поступила в редакцию 25.06.2020 г.

После доработки 01.12.2020 г.

Принята к публикации 22.12.2020 г.

При рассмотрении в аспекте теории центральных мест особенностей эволюционного развития систем расселения установлено, что, вопреки преобладающей точке зрения, в общем случае не существует выраженной зависимости между долей городского населения и числом центральных мест более низкого уровня иерархии, подчиненных центральному месту данного уровня. При этом аксиома теории о неоднородности распределения только лишь городского населения должна быть заменена следующей: “Пространство однородно и изотропно во всех отношениях, за исключением распределения всего населения или его части”. Таким образом, существование систем центральных мест, лишенных сельского населения, не противоречит самой теории в ее классическом варианте. Выявлена последовательность эволюционных преобразований систем центральных мест в рамках бесконечной решетки: формирование последних происходит путем последовательного заполнения уровней иерархии (рост значения параметра K для данного уровня), прерывающегося появлением подсистем (увеличение числа уровней иерархии при постоянстве K) — по крайней мере, после заполнения второго и пятого уровней. В статье обоснована возможность рассмотрения изолированных участков кристаллеровской решетки. В этой связи аксиома теории о “рациональном” поведении потребителя может считаться избыточной, а постулат о бесконечности пространства отвергается. Лишь две исходных аксиомы — о полиморфизме систем центральных мест и о максимально компактной “упаковке” их частей — могут считаться незыблемыми.

Ключевые слова: теория центральных мест, пространство, самоорганизация, доля городского населения, эволюция, уровень иерархии, полиморфизм, K -параметр

DOI: 10.31857/S2587556621020047

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Классическая теория центральных мест (ТЦМ) — один из немногих формализованных конструктов общественной географии — подвергается критике за абстрактность постулатов (Johnston, 2007) и ошибки в исходных положениях (Nicolas, 2009). В то же время ТЦМ стала базисом (Мазаев, 2010), во-первых, для планов освоения (Rössler, 1989) оккупированных нацистской Германией территорий современных Польши, Чехии и Словакии и, во-вторых, для Генеральной схемы расселения СССР (Наймарк, 1997), предложенной отечественными специалистами. В этой связи ТЦМ сохраняет свою актуальность до настоящего времени, а ее модификации могут быть использованы в качестве теоретической основы нового варианта Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период после 2025 г.

Действительно, ошибки в расчетах встречаются даже у крупнейших математиков своего време-

ни. Один из наиболее ярких примеров наших дней — доказательство в середине 1990-х годов Великой теоремы Ферма Эндрю Уайлсом, когда после, казалось бы, окончательного решения, представленного на одной из конференций, коллеги указали автору на существенный недостаток, который он исправил годом позже с помощью своего ученика; вспоминая об этих событиях в рамках интервью, Уайлс разрыдался перед камерой (Стюарт, 2019). Тем не менее наличие ошибок в доказательстве отдельных положений ТЦМ — это безусловный *положительный* момент, поскольку и ошибочный путь может приводить новых исследователей к исправлению недочетов и развитию самой теории. Поэтому ошибками подобные моменты мы не считаем (это очень важно в аспекте того, о чем будет идти речь далее).

Слабые места в аргументации положений ТЦМ зачастую связаны с абстрактным моделированием. Действительно, очень часто ТЦМ представляется конструктом, далеким от реальности,

хотя, забегаая вперед, повторим известное высказывание А. Лёша, что “сравнения нужны не для проверки теории, а для проверки действительности. Мы должны удостовериться в том, что существующее целесообразно” [цит. по: (Шупер, 2006)]. В то же время отечественная и зарубежная историография ТЦМ представлена только публикациями, посвященными отдельным ее направлениям; работы, охватывающие весь период развития теории, отсутствуют (Sonis, 2005). Изучение истории формирования ТЦМ как таковой будет способствовать не только выявлению сильных и нивелированию слабых сторон теории, но и предложению новых ее модификаций. Последние представляют собой новый вызов ТЦМ в условиях необходимости приближения теоретических построений к их реальным аналогам в рамках непосредственно существующих систем расселения (Гранберг, 2006).

МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Позволим себе напомнить аксиомы ТЦМ. Их формулировка в разных работах может звучать по-разному, однако суть от этого не меняется. Всего таких аксиом пять. Хотя В.А. Шупер (1995) предложил шестую аксиому, мы склонны относить ее скорее к категории теорем, поэтому здесь не упоминаем:

1) пространство однородно и изотропно во всех отношениях, за исключением распределения *городского населения*;

2) *пространство бесконечно*;

3) “части” системы центральных мест расположены максимально компактно;

4) **системы центральных мест полиморфны ($K = 3$, $K = 4$, $K = 7$)**;

5) *поведение потребителя “рационально”*.

Курсивом в перечне выше выделены те части аксиом, которые мы бы хотели трансформировать, придав им более “приземленный”, иногда даже практический характер. Четвертая аксиома выделена полужирным шрифтом, поскольку ранее в работах исследователей была установлена возможность существования систем центральных мест (ЦМ) и другой структуры. Вероятно, для случаев $K = 5$ и $K = 6$ данное положение было доказано зарубежными (Church, Bell, 1990), а для $K = 2$ – отечественными (Важенин, 1997; Важенин, 2006) исследователями.

Пятая и вторая аксиомы в определенной степени связаны между собой и в единой трактовке приводят к очень интересному выводу о невозможности извлечения сверхприбыли поставщиками услуг в системах центральных мест; на этот факт указывал еще А. Лёш (Lösch, 1940). Этот вывод означает, что в решетке одно ЦМ более низкого уровня должно иметь возможность обслужи-

ваться по крайней мере двумя ЦМ предшествующего – более высокого – уровня. Данное утверждение избыточно, если мы безоговорочно принимаем вторую аксиому, однако если же мы хотим трансформировать последнюю, то оно необходимо.

Отметим, что в нашем исследовании мы говорим прежде всего об иерархической, а не экономической составляющей в аспекте принципа дополнительности, предложенного В.А. Шупером (1996); хотя и будем к экономической составляющей время от времени обращаться. Указанный принцип заключается в том, что мы не можем для некоей существующей системы ЦМ одновременно зафиксировать и их иерархию по численности населения, и совокупность центральных функций по обслуживанию себя и дополняющих районов. Тем не менее, две этих составляющих формирования решетки неразрывно друг с другом связаны, отделить их невозможно. В то же время, если мы желаем проследить путь эволюции этой системы ЦМ, преобладание той или иной составляющей в цепочке умозаключений исследователя приведет к совершенно разным схемам этой эволюции.

Разумеется, эволюционные процессы в системах расселения интересовали специалистов по ТЦМ, начиная со времени ее появления (Christaller, 1933). Классических экономгеографов в большей степени интересует иерархическая составляющая “принципа дополнительности” в отношении эволюции систем ЦМ. В то же время первые работы, посвященные этой проблеме, появились лишь в 1990-е годы благодаря экономистам. Причем были выполнены они в русле “новой экономической географии”: не удивительно при этом, что именно составляющая центральных функций была основной. Так, М. Фуджита, П. Кругманом и Т. Мори (Fujita et al., 1999) представлена схема эволюции участка сети ЦМ: она достаточно сложна, однако характерной чертой является то, что после ЦМ 1-го уровня возникает ЦМ не 2-го, а 3-го уровня. Это не удивительно, поскольку, с одной стороны, ЦМ 2-го уровня обслуживает большую территорию, а с другой, расположено слишком далеко (дальше ЦМ любых других уровней решетки) от уже существующего ЦМ 1-го уровня. Две разнонаправленные тенденции по размещению нового ЦМ – быть ближе (для минимизации транспортных издержек) и быть дальше (для формирования своего собственного “рынка”) по отношению к уже существующему – приводят к появлению ЦМ, расположенного в определенной степени посередине между двумя крайними вариантами.

Пожалуй, единственная аксиома, к которой мы не имеем претензий, – это третья. Отметим, что мы не считаем аксиомы неверными – они

лишь должны быть уточнены для корректной дальнейшей работы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Начнем с первой аксиомы. В классической (кристаллеровской) ТЦМ численность населения зоны уровня n характеризуется (Рагг, 1969) следующим уравнением (1):

$$P_n = p_n + KP_{n+1} - p_{n+1}, \tag{1}$$

где P_n – численность населения зоны уровня иерархии n ; p_n – численность населения одного ЦМ уровня иерархии n ; K – вариант кристаллеровской иерархии (в классической ТЦМ $K = 3$ или 4, или 7).

Представим, что *все* поселения некоей системы центральных мест иерархичны по крайней мере в отношении численности их населения – на самом деле, в большинстве реальных случаев так оно и есть, поскольку иерархия свойственна не только городским, но и сельским поселениям, входящим в единую систему. Возьмем для дальнейшего рассмотрения все иерархичные поселения с номерами от 1 до некоего n (нумерация уровней производится сверху) и выпишем систему уравнений (2), описывающих численность населения каждой зоны соответствующего уровня, за исключением первой и последней. Вставим последовательно все уравнения системы (2), начиная с верхнего, в уравнение (1):

$$\begin{cases} P_2 = p_2 + KP_3 - p_3 \\ P_3 = p_3 + KP_4 - p_4 \\ \dots \\ P_{n-1} = p_{n-1} + KP_n - p_n \end{cases} \tag{2}$$

Произведя некоторые преобразования, получим уравнение (3), отражающее численность населения всей системы:

$$P_1 = \left[p_1 + (K - 1) \sum_{i=2}^{n-1} (p_i K^{i-2}) \right] + K^{n-1} P_n - K^{n-2} p_n. \tag{3}$$

При этом сумма слагаемых в квадратных скобках представляет собой численность населения зон всех уровней иерархии с 1-го до $(n - 1)$ -го. Два последних слагаемых вне скобок образуют численность населения зон уровня n (последнего, взятого нами для рассмотрения) и всех нижележащих иерархических уровней. “Очистим” последние от уровня n . Тогда (3) примет вид (4):

$$P_1 = \left[p_1 + (K - 1) \sum_{i=2}^n (p_i K^{i-2}) \right] + K^{n-1} P_n - K^{n-2} p_n - (K - 1) K^{n-2} p_n, \tag{4}$$

где сумма слагаемых в квадратных скобках представляет собой численность населения зон всех

рассматриваемых уровней с 1-го до n -го, а далее (вне квадратных скобок) – численность населения зон всех нижележащих уровней.

Произведя преобразования “внескобочного” участка правой части (4), получаем, что суммарная численность населения всех зон уровней иерархии ниже n равна $K^{n-1} \times (P_n - p_n)$. Тогда, используя уравнение Бекманна–Парра (Рагг, 1969) и произведя некоторые преобразования, находим, что доля (v) численности населения всех ЦМ уровней иерархии ниже n -го в населении всей рассматриваемой системы расселения выражается уравнением (5):

$$v = \frac{K^{n-1} (P_n - p_n)}{P_1} = \frac{K^{n-1} (P_n - kP_n)}{P_1} = \frac{K^{n-1} P_1 (1 - k) \left(\frac{1 - k}{K - k} \right)^{n-1}}{P_1} = (1 - k) \left(\frac{K(1 - k)}{K - k} \right)^{n-1}. \tag{5}$$

Тогда суммарная доля всех ЦМ с 1-го до n -го в населении всей рассматриваемой системы расселения выражается уравнением (6):

$$\varphi = 1 - v = 1 - (1 - k) \left(\frac{K(1 - k)}{K - k} \right)^{n-1}. \tag{6}$$

В данном случае k представляет собой долю центрального места в населении обслуживаемой им зоны. Как было показано В.А. Шупером (1995), значение k постоянно для всех уровней иерархии. Нам удалось установить существование нестрогого инварианта k в виде его максимального значения (Дмитриев, 2019а), равного $K - \sqrt{K^2 - K}$. Учитывая это, выявлено, что для любого n и при одном и том же значении K , равно как и для любого K при одном и том же значении n , график зависимости доли центральных мест всех уровней с 1-го до n -го в населении системы расселения (φ) от доли центрального места в населении обслуживаемой им зоны (k) носит характер непрерывной монотонно возрастающей функции, определенной на всем интервале значений k . Иными словами, *доля численности населения центральных мест всех уровней с 1-го до n -го в населении всей системы расселения может быть любой – фактически от 0 до максимума при максимуме же k .*

Среди всего многообразия случаев того, что мы считаем ЦМ уровней с 1-го до n -го, есть один очень важный – когда в качестве них мы будем рассматривать все городские населенные пункты. В этом случае, очевидно, φ представляет собой долю городского населения. В работах российского исследователя А.А. Важенина по ТЦМ была установлена зависимость типа кристаллеровской иерархии от уровня урбанизации. На ограниченном эмпирическом материале им было установ-

Таблица 1. Схема эволюции системы центральных мест в зависимости от доли городского населения

Условная характеристика системы	$K = 2$	$K = 3$	$K = 4$	$K = 5$	$K = 6$
Доля городского населения, %	10	30	50	70	90

Составлено автором по: (Важенин, 2006).

лено, что система ЦМ эволюционирует по следующей схеме (табл. 1).

Учитывая приведенные выше доказательства, мы можем сказать, что выявленная А.А. Важениным закономерность – лишь частный случай из всего фактически неограниченного их числа. Таким образом, первый результат нашего исследования состоит в том, что на самом деле *не существует выраженной зависимости между эволюцией системы ЦМ от $K = 2$ к $K = 7$ и изменением уровня урбанизации.*

Может показаться, что предложенные нами расчеты справедливы лишь в том случае, если $n \neq n_{\max}$, т.е. присутствует хотя бы один уровень иерархии ниже n . Действительно, ведь k , т.е. доля ЦМ в населении обслуживаемой им зоны, постоянна для всех уровней иерархии. На самом деле в доказательстве постоянства k в классической ТЦМ при “выходе” на уравнение Бекманна–Парра говорится о соотношении уровней (смежных или не смежных), но ничего не говорится о постоянстве k именно для последнего уровня. Если представить, что за ним нет других уровней, то значение k для него отличается от соответствующего значения для всех остальных уровней и равно 1, а численность населения одной зоны данного уровня равна численности населения его ЦМ.

Иными словами, если мы говорим о фактической иерархии всех уровней в системе ЦМ (без или с разделением на городское и сельское или любое другое население), то без какого-либо ущерба для самой теории ТЦМ ее первая аксиома может быть изменена и формулироваться следующим образом: “*пространство однородно и изотропно во всех отношениях, за исключением распределения всего населения или его части*”. В этом смысле, несмотря на высказывавшиеся ранее замечания (Parr, Denike, 1970), можно утверждать, что существование систем ЦМ со 100-процентным уровнем урбанизации ни в какой мере не противоречит самой теории в ее классическом варианте.

В то же время уравнение, позволяющее определить долю ЦМ рассматриваемых уровней во всей системе, может дать нам гораздо больше. Речь здесь идет о таком важном и, пожалуй, – по словам критиков ТЦМ – наиболее уязвимом ее аспекте, как динамизм (вернее, его отсутствие)

(Preston, 1983). Действительно, не ясно, как происходит появление новых ЦМ в системе (можно даже назвать этот процесс эволюцией) – т.е., в конечном счете, как происходит появление новых уровней иерархии (показатель n), и как эти уровни заполняются (показатель K). При фиксировании одного из этих параметров проблем не возникает, однако на самом деле K и n могут меняться – по крайней мере судя по виду уравнения (6) – почти независимо друг от друга. Но это лишь на первый взгляд: на самом деле процесс эволюции систем расселения в аспекте классической ТЦМ достаточно строг. На доказательстве этого утверждения мы бы и хотели остановиться далее.

Вероятно, для систем расселения в рамках ТЦМ действительно в процессе эволюции характерен (по крайней мере, до некоторого момента) рост численности городского населения (Эм, 2013). Это особенно важно для закрытых систем с иерархическими показателями роста численности населения всех уровней (в соответствии с их иерархией по численности населения) или для систем с постоянным населением: иными словами, новым ЦМ-городам в таких системах просто неоткуда взяться, кроме как из сельского населения. Для установления порядка эволюции систем ЦМ важно, чтобы изменения эти носили по возможности наиболее монотонный характер, т.е. в конечном итоге, чтобы график функции φ не имел разрывов первого и второго рода. Это означает, что в каждой точке – по крайней мере на интервале от 0 до 1 – мы можем найти его производную. Причем фактически это будут частные производные, поскольку это функция трех переменных (k , K , n). Формально мы можем зафиксировать одну или даже две из них и посмотреть, что происходит с функцией дальше, но тогда мы уйдем от главной задачи – выяснить, какова же картина при трех нефиксированных переменных.

Действительно, фиксировать K и n мы не имеем права, а вот с k дело обстоит не так однозначно. Построим графики функции $\varphi = 1 - (1 - k) \times \left(\frac{K(1 - k)}{K - k} \right)^{n-1}$ при почти полярных значениях k , равных 0.1 и 0.5 – за эти пределы функция выходит редко (рис. 1).

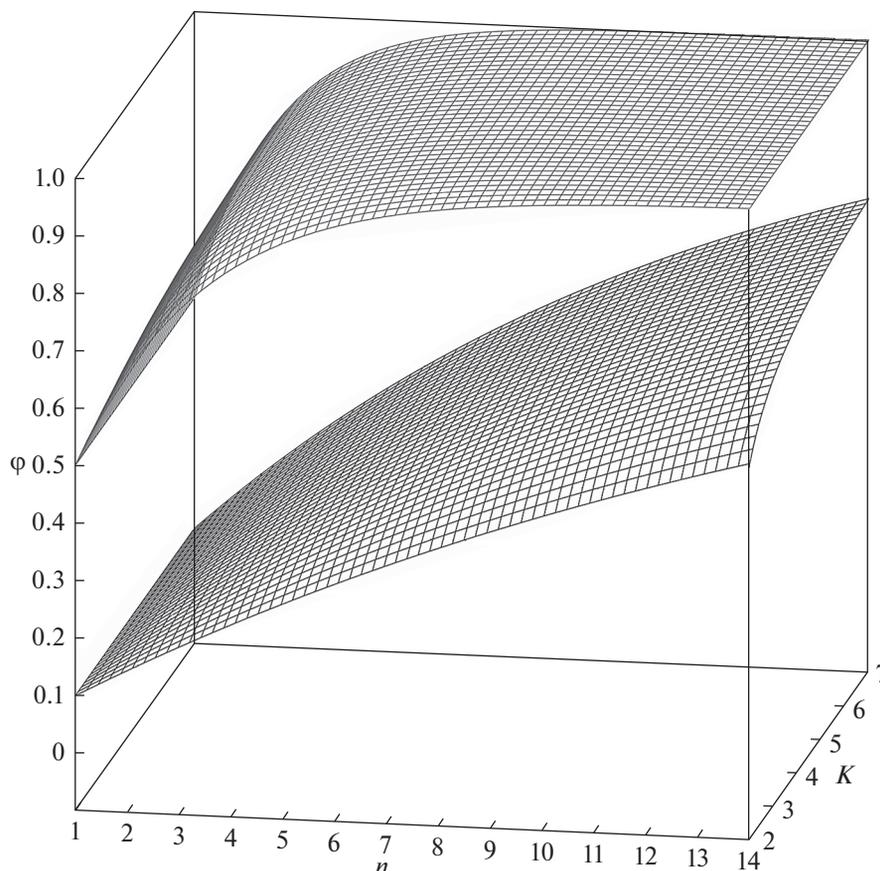


Рис. 1. Зависимость доли населения ЦМ всех уровней с 1-го до n -го в населении системы расселения (ϕ) от числа уровней иерархии (n) и значения показателя K при доле центрального места в населении обслуживаемой им зоны (k), равной 0.1 (нижний график) и 0.5 (верхний график). Рассчитано и составлено автором по (Graficus.ru. <http://grafikus.ru/plot3d> (дата обращения 18.11.2019 г.)).

На первый взгляд, один из них не похож на другой, но не такие они и разные: в этом можно убедиться, если найти производную по направлению каждой из функций. Однако перед тем как сделать это, посмотрим на изменение числа ЦМ при изменении n и K в системе расселения. Учитывая, что нас интересует как можно более монотонное возрастание ϕ , при “нахождении” в том или ином прямоугольнике (табл. 2; на штриховку по периметру ячеек пока не обращаем внимания) движение возможно либо по горизонтали, либо по вертикали. Более того, длина его не превышает одного шага вправо или вниз. В противном случае ϕ будет расти не самыми медленными темпами или вообще убывать.

Представим, что система эволюционирует “с самого начала” и однонаправленно, т.е. движется от прямоугольника с координатами n и K соответственно (1; 1) к прямоугольнику (2; 2). Дальнейший путь не так очевиден, поскольку минимальное изменение системы ЦМ заключается в “пере-

ходе” в прямоугольник с координатами, одна из которых увеличивается на единицу по сравнению с (2; 2) – в (2; 3) или в (3; 2). Посмотрим, какой из них предпочтительнее.

Для этого, используя уравнение (7), найдем значения производной функции ϕ в точке (2; 2) по направлению $(l_n; l_k)$ при $k = 0.1$ и $k = 0.5$:

$$\frac{\partial \phi}{\partial l} = \frac{\partial \phi}{\partial n} \cos \alpha + \frac{\partial \phi}{\partial K} \cos \beta, \tag{7}$$

где $\cos \alpha = \frac{l_n}{|l|}$; $\cos \beta = \frac{l_k}{|l|}$ – направляющие косинусы;

$$|l| = \sqrt{l_n^2 + l_k^2}.$$

Она представляет собой скорость изменения функции в заданном направлении. Она максимальна для точки (3; 2), однако в случае ее выбора в качестве следующего шага развития системы расселения будет наблюдаться больший рост ϕ , чем в случае точки (2; 3). Нас же интересует наименьшее приращение функции, поэтому далее на

Таблица 2. Последовательность однонаправленной (положительной) эволюции системы ЦМ в идеальной кристаллеровской решетке в зависимости от числа уровней иерархии (n) и механизма их соподчиненности (K)

n/K	1	2	3	4	5	6	7
1	$1p_1$	—	—	—	—	—	—
2	—	$1p_1 1p_2$	$1p_1 2p_2$	$1p_1 3p_2$	$1p_1 4p_2$	$1p_1 5p_2$	$1p_1 6p_2$
3	—	$1p_1 1p_2$ $2p_3$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$
4	—	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$
5	—	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$ $8p_5$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$ $54p_5$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$ $192p_5$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$ $500p_5$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$ $1080p_5$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$ $2058p_5$
6	—	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$ $8p_5$ $16p_6$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$ $54p_5$ $162p_6$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$ $192p_5$ $768p_6$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$ $500p_5$ $2500p_6$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$ $1080p_5$ $6480p_6$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$ $2058p_5$ $14406p_6$
7	—	$1p_1 1p_2$ $2p_3$ $4p_4$ $8p_5$ $16p_6$ $32p_7$	$1p_1 2p_2$ $6p_3$ $18p_4$ $54p_5$ $162p_6$ $486p_7$	$1p_1 3p_2$ $12p_3$ $48p_4$ $192p_5$ $768p_6$ $3072p_7$	$1p_1 4p_2$ $20p_3$ $100p_4$ $500p_5$ $2500p_6$ $12500p_7$	$1p_1 5p_2$ $30p_3$ $180p_4$ $1080p_5$ $6480p_6$ $38880p_7$	$1p_1 6p_2$ $42p_3$ $294p_4$ $2058p_5$ $14406p_6$ $100842p_7$

Примечание: например, значение $8p_5$ свидетельствует о наличии восьми центральных мест на пятом уровне иерархии. Составлено автором.

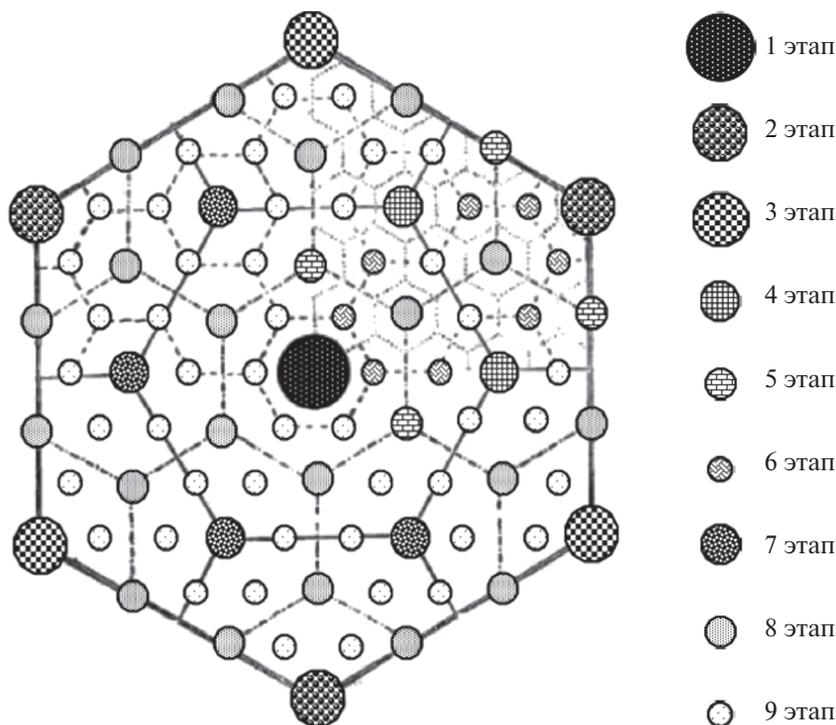


Рис. 2. Схема эволюции системы расселения в рамках одной зоны кристаллеровской решетки. Рассчитано и составлено автором.

каждом шаге мы будем ориентироваться именно на наименьшее из полученных значений.

В дальнейшем весь алгоритм был пошагово повторен для каждого прямоугольника таблицы, причем для контроля брались также примыкающие по диагонали прямоугольники. Оказалось, что вне зависимости от значения k направление и длина шага от текущей ячейки — одни и те же. Таким образом, характер эволюции системы расселения в аспекте теории ЦМ зависит только от числа уровней иерархии в ней и их соподчиненности. Результат проиллюстрирован штриховкой по периметру ячеек в табл. 2.

Первый шаг (темная однотонная заливка по периметру значения в ячейке) — формирование одного ЦМ 1-го уровня. Далее появляется еще одно ЦМ — ячейка с координатами (2; 2). А вот далее эволюция системы расселения идет прежде всего “по строкам”, то есть основная тенденция — заполнение текущего уровня иерархии, прежде чем произойдет переход к следующему. Однако здесь есть два исключения: 1) после заполнения второго уровня иерархии появление двух первых ЦМ 3-го уровня (ячейка (3; 2)) приводит не к его дальнейшему заполнению, а к формированию системы расселения между одним ЦМ 1-го уровня и одним ЦМ 2-го уровня (движение вниз по столбцу для $K = 2$). После окончания этого процесса эво-

люция возвращается в свое нормальное русло: последовательно заполняются третий, четвертый и пятый уровни. После этого процесс снова прерывается в ячейке (6; 3) формированием подсистемы расселения (столбец для $K = 3$), чтобы затем снова вернуться к нормальному ходу.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Таким образом, эволюция системы расселения в рамках участка решетки Кристаллера от первого ЦМ до числа уровней, например равного 5, и $K = 3$, происходит следующим образом — рис. 2 (при этом аналогичные процессы протекают во всех зонах одного и того же уровня).

В классической ТЦМ K интерпретируется и как число ЦМ следующего уровня иерархии, обслуживаемое одним центральным местом данного уровня (плюс оно само), и как отношение квадратов расстояния между ЦМ одного уровня иерархии (например, третьего) и расстояния между ЦМ смежных уровней (например, третьего и четвертого). Во втором случае важно то, как мы считаем эти расстояния — на плоскости (как Кристаллер) или же используя другие координатные системы (например, сферическую). Подобные нововведения предлагались некоторыми специалистами, в том числе и в одной из наших работ

(Дмитриев, 2019б). Более того, если мы переходим к объемным моделям систем ЦМ, то шестиугольниками замостить сферу уже не получится — нужно будет вводить определенное число пятиугольников. Это может существенно усложнить расчеты и привести к совсем иным результатам относительно эволюции систем ЦМ.

В то же время уравнение производной по направлению носит инвариантный характер, т.е. его вид справедлив для любых систем отсчета. Если говорить проще, то не имеет значения, представляют ли собой n и K обычные переменные или же сами, в свою очередь, являются функциями. Таким образом, процесс эволюции систем расселения происходит одинаково в любой системе координат; трансформация ТЦМ “от” декартовой системы к сферической (или любой другой) в этом отношении не требуется.

Однако вернемся к собственно эволюции. В работе А.А. Важенина (1997) было предложено рассматривать системы расселения как состоящие из изолированных подсистем, в которых сохраняются углы и расстояния между ЦМ смежных уровней, которые характерны для классической кристаллеровской решетки. Этот подход действительно очень заманчив, поскольку позволяет ограничить число центральных мест сверху, т.е. изолировать систему расселения, придав ей вид моноцентрической применительно к первому уровню иерархии. В этом случае появляется возможность анализировать изолированные системы расселения (например, островные) (Важенин, 2008).

В то же время этот подход, формально не противореча аксиоматической основе ТЦМ, вычеркивает из ее состава пятую составляющую, поскольку в этом случае не только ЦМ первого уровня может извлекать сверхприбыль, но и остальные. Причем этот процесс будет затрагивать всю систему расселения, так как одно ЦМ данного уровня, дабы компенсировать свои потери в пользу ЦМ предшествующего уровня, будет увеличивать доходы со своих ЦМ более низкого уровня. Поведение же потребителя остается “рациональным” вынужденно, поскольку никуда из ЦМ своего уровня за получением центральных услуг более высокого ранга он не может поехать, кроме как в одно ЦМ более высокого уровня. Таким образом, в случае рассмотрения систем расселения как систем ЦМ, формирующихся изолированно, пятая аксиома ТЦМ о “рациональном” поведении потребителя может считаться избыточной.

Это же происходит и со второй аксиомой, поскольку возможность изолированности (конечности) систем ЦМ сверху, установленную А.А. Важениным, нам в рамках настоящего исследования удалось дополнить возможностью

изолированности (конечности) снизу. Таким образом, в случае рассмотрения систем расселения как систем ЦМ, формирующихся изолированно, вторая аксиома ТЦМ о бесконечности пространства отвергается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, эволюция системы расселения в аспекте классической ТЦМ происходит преимущественно путем последовательного заполнения уровней иерархии, прерывающегося появлением подсистем расселения. При этом пока мы не можем дать однозначного ответа на вопросы о том, носит ли это прерывание периодический характер или же свойственно только каким-то отдельным шагам в формировании системы расселения, а также почему подсистемы появляются именно в данных точках бифуркации (в контексте процесса самоорганизации расселения) — для этого требуются дополнительные исследования.

При этом необходимо отметить, что “последовательное заполнение” совершенно *не означает* появления всех шести центральных мест, например, на втором уровне иерархии и лишь последующего заполнения третьего уровня. Заполнение — это и одно, и/или два, и/или три центральных места, с появлением которых процесс на втором уровне иерархии может закончиться и перейти к третьему уровню; а может и пойти дальше на том же втором уровне. Это действительно так: мы можем видеть это по рис. 2 (с $K = 3$) — на девятом этапе эволюции все уровни полностью заполнены, а K не равно семи. Таким образом, полнота заполнения заключается *не в появлении всех* потенциально возможных центральных мест на данном уровне, *а лишь тех из них*, появление которых возможно при данных параметрах системы центральных мест (в частности k).

Очевидно, что в процессе эволюции реальных систем расселения совершенно не обязательно появление сразу нескольких населенных пунктов, а если даже это и произошло, то не во всех зонах (Горохов, Дмитриев, 2009). В этом случае, очевидно, мы будем иметь систему с разными значениями K для разных уровней. В то же время, как удалось установить, такие состояния являются промежуточными — система стремится дозаполнить все уровни иерархии.

Вероятно, можно провести параллели между этапами эволюции систем ЦМ по Кристаллеру и типами территориальных структур расселения по Г.М. Лаппо (1978). Так, концентрический, полицентрический, частично бассейновый и центральный типы напоминают традиционную решетку. В то же время, вероятно, эволюция может первым своим шагом иметь и формирование под-

системы ЦМ (аналог линейного типа), и начинаться с ЦМ, расположенного на окраине (приморский тип).

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Статья подготовлена по материалам исследований по темам Государственного задания Института географии РАН № 0148-2019-0008 и Института Африки РАН № 0192-2019-0021. Методика исследования разработана в рамках темы ГЗ № 0192-2019-0021; расчеты выполнены в рамках темы ГЗ № 0148-2019-0008.

FUNDING

The article was prepared based on research materials on the state-ordered research themes of the Institute of Geography RAS no. 0148-2019-0008 and the Institute for African Studies of the Russian Academy of Sciences no. 0192-2019-0021. The research methodology was developed within the framework of the theme no. 0192-2019-0021; the calculations were performed within the framework of the theme no. 0148-2019-0008.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Важенин А.А.* Влияние смены закономерностей расселенческих процессов на характеристики систем расселения // Региональные исследования. 2006. № 3. С. 43–65.
- Важенин А.А.* Применимость теории центральных мест к изучению систем расселения на островах // Изв. РАН. Сер. геогр. 2008. № 2. С. 7–12.
- Важенин А.А.* Эволюционные процессы в системах расселения. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 62 с.
- Горохов С.А., Дмитриев Р.В.* Парадоксы урбанизации современной Индии // География в школе. 2009. № 2. С. 17–23.
- Гранберг А.Г.* Идеи Августа Лёша в России // Пространственная экономика. 2006. № 2. С. 5–22. <https://doi.org/10.14530/se.2006.2.005-022>
- Дмитриев Р.В.* К вопросу о постоянстве значения доли центрального места в населении обслуживаемой им зоны для всех уровней кристаллеровской иерархии // Изв. РАН. Сер. геогр. 2019а. № 1. С. 128–135. <https://doi.org/10.31857/S2587-556620191128-135>
- Дмитриев Р.В.* Метрика пространства в теории центральных мест: старые проблемы, новые решения // Географический вестник. 2019б. № 2(49). С. 24–34. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2019-2-24-34>
- Ланно Г.М.* Развитие городских агломераций в СССР. М.: Наука, 1978. 152 с.
- Мазаев А.Г.* Современна ли современная теория расселения? Критика методологических основ // Академический вестн. УралНИИпроект РААСН. 2010. № 2. С. 9–13.
- Наймарк Н.И.* Критический анализ методологических основ современных градостроительных теорий расселения // Проблемы расселения: история и современность. М.: Ваш Выбор. ЦИРЗ, 1997. С. 121–125.
- Стюарт И.* Величайшие математические задачи. М.: Альпина нон-фикшн, 2019. 460 с.
- Шупер В.А.* Принцип дополтельности и теория центральных мест // Изв. РАН. Сер. геогр. 1996. № 4. С. 88–94.
- Шупер В.А.* Самоорганизация городского расселения. М.: Российский открытый университет, 1995. 166 с.
- Шупер В.А.* “Экономический ландшафт” Августа Лёша в условиях постиндустриальной трансформации общества // Изв. РАН. Сер. геогр. 2006. № 4. С. 7–15.
- Эм П.П.* Применение правила “ранг–размер” для систем размытых центральных мест (на примере новых индустриальных стран) // Региональные исследования. 2013. № 1. С. 56–59.
- Christaller W.* Die zentralen Orte in Süddeutschland: Eine ökonomisch-geographische Untersuchung über die Gesetzmässigkeit der Verbreitung und Entwicklung der Siedlungen mit städtischen Funktionen. Jena: Verlag von Gustav Fischer, 1933. 331 s.
- Church R.L., Bell T.L.* Unpacking Central Place Geometry I: Single Level Theoretical k Systems // Geographical Analysis. 1990. V. 22. № 2. P. 95–115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1990.tb00198.x>
- Fujita M., Krugman P., Mori T.* On the evolution of hierarchical urban systems // European Economic Review. 1999. V. 43. P. 209–251. [https://doi.org/10.1016/S0014-2921\(98\)00066-X](https://doi.org/10.1016/S0014-2921(98)00066-X)
- Johnston R.J.* City and Society: An Outline for Urban Geography. London: Routledge, 2007. 296 p.
- Lösch A.* Die räumliche Ordnung der Wirtschaft. Eine Untersuchung über Standort, Wirtschaftsgebiete und internationalen Handel. Jena: Verlag von Gustav Fischer, 1940. 348 s.
- Nicolas G.* Walter Christaller from “exquisite corpse” to “corpse resuscitated” // S.A.P.I.E.N.S. 2009. V. 2. № 2. <https://journals.openedition.org/sapiens/843> (дата обращения 28.02.2020 г.).
- Parr J.B.* City Hierarchies and the Distribution of City Size: a Reconsideration of Beckmann’s Contribution // J. Reg. Sci. 1969. V. 9. № 2. P. 239–253. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.1969.tb01337.x>
- Parr J.B., Denike K.G.* Theoretical Problems in Central Place Analysis // Econ. Geogr. 1970. V. 46. № 4. P. 568–586. <https://doi.org/10.2307/142941>
- Preston R.E.* The Dynamic Component of Christaller’s Central Place Theory and the Theme of Change in his Research // Canadian Geogr. 1983. V. 27. Is. 1. P. 4–16. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.1983.tb00677.x>
- Rössler M.* Applied Geography and Area Research in Nazi Society: Central Place Theory and Planning, 1933 to 1945 // Environment and Planning D: Society and Space. 1989. V. 7. Is. 4. P. 419–431. <https://doi.org/10.1068/d070419>
- Sonis M.* Central Place Theory after Christaller and Losch: Some further explorations // 45th Congress of the Regional Science Association, 23–27 August 2005, Vrije Universiteit Amsterdam. <https://www-sre.wu.ac.at/ersa/ersaconfs/ersa05/papers/18.pdf> (дата обращения 13.02.2020 г.).

The Evolution of Settlement Systems in Classic Central Place Theory

R. V. Dmitriev^{1, 2, *}

¹*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

²*Institute for African Studies, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

*e-mail: dmitrievrv@yandex.ru

Considering the features of the evolutionary development of central places' systems, we establish that, contrary to the prevailing point of view, in the general case there is no pronounced relationship between the share of urban population and the number of central places of a lower hierarchy level subordinate to the central place of a given level. Moreover, the axiom of the theory, stating the heterogeneous distribution of only the urban population, should be replaced by the following: "Space is homogeneous and isotropic in all respects, with the exception of the distribution of the entire population or part of it." Thus, the existence of central systems without rural population does not contradict the theory itself in its classic version. The evolution of central places' systems within an infinite lattice takes place by sequentially filling the hierarchy levels (increasing the value of the K -parameter for a given level), interrupted by the appearance of subsystems (increasing the number of hierarchy levels with constant K)—at least after filling the second and the fifth levels. The article substantiates the possibility of considering the isolated sections of the lattice. In this regard, the axiom of the "rational" consumer behavior can be considered excessive, and the postulate of the infinity of space is rejected. Only two initial axioms—on the polymorphism of central places' systems and on the most compact "packaging" of their parts—can be considered unshakable.

Keywords: central place theory, space, self-organization, urban population share, evolution, hierarchy level, polymorphism, K -parameter

REFERENCES

- Christaller W. Die zentralen Orte in Süddeutschland: Eine ökonomisch-geographische Untersuchung über die Gesetzmässigkeit der Verbreitung und Entwicklung der Siedlungen mit städtischen Funktionen. Jena: G. Fischer, 1933. 331 p.
- Church R.L., Bell T.L. Unpacking central place geometry I: Single level theoretical k systems. *Geogr. Anal.*, 1990, vol. 22, no. 2, pp. 95–115. doi 10.1111/j.1538-4632.1990.tb00198.x
- Dmitriev R.V. Is the share of a central place in the population of the area, served by this central place, a constant for all levels of the Christaller's hierarchy? *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2019, no. 1, pp. 128–135. (In Russ.). doi 10.31857/S2587-556620191128-135
- Dmitriev R.V. Metrics of urban settlement systems in terms of the central place theory: Constancy vs variability. *Geogr. Vestn.*, 2019, vol. 49, no. 2, pp. 24–34. (In Russ.). doi 10.17072/2079-7877-2019-2-24-34
- Em P.P. Applying the rank-size rule for fuzzy central place systems (the case study of the new industrialized countries). *Reg. Issled.*, 2013, no. 1, pp. 56–59. (In Russ.).
- Fujita M., Krugman P., Mori T. On the evolution of hierarchical urban systems. *Eur. Econ. Rev.*, 1999, vol. 43, pp. 209–251. doi 10.1016/S0014-2921(98)00066-X
- Gorokhov S.A., Dmitriev R.V. The paradoxes of urbanization in modern India. *Geografiya v Shkole*, 2009, no. 2, pp. 17–23. (In Russ.).
- Granberg A.G. August Lösch's ideas in Russia. *Prostranstvennaya Ekonomika*, 2006, no. 2, pp. 5–22. (In Russ.). doi 10.14530/se.2006.2.005-022
- Johnston R.J. *City and Society: An Outline for Urban Geography*. London: Routledge, 2007. 296 p.
- Lappo G.M. *Razvitie gorodskikh aglomeratsii v SSSR* [Development of Urban Agglomerations in the USSR]. Moscow: Nauka Publ., 1978. 152 p.
- Lösch A. *Die räumliche Ordnung der Wirtschaft. Eine Untersuchung über Standort, Wirtschaftsgebiete und internationalen Handel*. Jena: G. Fischer, 1940. 348 p.
- Mazaev A.G. Whether the modern theory of settlement process is modern? Criticism of methodological bases. *Akad. Vestn. UralNIIProekt RAASN*, 2010, no. 2, pp. 9–13. (In Russ.).
- Naimark N.I. Critical analysis of the methodological foundations of modern urban planning settlement theories. In *Problemy rasseleniya: istoriya i sovremennost'* [Problems of Settlement Pattern: History and Present Time]. Moscow: Vash Vybor Publ., 1997, pp. 121–125. (In Russ.).
- Nicolas G. Walter Christaller from "exquisite corpse" to "corpse resuscitated". *S.A.P.I.E.N.S.*, 2009, no. 2(2). Available at: <https://journals.openedition.org/sapiens/843> (accessed: 28.02.2020).
- Parr J.B. City hierarchies and the distribution of city size: A reconsideration of Beckmann's contribution. *J. Reg. Sci.*, 1969, vol. 9, no. 2, pp. 239–253. doi 10.1111/j.1467-9787.1969.tb01337.x
- Parr J.B., Denike K.G. Theoretical problems in central place analysis. *Econ. Geogr.*, 1970, vol. 46, no. 4, pp. 568–586. doi 10.2307/142941
- Preston R.E. The dynamic component of Christaller's central place theory and the theme of change in his research. *Can. Geogr.*, 1983, vol. 27, no. 1, pp. 4–16. doi 10.1111/j.1541-0064.1983.tb00677.x
- Rössler M. Applied geography and area research in Nazi society: Central place theory and planning, 1933 to 1945. *Environ. Plan. D*, 1989, vol. 7, no. 4, pp. 419–431. doi 10.1068/d070419

- Shuper V.A. "Economic landscape" of August Lösch under the conditions of post-industrial transformation of society. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2006, no. 4, pp. 7–15. (In Russ.). Em P.P. Applying the rank-size rule for fuzzy central place systems (the case study of the new industrialized countries). *Reg. Issled.*, 2013, no. 1, pp. 56–59. (In Russ.).
- Shuper V.A. Principle of additionality and the central place theory. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 1996, no. 4, pp. 88–94. (In Russ.).
- Shuper V.A. *Samoorganizatsiya gorodskogo rasseleniya* [Self-Organization of Urban Settlement System]. Moscow: Rossiiskii Otkryti Univ., 1995. 166 p.
- Sonis M. Central place theory after Christaller and Lösch: Some further explorations. In *45th Congress of the Regional Science Association, Vrije Universiteit Amsterdam*, 2005. Available at: <https://www.sre.wu.ac.at/ersa/ersaconfs/ersa05/papers/18.pdf> (accessed: 13.02.2020).
- Stewart I. *The Great Mathematical Problems*. Profile Books, 2013. 340 p.
- Vazhenin A.A. Applicability of the central place theory to the study of settlement systems on islands. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2008, no. 2, pp. 7–12. (In Russ.).
- Vazhenin A.A. *Evolutsionnye protsessy v sistemakh rasseleniya* [Evolutionary Processes in Settlement Systems]. Yekaterinburg: Ural. Otd. Ross. Akad. Nauk, 1997. 62 p.
- Vazhenin A.A. The influence of changing patterns of the settlement process on the settlement systems' properties. *Reg. Issled.*, 2006, no. 3, pp. 43–65. (In Russ.).

УДК 914

ПОСТСОВЕТСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ ПО ДАННЫМ СТАТИСТИКИ, КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ И НАБЛЮДЕНИЯМ АВТОРОВ

© 2021 г. А. А. Медведев^а, *, Т. Г. Нефедова^а, **

^аИнститут географии РАН, Москва, Россия

*e-mail: medvedev@igras.ru

**e-mail: trene12@igras.ru

Поступила в редакцию 01.09.2020 г.

После доработки 18.11.2020 г.

Принята к публикации 22.12.2020 г.

В статье рассматриваются основные тенденции пространственной организации животноводства в постсоветские годы на основе полимасштабного исследования регионов Центрального федерального округа России. Использование данных Росстата по муниципальным районам, топографических карт и дешифрирование космических снимков с разным разрешением позволили увидеть реальную картину организационных и пространственных изменений животноводства вплоть до состояния отдельных ферм. После катастрофического падения поголовья скота в 1990-х годах животноводство восстанавливается, частично меняя специализацию, организационную структуру и локализацию. При увеличении в последние годы производства мяса, в основном за счет свинины и птицы, поголовье крупного рогатого скота в большинстве районов продолжает сокращаться. При этом степень концентрации животноводства в сравнении с советским временем возросла. Избирательность восстановления животноводства делает его пространственно очаговым, оставляя огромные территории Нечерноземья заброшенными и постепенно зарастающими лесом. Для верификации статистической информации использованы данные дистанционного зондирования сверхвысокого разрешения о распределении производственной инфраструктуры животноводства и ее состоянии, примеры которых приведены на схемах и картах. Сравнение данных топографических карт конца 1980-х годов и современных космических снимков показало, что в регионах Центрального федерального округа было заброшено более 4 тыс. ферм, в то же время появилось много новых модернизированных предприятий. Карты, составленные по муниципальным районам, наглядно отражают современную пространственную структуру животноводства. Более подробно на примерах рассмотрена пространственная организация крупных агрохолдингов.

Ключевые слова: сельское хозяйство, животноводство, крупный рогатый скот, свиньи, молоко, фермы, депопуляция сельского населения, дистанционное зондирование, дешифрирование космических снимков, картографический метод

DOI: 10.31857/S2587556621020084

ВВЕДЕНИЕ И ИЗУЧЕННОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Новые рыночные условия по-разному отразились на аграрной экономике и развитии животноводства в разных районах России. После тяжелого кризиса 1990-х, при взлете курса доллара, производство мяса восстанавливается, и зависимость от импорта несколько снизилась (рис. 1), при том, что потребление мяса на душу населения увеличилось в 2018 г. до 73 кг.

То же произошло и с производством молока и молокопродуктов, серьезную конкуренцию кото-

рому составляет лишь импорт из Белоруссии. Однако помимо физического наличия продуктов важна и их экономическая доступность. В России доля расходов на покупку продовольствия все еще составляет 30.2% (что выше, чем в странах ЕС в 2–3 раза), в том числе 16% – на продукцию животноводства. Региональные различия очень велики: от 24% в Москве до 45% в Смоленской области и 47% на Чукотке. Благодаря повышенной востребованности более дешевого мяса и относительно быстрому обороту инвестиций в России обеспечение мясом пошло по пути увеличения

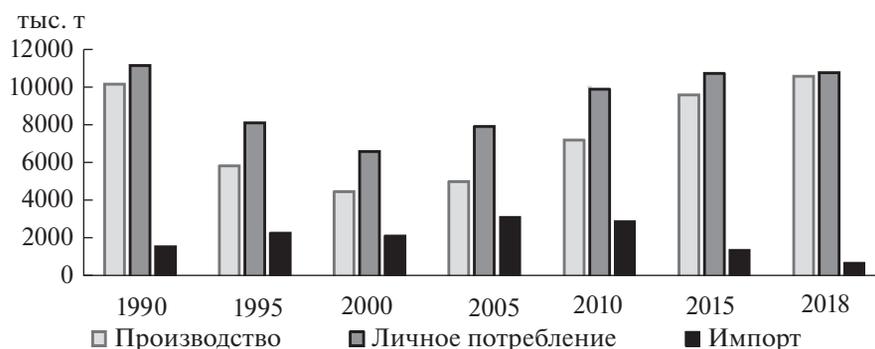


Рис. 1. Производство, потребление и импорт мяса в России с 1990 по 2018 г., тыс. т. Составлено по данным Росстата.



Рис. 2. Численность сельского населения (млн человек) и поголовье крупного рогатого скота (млн голов) в России.

Источники: Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах в 2018 г. (по итогам выборочного обследования бюджетов домашних хозяйств). М.: ФСГС, 2019; Рынок мяса в России в 2018 году. <http://americanbeefclub.com/ru/about-club-ru/sobytiya/rynok-myasa-v-rossii-v-2018-godu/> (дата обращения 20.01.2020); Сельское хозяйство СССР. М.: Госкомстат СССР, 1988.

доли свинины (33% потребленного мяса) и птицы (46%)¹.

Поголовье крупного рогатого скота (КРС) увеличивалось во второй половине XX в., несмотря на сильное сокращение сельского населения. В постсоветский период произошло катастрофическое падение поголовья, особенно в 1990-е годы, опережающее депопуляцию населения (рис. 2) (Нефедова, 2013, 2017).

¹ Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах в 2018 г. (по итогам выборочного обследования бюджетов домашних хозяйств). М.: ФСГС, 2019; Рынок мяса в России в 2018 году. <http://americanbeefclub.com/ru/about-club-ru/sobytiya/rynok-myasa-v-rossii-v-2018-godu/> (дата обращения 20.01.2020).

Последствия влияния рыночных условий на организацию животноводства велики. Закрытие или распад на мелкие хозяйства многих бывших колхозов и совхозов сопровождалось появлением новых производителей и модернизацией сохранившихся дееспособных предприятий. С 2000-х годов в России все большее значение в животноводстве приобретают крупные сельскохозяйственные структуры – агрохолдинги (Барсукова, 2016; Шагайда, Узун, 2019; Visser et al., 2014). Такие предприятия чаще сочетают полеводство с содержанием свиней или птицы и переработкой продукции. Но есть и те, что специализируются на содержании КРС (часто наряду с выращиванием свиней). Общий подъем отрасли в 2000-х годах

проходил на фоне сдвига производства в более южные регионы (Нефедова, 2017), в том числе и в пределах Центрального федерального округа (ЦФО), лучше обеспеченные природными и трудовыми ресурсами. Тем не менее поголовье КРС в стране в целом сокращалось, особенно быстро в сельскохозяйственных организациях, из-за большой трудоемкости, выбраковки низкопродуктивных животных, нехватки средств для модернизации предприятий и ее замедленной по сравнению с растениеводством, птицеводством и свиноводством окупаемости. При этом производительность скота резко возросла: средние надои молока от одной коровы увеличились с 2783 кг в год в 1990 г. и даже 2341 кг в 2000 г. до 5945 кг в 2018 г.²

Цель данной статьи – выявить основные тенденции пространственной организации животноводства в постсоветские годы на основе полимасштабного подхода. Исследование проводилось на территории Центрального федерального округа. Она обладает разнообразными природными предпосылками ведения сельского хозяйства от южной тайги до лесостепей, характеризуется наивысшей в России плотностью и разнообразием городов как потребителей продукции животноводства, однако испытала наиболее сильную и длительную депопуляцию сельского населения в XX в. (Июффе, 1990; Нефедова, 2013).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Противоречивые последствия организационно-экономических изменений влияют на пространственную организацию животноводческой отрасли, которую можно изучать разными методами: статистическими, картографическими, дистанционного зондирования. Статья опирается на данные Росстата по субъектам РФ и муниципальным районам, материалы Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г. и на современные данные размещения животноводческих предприятий, полученные путем дешифрирования космических снимков высокого и сверхвысокого пространственного разрешения.

Технологии и методы дистанционного зондирования в многочисленных работах в основном нацелены на оценку и мониторинг использования земель в растениеводстве (Воронина, Мамаш, 2014; Михайленко, 2018), позволяя на основе современных систем автоматизированной обработки следить за сельскохозяйственными полями на обширной территории (Нефедова, Медведев, 2020; Якушев и др., 2018). Большинство методик автоматизированного дешифрирования дают возможность анализа урожайности культур или наблюдения за ходом роста растений (Буланов и др., 2019; Шульга и др., 2016). В данной статье

используются в основном методы визуального дешифрирования, позволяющие дать экспертную оценку и идентифицировать инфраструктуру животноводческих предприятий. Это позволило увидеть реальную картину организационных и пространственных изменений отрасли вплоть до состояния отдельных ферм. Источником, важным для понимания происходящих процессов, послужило также экспедиционное обследование авторами некоторых из рассматриваемых районов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Упадок и возрождение животноводства в Центральном федеральном округе

Появление новых производителей в ЦФО было связано как с близостью к Москве с ее огромным потребительским рынком, так и с инвестициями ее пищевых предприятий, а порой и мэрии Москвы³ в сельское хозяйство Московской области и окружающих ее регионов. Это способствовало развитию технологически иного хозяйства, в том числе и в областях Нечерноземья со сложными природными условиями. Поэтому впечатление полного упадка при виде заросших полей и пастбищ и отсутствия пасущихся коров здесь обманчиво. Животноводство постепенно восстанавливается, хотя выборочно и на других принципах, без привычного массового выпаса скота. При этом доля неиспользуемых лугов и пастбищ выросла, зеркально отражая сжатие полеводства (Нефедова, Медведев, 2020).

В большинстве окружающих Москву регионов, в том числе и в Московской области, несмотря на конкуренцию других видов землепользования, это привело к восстановлению производства мяса после его спада в 1990-х годах (рис. 3). Ситуация в нечерноземной и южной черноземной частях ЦФО в целом похожи, только на юге восстановление идет активнее, хотя предприятия больше специализируются на свинине и птице. Безусловным лидером стала Белгородская область (18% общероссийского поголовья свиней), при этом 99% мяса производят крупные компании. С черноземными регионами помимо Московской области может конкурировать лишь Брянская, однако там иная специализация и иные технологии.

³ В период правления Ю. Лужкова в Москве была принята целевая программа интеграции предприятий продовольственного комплекса Москвы с сельскохозяйственными, согласно которой московские холдинги на беспроцентные кредиты приобретали сельскохозяйственные предприятия или заключали с ними долгосрочные договора на поставку молочной или мясной продукции. Есть пример и целенаправленного создания мэрией Москвы крупного молочно-го комплекса в Калужской области – МосМедыньагропром (Нефедова, 2013, с. 98–100).

² Регионы России. М.: ФСГС, 2001, 2009, 2019.

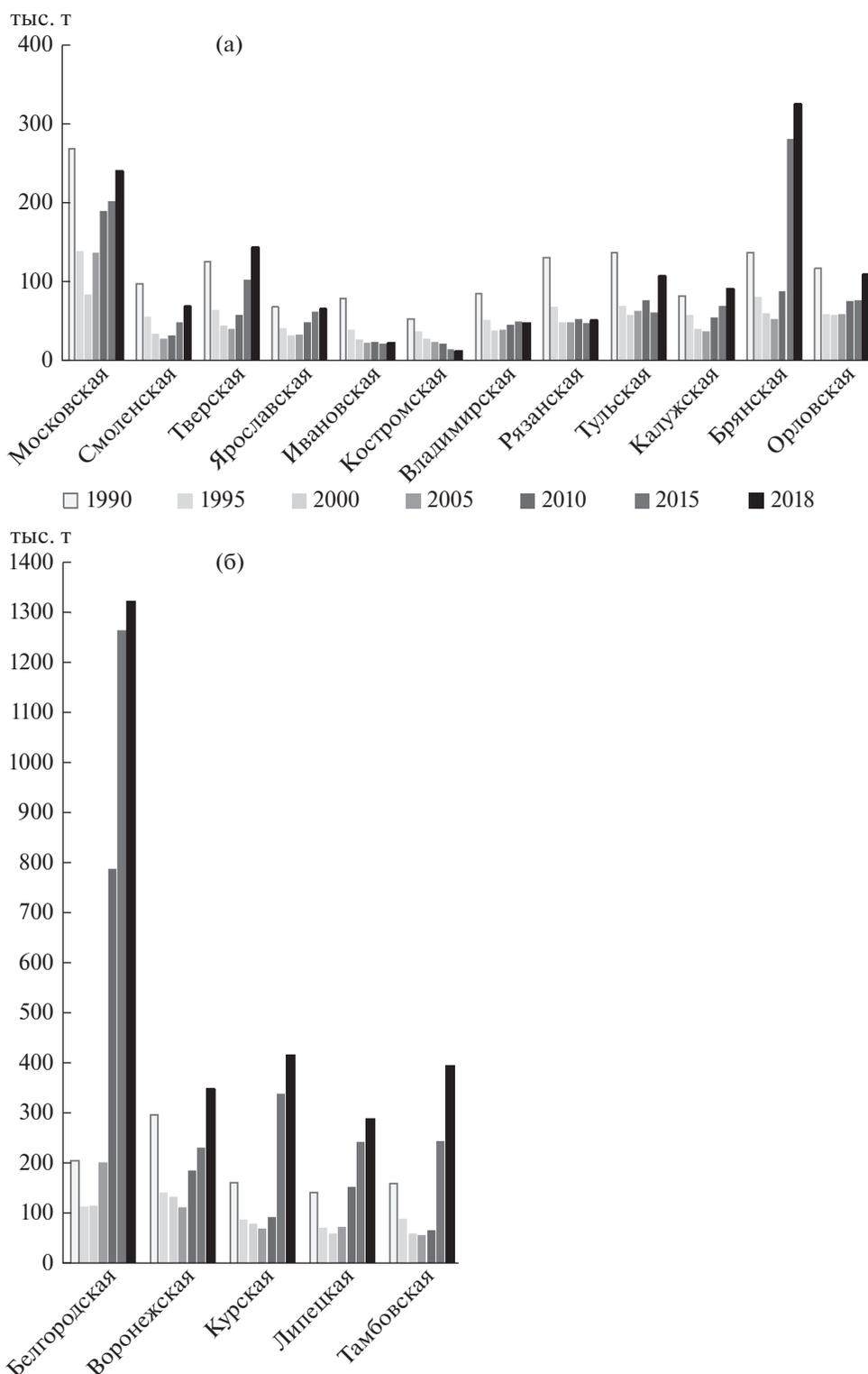


Рис. 3. Динамика производства мяса скота и птицы на убой в 1990–2018 гг. в ЦФО, тыс. т: (а) нечерноземные регионы, (б) черноземные регионы.

Источник: Регионы России. М.: ФСГС, 2001, 2009, 2019.

Производство молока уменьшилось особенно сильно и повсеместно. Восстановление идет гораздо медленнее и лишь в избранных нечерно-

земных областях (Ярославской, Владимирской, Рязанской, Калужской), а также в Белгородской и Воронежской (рис. 4).

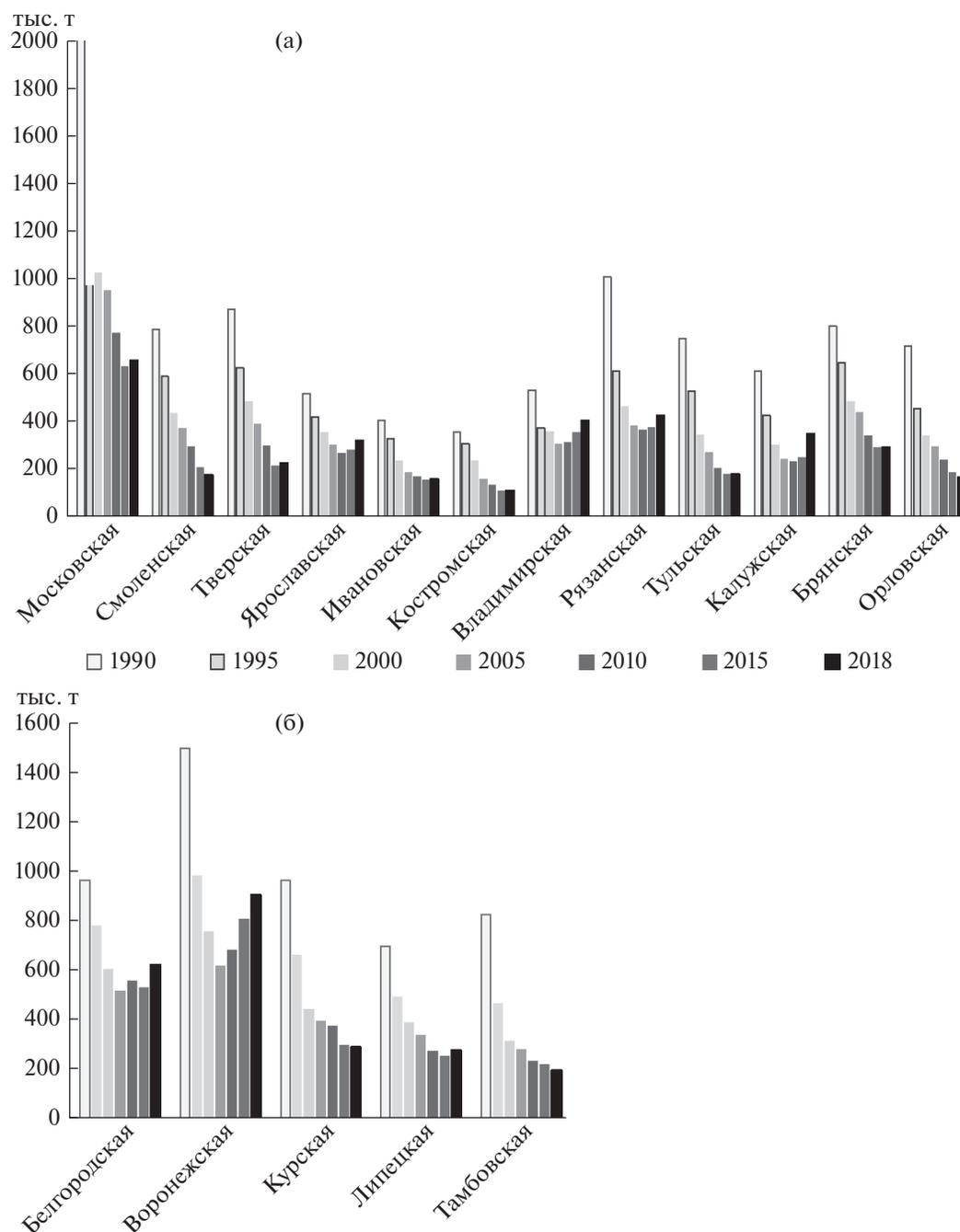


Рис. 4. Динамика производства молока в 1990–2018 гг. в ЦФО, тыс. т: (а) нечерноземные регионы, (б) черноземные регионы.

Источник: Регионы России. М.: ФСГС, 2001, 2009, 2019.

Несмотря на восстановительные процессы, сельские территории в нечерноземной части за пределами Московской области остаются весьма проблемными. Техническое оснащение агрохолдингов повышает продуктивность скота, производительность труда, позволяет вернуть в оборот часть заброшенных земель. Новые предприятия создают рабочие места, производство в них ста-

новится индустриальным с типичным наемным трудом, но они требуют куда меньше работников, чем бывшие колхозы (Нефедова, 2013). При неразвитости малого бизнеса это обостряет проблемы сельской безработицы даже в районах, потерявших в XX в. большую часть населения, и пролонгирует миграции сельского населения в города. Все это требует, наряду с исследованием соб-

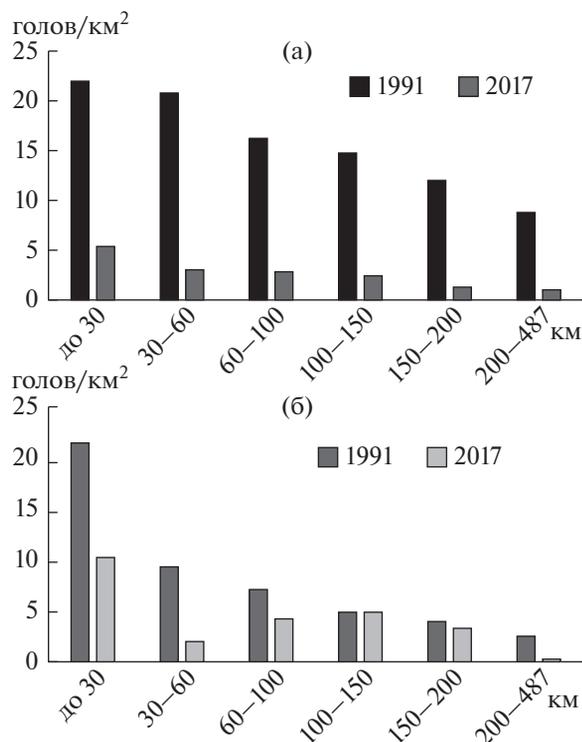


Рис. 5. Плотность поголовья КРС (а) и свиней (б) в 1991 и 2017 гг. в хозяйствах всех категорий (голов/км²) в муниципальных районах регионов Центральной России, окружающих Московскую область, по мере удаления от областных центров в км.
Источник: данные Росстата.

ственно сельского хозяйства, выявления связей трансформации отрасли с изменением динамики населения. Это позволяет понять, может ли животноводство служить одним из возможных локомотивов развития сельской местности. Особенно это касается северной нечерноземной части ЦФО, которая рассмотрена более подробно.

Трансформация животноводства в староосвоенных нечерноземных регионах (от Смоленской и Калужской областей на юго-западе до Ярославской, Костромской и Ивановской на северо-востоке) отличается от трансформации в более южных регионах. Главной проблемой остается депопуляция сельского населения и повышенная доля населения старше трудоспособного возраста. Молодежь продолжает уезжать, подталкиваемая увеличивающейся безработицей, необустроенностью сельской местности и привлекательностью крупных городов и агломераций, особенно Московской. Поляризация сельского социального пространства между пригородами и периферией, характерная здесь еще в советское время (Иоффе, 1990; Иоффе, Нефедова, 2001; Мкртчян, 2019), усиливается.

Пригороды (муниципальные районы, центры которых удалены в среднем на 30 км от областных центров, составляющие менее 10% площади областей) – это территории, где численность сельского населения стабильна или растет (Нефедова, Медведев, 2020). Разница в его плотности внутри областей между пригородами и удаленными районами достигает 10 раз. Вторые особенно пострадали от депопуляции в советское время, но и в постсоветское их потери составили 40–50% от числа жителей в 1990 г. Столь сильная дифференциация между муниципалитетами внутри регионов, которая значительно превышает межрегиональные различия, была и причиной, и следствием поляризации пространства экономического.

Пригороды и полупригороды (30–60 км от центров регионов) за пределами Московской области к концу советского времени концентрировали около половины поголовья КРС и треть поголовья свиней. Сейчас их экономическое доминирование не столь велико (рис. 5). Они все больше проигрывают территориям, примыкающим к Московскому региону как мощному рынку и источнику инвестиций или расположенным в более благоприятных природных условиях (Нефедова, Медведев, 2020). Кроме того, при принятии решений инвесторами о модернизации или создании новых предприятий большую роль при современных технологиях играет качество дорог.

Это не означает, что размещение животноводческих предприятий стало более равномерным. Степень концентрации производства возросла (рис. 6). Если в начале 1990-х годов три района-лидера внутри регионов (в среднем это около 10% муниципальных районов) концентрировали от 13 до 25% поголовья КРС, то в 2017 г. – 30–40%. Еще больше концентрация в свиноводстве: от 20–40% в 1991 г. до 45–90% в 2017 г. В некоторых районах абсолютно доминируют два-три крупных свиноводческих комплекса. Например, под Владимиром сосредоточено 85% поголовья свиней всей области, в пригороде Костромы – 71%, в Рязанской области 67% поголовья концентрируется в Сараевском районе, в Смоленской – 62% в Починковском районе (вместе с Вяземским и Руднянским – 92%).

Доля скота и свиней в личных подсобных хозяйствах (ЛПХ) населения Центральной России из-за сильных потерь трудоспособного населения невелика и сокращается даже в тех районах, где почти не осталось агропредприятий и нет иной официальной занятости. В пригородах в ЛПХ на 100 сельских жителей приходится всего 2 коровы, на периферии регионов – 6, соответственно свиней – 1 и 3. Это не помогает выживанию в сельской местности при отсутствии работы. Правда, многие пользуются возможностью заработка в соседней Московской агломерации, ча-

сто неофициальных, или у дачников, которые становятся новыми работодателями даже за пределами Московской области (Между домом..., 2016).

Таким образом, несмотря на то, что пригороды остаются более привлекательными для инвесторов, современные технологии и усиление концентрации скота и птицы на крупных предприятиях способствуют очаговости и порой непредсказуемости внутрирегионального развития. Факторы размещения связаны, помимо возможностей сбыта и обеспеченности трудовыми ресурсами, и с отношениями с региональными и муниципальными властями. Хотя животноводческие комплексы частично восстанавливают и растениеводство для улучшения кормовой базы, в том числе и в периферийных районах, крупные агрохолдинги основную массу кормов, как правило, получают из южных регионов, часто в своих филиалах, где растениеводство более выгодно. Их новенькие корпуса остаются “соборами в пустыне” с руководителями в городах при преобладании вокруг заброшенных и зарастающих лесом полей. Работников, включая мигрантов из стран СНГ, они тоже завозят автобусами из других поселений.

Важным фактором стало усиление влияния менеджмента на низовом уровне, что характерно для периодов перемен. Лишь отдельные немногочисленные руководители бывших колхозов и совхозов смогли относительно успешно пережить сложный переходный период и сохранить самостоятельность и поголовье скота, вписавшись в новые условия, благодаря энтузиазму, жестким методам руководства и часто бывшим связям с районными и областными администрациями. Обычно это 2–3 предприятия в муниципальных районах из прежних 15–20 колхозов и совхозов. Такие предприятия, помимо агрохолдингов, формируют основной костяк современного сельского хозяйства. Их руководители – надежда и опора сельской местности, но их предпенсионный или пенсионный возраст и отъезд молодежи не позволяют надеяться на пролонгирование такого развития. Остальные предприятия Нечерноземья, не включенные в структуры агрохолдингов и не имеющие сильных руководителей, как правило, находятся в сложном положении: поголовье скота сокращается, его продуктивность низка, фермы в полуразрушенном состоянии, занятость уменьшается, зарплаты минимальны.

Фермеры и индивидуальные предприниматели в удаленных муниципальных районах содержат от 9 до 18% поголовья КРС. В пригородах, несмотря на близкий рынок сбыта, им трудно конкурировать с крупными предприятиями, хотя их численно больше, чем на периферии. Их участие ограничивается 4,5% поголовья КРС. Количество скота в таких небольших товарных хозяйствах ко-

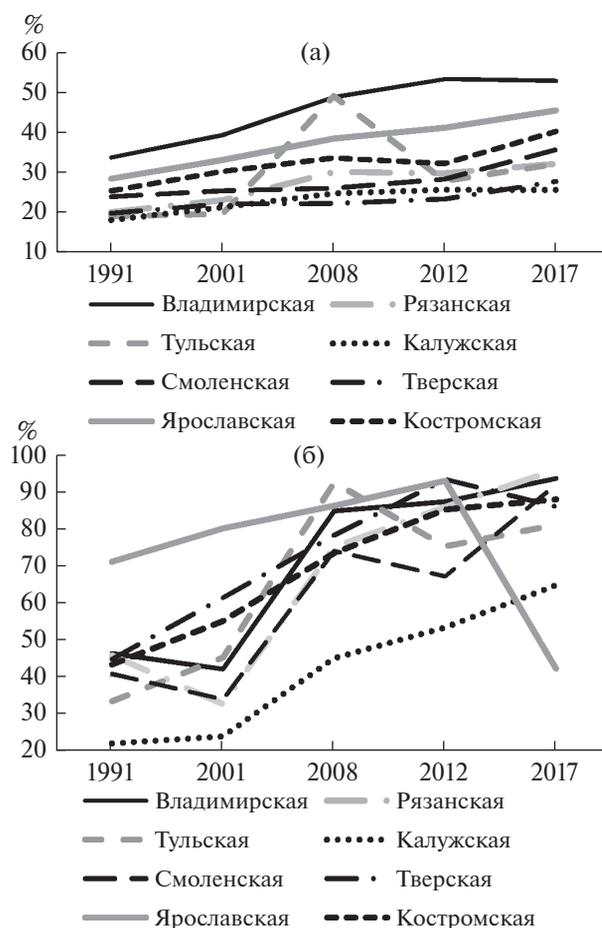


Рис. 6. Изменение степени концентрации поголовья КРС (а) и свиней (б) с 1991 по 2017 г. в хозяйствах всех категорий в трех первых по количеству поголовья муниципальных районах в регионах Центральной России, окружающих Московскую область, %.
Источник: данные Росстата.

леблется от 1 до 7 коров на 100 сельских жителей района. Но они наряду с сохранившимися сельскохозяйственными организациями заметны и в сельской местности, и в малых городах, где в небольших магазинах продают сыры, молочные продукты местного производства, птицу. В последние годы все большую популярность у туристов и городских дачников приобретают пока еще единичные фермы, имеющие полурекреационное значение, с производством небольших партий свежей продукции и содержанием в вольерах разнообразных животных для показа туристам.

Что можно увидеть из космоса

Данные дистанционного зондирования десятилетиями использовались для дешифрирования и картографирования сельской местности, начиная с аэрофотосъемки, которая являлась основой для составления топографических карт и планов, и заканчивая спутниковыми снимками, являю-

щимися основой для обновления карт разных масштабов. Идентификация животноводческой деятельности с помощью дистанционного зондирования сопряжена с проблемами, так как сам объект – скот – практически невозможно детектировать по снимкам. Поэтому методика основана на выявлении действующей инфраструктуры предприятий.

Животноводство в сельской местности, не считая крупных современных агрохолдингов без пастбищного выпаса скота и ЛПХ, – это прежде всего фермы предприятий, которые территориально привязаны к крупным селам и деревням. Скот выпасают, как правило, недалеко, в нескольких километрах от фермы, которая имеет типичную инфраструктуру. Объекты инфраструктуры животноводства присутствуют на крупномасштабных топографических картах, поэтому такие карты служили первоисточником информации для дальнейших сопоставлений. На картах условными обозначениями отмечаются коровники, скотные дворы, силосные ямы, загоны для скота, водонапорные башни, мастерские для сельхозтехники. Поэтому задачей исследования была оцифровка в геоинформационном программном обеспечении перечисленных объектов с топографических карт.

Параллельно велась обработка данных дистанционного зондирования сверхвысокого разрешения. Использовались бесшовные мозаики космических снимков веб-сервисов Яндекс. Карты, GoogleMaps, BingMaps (Microsoft), ArcGIS.Imagery (ESRI). Обработка снимков проводилась на основе визуального дешифрирования: распознавание объектов инфраструктуры на основе ряда признаков объектов на снимках. Использовались прямые (геометрические, яркостные и структурные) и косвенные дешифровочные признаки. Например, фермы имеют форму прямоугольника, а группа из нескольких строений образует серию прямоугольных блоков. Иногда корпуса коровников связаны переходами (галереями), что формирует единое здание сложной конфигурации. Размер, форма и расположение четко выделяют их среди остальной застройки населенного пункта. Такие крупные строения детектируются на космических снимках даже 10-метрового пространственного разрешения. Важный признак животноводческих хозяйств – рисунок изображения, поскольку с функциональной принадлежностью связана определенная планировочная структура. В некоторых случаях по рисунку изображения можно определить специализацию животноводческого хозяйства.

Наличие хозяйственной деятельности на фермах в отличие от инфраструктуры и самих объектов застройки дешифрируется по косвенным признакам (Li, Li, 2017; Paudel et al., 2020; Shi et al., 2018; Zhang et al., 2014). Они основываются на по-

иске взаимосвязей и взаимообусловленности объектов, т.е. наличие одних определяет свойства или назначение других. Снимки сверхвысокого пространственного разрешения дают возможность определить загоны для скота, выгребные и силосные ямы, наличие сельхозтехники (Taylor, Lovell, 2012). Косвенным признаком деятельности служит состояние перечисленных объектов. Например, тип растительности выгребных ям наиболее достоверно детектирует их состояние. Продукты жизнедеятельности КРС на работающих фермах угнетают растительность. Если деятельность прекращена, то выгребные ямы быстро зарастают обильной растительностью. Яркостные характеристики и вегетационные индексы такой растительности значительно отличаются от используемых выгребных ям. Силосные ямы при отсутствии деятельности также быстро зарастают растительностью. Вид загонов для скота также связан с деятельностью предприятий. Отсутствие растительности и четкие признаки перевыпаса скота могут говорить об активной животноводческой деятельности. Сельхозтехника, действующие объекты водообеспечения – хорошие признаки деятельности, т.е. наличия скота.

Следующим этапом после оцифровки топографических карт и дешифрирования космических снимков было сопоставление полученных данных (рис. 7).

Топографические карты, используемые в исследовании, создавались в 1990-х годах на основе аэрофотосъемки местности конца 1980-х – начала 1990-х. При сопоставлении их с современными данными дистанционного зондирования можно провести анализ почти 30 лет динамики числа и состояния ферм. Некоторые животноводческие фермы не детектируются по космическим снимкам (рис. 7 II.б), но еще пару десятилетий назад существовали и попали на топографическую карту (рис. 7 II.а). Эта картина более типична для нечерноземных регионов. Для южных регионов ЦФО характерна обратная ситуация, при которой в постсоветское время появились новые предприятия, не отмеченные на топокартах.

Картографирование состояния животноводства на сельскохозяйственных предприятиях проводилось на всей территории ЦФО для сравнения черноземных и нечерноземных регионов. На основе дешифрирования данных дистанционного зондирования (рис. 8 I.а) и оцифровки топографических карт (рис. 8 II.а) был создан геоинформационный слой с местами размещения современных и советских животноводческих ферм.

На период 2016–2018 гг. по снимкам в ЦФО выявлено 9717 объектов, а по топографическим картам – 10356. Казалось бы, небольшое уменьшение инфраструктуры, несмотря на катастрофическое уменьшение поголовья скота



Рис. 7. Сопоставление топографических карт и данных дистанционного зондирования сверхвысокого разрешения. Составлено А.А. Медведевым.

(см. рис. 2, 5). Однако полуавтоматизированное сопоставление результатов дешифрирования и оцифровки топокарт показало, что локализация только 6658 объектов на снимках совпадает с объектами на топокартах. Почти 4.5 тыс. объектов с топокарт никак не идентифицируются на снимках (рис. 9). Эти объекты разрушены и заросли растительностью, включая древесную, как показано на рисунке 7 II.б.

Все приведенные данные расходятся со Всероссийской сельскохозяйственной переписью, которая фиксировала в ЦФО в 2016 г. 2375 сельскохозяйственных организаций, содержащих КРС, и 363 предприятия, содержащие свиней⁴.

⁴ Всероссийская сельскохозяйственная перепись 2016 года. Т. 2. Предварительные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года по субъектам РФ. М.: ИИЦ «Статистика России», 2017.

Это расхождение с официальными данными связано с тем, что при оцифровке топографических карт и дешифрировании космических снимков отмечались не предприятия в целом, а конкретные места локализации ферм или их групп. При этом в разных деревнях и даже в разных частях крупного населенного пункта может быть несколько ферм, хотя юридически (особенно после объединения колхозов) они представляют одно животноводческое предприятие. При дешифрировании космических снимков также отдельно выделялись большие и сложные по строению здания ферм, хотя они порой располагались друг от друга через дорогу и, скорее всего, представляли одно юридическое лицо.

Распределение предприятий по количеству скота приводится в табл. 1. На крупных предприятиях с более 3000 голов КРС содержится 40% поголовья. Еще треть КРС концентрируют пред-

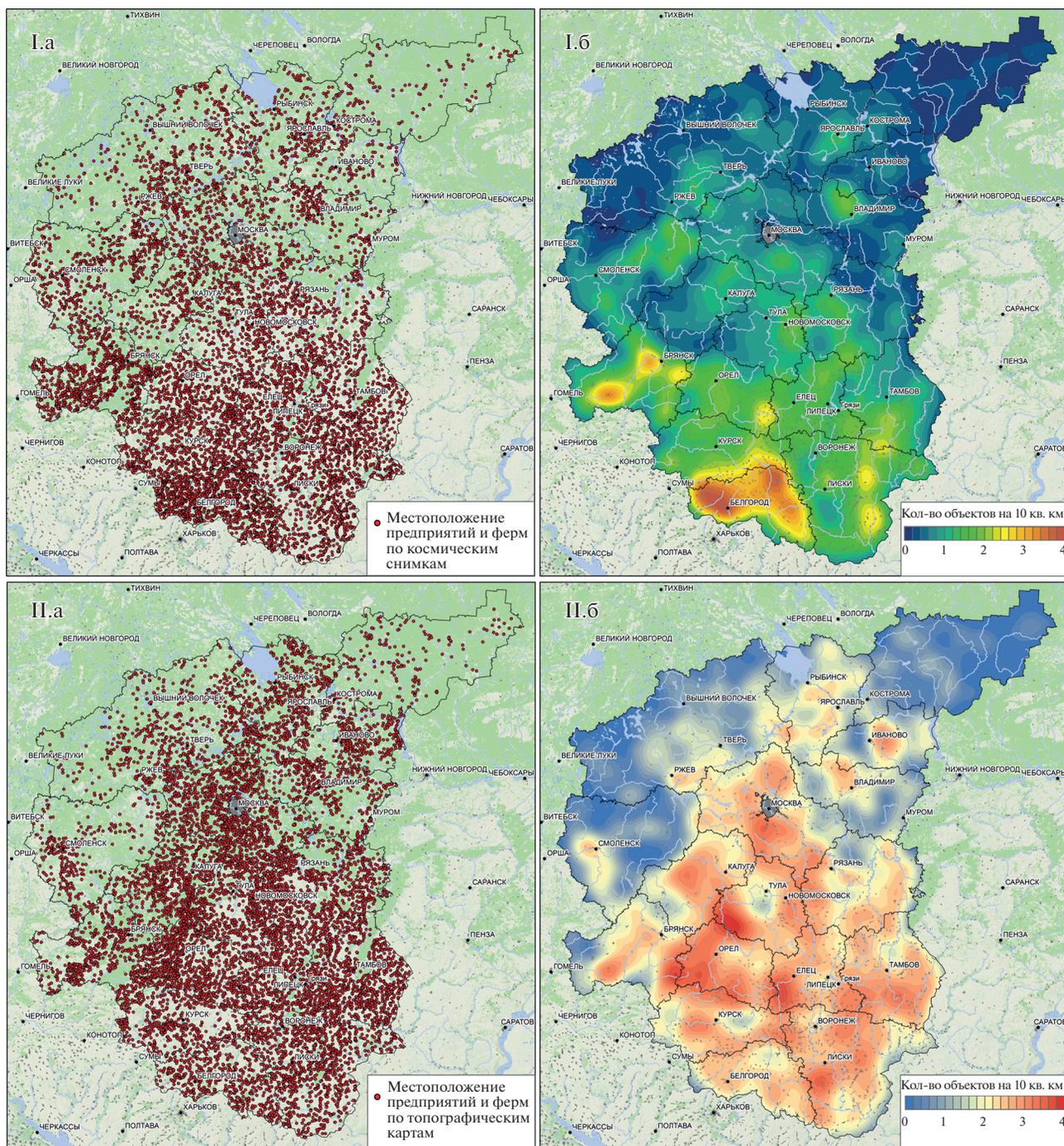


Рис. 8. Размещение животноводческих предприятий и ферм: I – по результатам дешифрирования космических снимков на 2016–2018 гг., II – по результатам оцифровки топографических карт конца 1980-х – начала 1990-х годов; (а) локализация предприятий, (б) плотность предприятий по муниципальным районам, ед./10 км². Составлено А.А. Медведевым.

приятия с поголовьем от 1000 до 3000 на каждом. Такие хозяйства могут иметь несколько ферм. Особенно велика концентрация поголовья в крупнейших агрохолдингах, имеющих несколько ферм, как территориально сближенных, имеющих общую инфраструктуру, так и удаленных

друг от друга, причем расположенных не только в данном муниципальном районе, но и в других районах. Кроме сельскохозяйственных организаций, 3748 индивидуальных предпринимателей и фермеров, содержащих КРС и свиней, могут использовать фермы, бывшие колхозные или но-

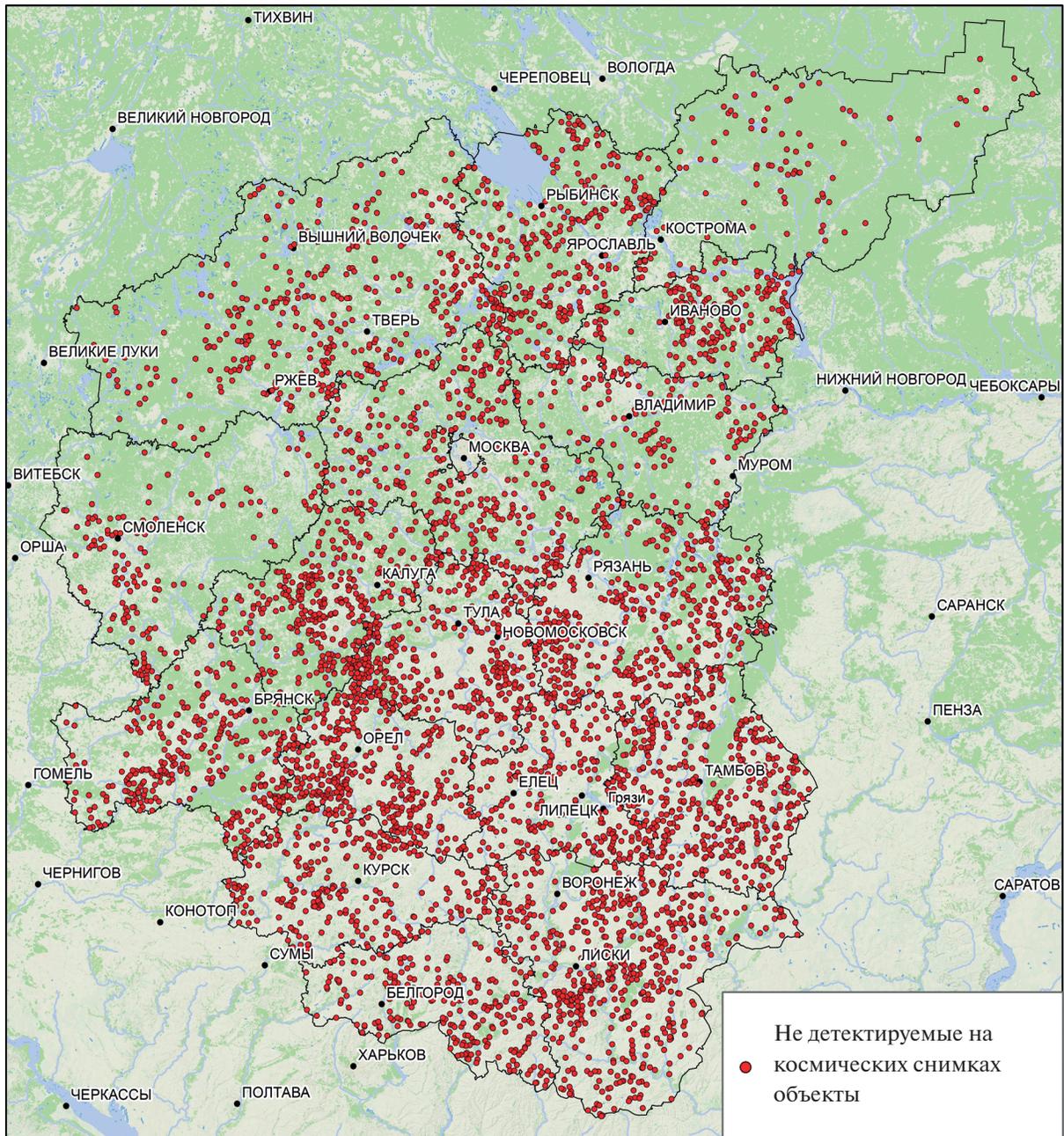


Рис. 9. Разрушенные предприятия и фермы. Составлено А.А. Медведевым.

вые. Более того, экспедиционные обследования некоторых районов показали, что ремонтировать полуразрушенные фермы часто сложнее, чем построить небольшие новые рядом или в другом месте. Все это ведет к визуальному умножению объектов инфраструктуры, частично не действующей, при уменьшении поголовья скота.

Тем не менее при всех возможных искажениях сравнение современной ситуации и конца 1980-х годов показало, что количество ферм для скота сохранилось или увеличилось только в

южных черноземных регионах ЦФО и в Брянской области. В остальных регионах, включая Московскую область, их стало меньше на 20–60% (см. рис. 8). Это наиболее характерно для удаленных периферийных районов, а также для наиболее дачных в Московской области и в ряде муниципальных районов, примыкающих к ней.

Для оценки состояния и детектирования хозяйственной деятельности выявленные по космическим снимкам и топокартам объекты были классифицированы и каждому классу присвоен

Таблица 1. Распределение сельскохозяйственных организаций по численности поголовья КРС и свиней в ЦФО

КРС			Свиньи		
поголовье КРС в одной организации, тыс. голов	число организаций	доля в поголовье КРС ЦФО, %	поголовье свиней в одной организации, тыс. голов	число организаций	доля в поголовье свиней ЦФО, %
0	3468	0	0	5480	0
0–0.3	1034	4.8	0–0.5	190	0.2
0.3–1	752	20.4	0.5–1	16	0.1
1–3	270	34.4	1–10	45	1.8
3–5	65	11.1	10–25	28	4.8
>5	54	29.3	>25	84	93.0
Всего организаций с поголовьем	2375	100.0	Всего организаций с поголовьем	363	100.00

Источник: Всероссийская сельскохозяйственная перепись 2016 года. Т. 2. Предварительные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года по субъектам РФ. М.: ИИЦ «Статистика России», 2017.

набор дешифровочных признаков (рис. 10). При распознавании объектов они были поделены на пять классов: 1 – полностью заброшенные с остатками зданий, заросшими выгребными ямами и угодьями; 2 – частично заброшенные с разрушенными крышами, заросшими выгонами для КРС; 3 – работающие фермы с целыми крышами, загонами для скота и действующими выгребными ямами, на которых нет растительности; 4 – фермы, перестроенные и обновленные (новая крыша, забор, техника, обустройство); 5 – современные агрокомплексы. При классификации произведена повторная проверка всех объектов, что повышает достоверность результатов обработки. Наибольшую сложность при классификации результатов дешифрирования вызвали классы 1 и 2. В первом случае стояла задача распознать полностью заросшие развалины ферм и с помощью ярких характеристик растительности идентифицировать прямоугольную форму строений. Во втором случае проблемы были связаны с тем, что деятельность вблизи ферм частично сохранилась, и главным основанием выделения класса было состояние самих строений.

Результаты классификации были разделены на отдельные геоинформационные слои для последующего пространственного анализа в разрезе регионов и муниципальных образований. Полное и частичное забрасывание ферм (рис. 11а) наблюдается не только в Нечерноземье, но и в южных регионах ЦФО, как в отдаленных районах областей, так и ближе к пригородам. Это говорит не только об уходе животноводства из районов с низкой плотностью населения, но и об активном обновлении инфраструктуры сохранившихся предприятий, порой со сменой локализации. Работающие фермы бывших советских колхозов (рис. 11б) чаще находятся вблизи городов, на за-

селенных территориях с развитой дорожной инфраструктурой. А современные модернизированные предприятия (рис. 11в) и агрокомплексы (рис. 11г) помимо Московской области и некоторых пригородов областных центров (Твери, Костромы, Владимира, Белгорода, Липецка) часто локализованы и в районах второго, третьего порядка соседства с областными центрами. Также число действующих ферм повышено в районах, удаленных от областных центров, но приближенных к границам Московской области, или недалеко от основных автотрасс.

Агрохолдинги на космических снимках

Крупные агропромышленные холдинги (АХ), ставшие в 2000-х годах драйверами подъема сельскохозяйственного производства, в том числе животноводства, заслуживают отдельного рассмотрения. В 2016 г. по некоторым оценкам (Шагайда, Узун, 2019), доля АХ в производстве продукции сельскохозяйственных организаций достигла половины. Современная статистика не отражает реальную картину распространения и роли агропромышленных компаний, поскольку оперирует показателями низовых звеньев, сельскохозяйственных организаций в разрезе регионов. При этом главное в АХ – это объединение по вертикали в межрегиональные структуры крупных собственников, использующих земли обычно в разных регионах, при находящемся зачастую в городах управляющем менеджменте. Это сильно затрудняет изучение реального распределения их деятельности. Информации о точном количестве животноводческих ферм крупных агрохолдингов в открытом доступе также нет. На официальных сайтах компаний данные отсутствуют или представлены в общем виде, что не позволяет осуществить точную локализацию предприятий.

Класс объекта	Дешифровочные признаки	Примеры
Полностью заброшенные	Полностью заросшие растительностью (включая древесную), отсутствие транспортных путей	
Частично заброшенные	Частично разрушенная крыша, заросшие стойла и выгоны для скота, заросшие выгребные ямы	
Действующие	Наличие крыши, действующие транспортные пути, действующие выгребные ямы, сельскохозяйственная техника	
Действующие, модернизированные	Модернизированные постройки, действующие транспортные пути, сельскохозяйственная техника, ограждения по периметру	
Агрокомплексы	Комплексы зданий с развитой инфраструктурой, сельскохозяйственная техника, наличие автономного водо- и электроснабжения	

Рис. 10. Эталоны дешифрирования для классификации животноводческих предприятий. Составлено А.А. Медведевым.

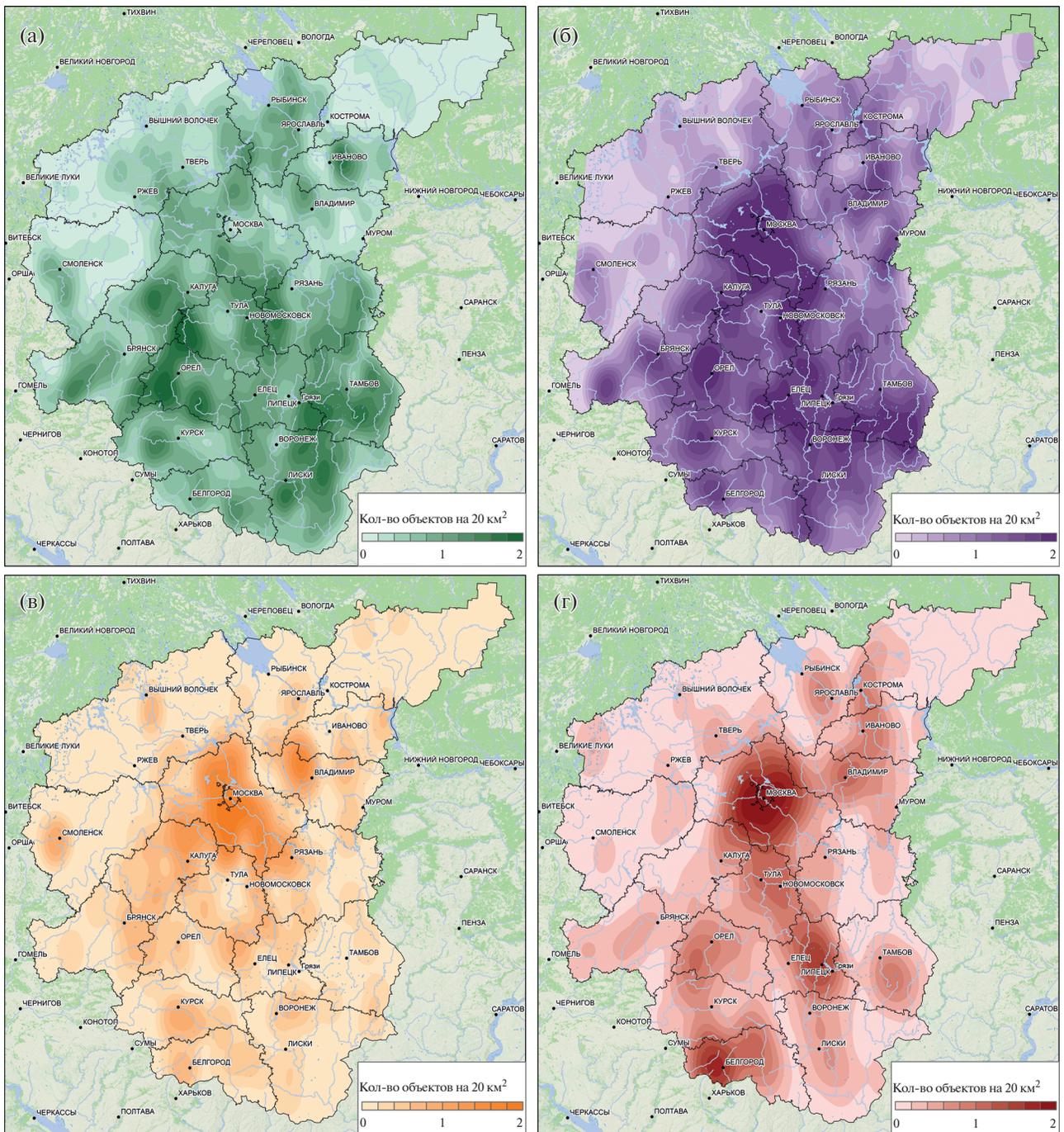


Рис. 11. Плотность предприятий животноводства и ферм (ед./20 км²), определенная на основе использования космических снимков: (а) полностью и частично заброшенные; (б) действующие; (в) действующие, модернизированные; (г) агрокомплексы. Составлено А.А. Медведевым.

Использование данных дистанционного зондирования при картографировании АХ дает возможность не только определить локализацию, но и по набору дешифровочных признаков выявить специализацию того или иного комплекса. Дешифровать по космическим снимкам круп-

ные агрокомплексы даже проще, чем животноводческие предприятия, которые располагаются в фермах бывших колхозов и совхозов, так как подразделения АХ представляют собой достаточно большие объекты с абсолютно автономной инфраструктурой. Хотя для более четкого определения специали-



Рис. 12. Предприятия агрохолдингов: (а) свиноводческий комплекс, (б) предприятие растениеводства, (в) птицеводческий комплекс, (г) ферма по разведению крупного рогатого скота. Составлено А.А. Медведевым.

зации требуются данные космической съемки сверхвысокого разрешения, большую часть АХ можно распознать по снимкам высокого и среднего пространственного разрешения.

Автономная инфраструктура АХ хорошо дешифрируется и состоит из системы водообеспечения (водонапорные башни), очистных сооружений (отстойники при свинокомплексах), системы энергообеспечения (электрические подстанции), загонов для скота, помещений и площадок для сельхозтехники, административных зданий (рис. 12). Все эти объекты компактно расположены в пределах сравнительно небольшой территории.

Ряд дешифровочных признаков при распознавании объектов инфраструктуры агрокомплексов четко указывает на специализацию отдельных подразделений АХ. Так, для свиноводческих ферм характерно размещение рядом с фермой отстойников (полей фильтрации – рис. 12а), для ферм по разведению КРС (рис. 12г) характерно наличие серии загонов с кормовыми площадками и развитой дорожной инфраструктурой. Растениеводческие подразделения достаточно четко выделяются по

обилию сельхозтехники (рис. 12б) и помещениям для хранения зерна. Результаты дешифрирования также прошли выборочную проверку на корректность идентификации специализации предприятий по данным сайтов агрохолдингов и аудита предприятий.

Отдельно стоит отметить еще один типичный признак подразделений АХ, который хорошо распознается на снимках – собственная транспортная инфраструктура и логистическая модель расположения предприятий. Все они находятся вблизи или на небольшом удалении от федеральных и региональных трасс. Чаще всего подразделения развивают в районе собственную дорожную сеть, которая имеет связь со всеми используемыми землями и обязательно примыкает к дорогам общего назначения.

Приведем пример анализа размещения предприятий агрохолдингов “Авангард-Агро” и “Мираторг” (рис. 13). Эти компании уже много лет осуществляют экспансию в нечерноземные регионы. При этом наблюдается изменение специализации предприятий при смене физико-географи-

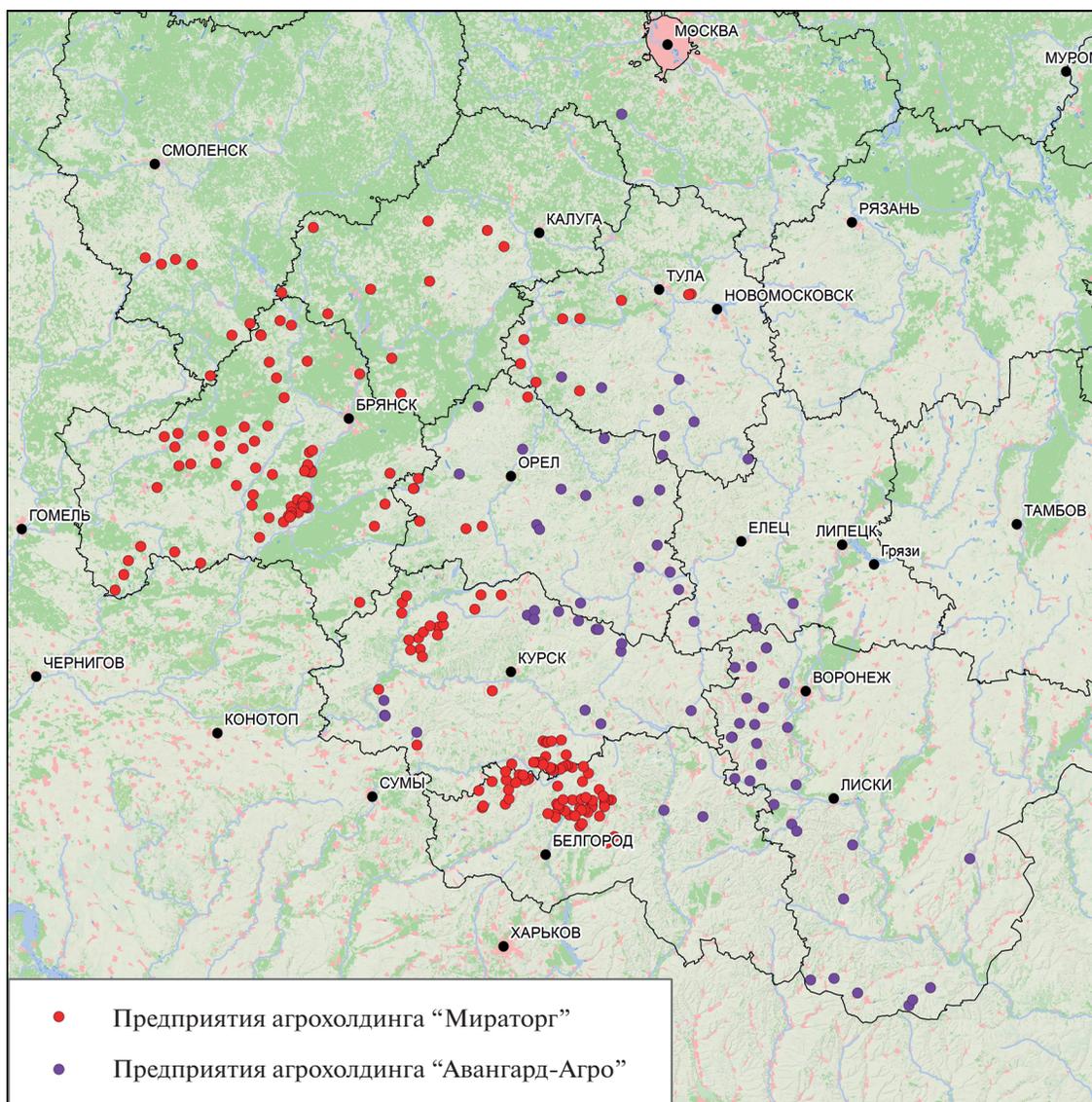


Рис. 13. Локализация подразделений агрохолдингов “Мираторг” и “Авангард-Агро”. Составлено А.А. Медведевым.

ческих условий — от растениеводства и свиноводства в южных регионах ЦФО до ферм КРС с небольшими кормовыми угодьями в Нечерноземье.

“Авангард-Агро” имеет более 450 тыс. га земли (в том числе 365 тыс. га в собственности) в Воронежской, Орловской, Курской, Тульской, Липецкой и Белгородской областях. Он включает 51 предприятие, на которых работают около 5 тыс. человек. Главное направление деятельности — растениеводческое. Однако посевы пшеницы, ячменя, кукурузы на 250 тыс. га дают возможность заниматься и животноводством с производством молока и бычков на убой. Более известен “Мираторг” как ведущий производитель мяса на российском рынке (в 2018 г. — 423 тыс. т свинины, более 108 тыс. т говядины и 113 тыс. т птицы). Основные предприятия по производству собствен-

ных кормов расположены в Белгородской и Брянской областях. Крупнейшее в мире поголовье КРС мясной породы Блэк Ангус содержится в Брянской, Калининградской, Смоленской, Калужской, Орловской и Тульской областях. Свиноводческие фермы мощностью 3.4 млн голов расположены в Белгородской и Курской областях, птицефермы — в Брянской. Агрохолдинг включает крупнейший в России завод по глубокой переработке мяса в Брянской области, завод по переработке свинины в Белгородской, распределительные и торговые предприятия.

Ключевые предприятия меньших по размеру агрохолдингов в большей мере тяготеют к пригородам крупных городов, особенно к Московской области, хотя их подразделения могут располагаться и в более удаленных районах. Главное, что-

бы была надежная транспортная связь с городами. Почти все современные АХ строят новые фермы и развивают собственную инфраструктуру, а не используют ресурсы бывших колхозов и совхозов, как это делают небольшие производители. Поэтому даже в Московской области новейшие корпуса агрокомплексов за высокими заборами находятся недалеко от полуразрушенных старых ферм, используемых частными предпринимателями. И в более удаленных районах приобретение московским или региональным агрохолдингом местного предприятия, как правило, сопровождается постройкой или кардинальной модернизацией одного-двух зданий и забрасыванием остальных ферм, расположенных в разных деревнях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разные методы исследования, примененные в данной статье (анализ муниципальной статистики, использование топографических карт, дешифрирование космических снимков), показывают похожие результаты. После катастрофического падения поголовья скота в 1990-х годах современное животноводство восстанавливается, частично меняя специализацию, организационную структуру и локализацию.

Наиболее активно восстановление идет в южных регионах ЦФО. В северных нечерноземных регионах в целом сохраняется пригородная локализация (особенно в Московской области и рядом с ней). Однако крупные модернизированные предприятия, в том числе подразделения агрохолдингов, постепенно вытесняются из более плотно заселенных и рекреационных районов вблизи больших городов. При этом они используют преимущества современных технологий производства и организации труда и ориентируются на транспортную инфраструктуру.

Несмотря на то, что агрохолдингам и другим модернизированным предприятиям во многом удалось решить проблемы снабжения городов продовольствием, их воздействие на сельскую местность неоднозначно. Сравнение данных топографических карт конца 1980-х годов и современных космических снимков показало, что в регионах ЦФО было заброшено более 4 тыс. ферм. Новые корпуса крупных предприятий, особенно часто в северной нечерноземной части ЦФО, стоят окруженные заброшенными фермами и полями, постепенно зарастающими лесом (Нефедова, Медведев, 2020).

Предприятиям, сумевшим вписаться в новые рыночные условия, при иной производственной организации и механизации требуется гораздо меньшее число работников, чем советским колхозам и совхозам, и более высокий уровень их

профессиональной подготовки. Такие предприятия зачастую привлекают мигрантов из ближнего зарубежья на черновые работы. Поэтому восстановление производства не означает сохранения занятости местного населения. Особенно это касается агрохолдингов, руководство которых, как правило, находится в городах и в отличие от руководителей бывших колхозов и совхозов мало заботится об окружающей предприятия местности и населении. Более того, по сравнению с крупными предприятиями более мелкие часто оказываются неконкурентоспособными, что ведет к их банкротству и переходу земель к агрокомплексам. Все это уменьшает вариативность сельского хозяйства. Поэтому его восстановление не способствует уменьшению безработицы. Миграции в города и депопуляция сельской местности за пределами пригородов продолжаются.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа проводилась в Институте географии РАН. Раздел “Упадок и возрождение животноводства в Центральном федеральном округе” написан по теме Государственного задания ИГ РАН № 0148-2019-0008; разделы “Что можно увидеть из космоса” и “Агрохолдинги на космических снимках” подготовлены в рамках проекта Российского научного фонда № 19-17-00174 “Развитие районов старого освоения в условиях социально-экономической поляризации и сжатия освоенного пространства Европейской России”.

FUNDING

The study was carried out in the Institute of Geography RAS. “Decline and revival of animal husbandry in the Central Federal District” is written within the framework of the State Task of the IG RAS No. 0148-2019-0008; the sections “What can be seen from space” and “Agricultural holdings in the satellite images” within the framework of Russian Science Foundation project no. 19-17-00174 (“Early Developed Regions under Socioeconomic Polarization and Shrinkage of Active Space in European Russia”).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Барсукова С.Ю.* Дилемма “фермеры – агрохолдинги” в контексте импортозамещения // *Общественные науки и современность.* 2016. № 5. С. 63–74.
- Буланов К.А., Денисов П.В., Луян Е.А., Мартыанов А.С., Серeda И.И., Троицко К.А., Толпин В.А., Барталев С.А., Хвостиков С.А.* Блок работы с данными дистанционного зондирования Земли Единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения // *Совр. проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* 2019. Т. 16. № 3. С. 171–182.
- Воронина П.В., Мамаш Е.А.* Классификация тематических задач мониторинга сельского хозяйства с использованием данных дистанционного зондиро-

- вания MODIS // Вычислительные технологии. 2014. Т. 19. № 3. С. 76–102.
- Иоффе Г.В. Сельское хозяйство Нечерноземья: Территориальные проблемы. М.: Наука, 1990. 164 с.
- Иоффе Г.В., Нефедова Т.Г. Центр и периферия в сельском хозяйстве российских регионов // Проблемы прогнозирования. 2001. № 6. С. 100–110.
- 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. <http://ekonom.igras.ru/data/bhah2016.pdf>
- Мкрчян Н.В. Миграции в сельской местности России: территориальные различия // Население и экономика. 2019. № 1 (3). С. 39–52.
- Михайленко И.М. Развитие методов и средств применения данных дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве // Тенденции развития науки и образования. 2018. Т. 41. Ч. 3. С. 70–83.
- Нефедова Т.Г. Десять актуальных вопросов о сельской России: ответы географа. М.: URSS-ЛЕНАНД, 2013. 456 с.
- Нефедова Т.Г. Двадцать пять лет постсоветскому сельскому хозяйству России: географические тенденции и противоречия // Изв. РАН. Сер. геогр. 2017. № 5. С. 7–18.
- Нефедова Т.Г., Медведев А.А. Сжатие освоенного пространства в центральной части Европейской России: динамика населения и использования земель в сельской местности // Изв. РАН. Сер. геогр. 2020. Т. 84. № 5. С. 1–16.
- Шагайда Н.И., Узун В.Я. Драйверы роста и структурных сдвигов в сельском хозяйстве России / Науч. докл. РАНХиГС. М.: Издат. дом “Дело”, 2019. № 4(19). 96 с.
- Шульга Е.Ф., Куприянов А.О., Хлюстов В.К., Балабанов В.И., Зейлигер А.М. Управление сельхозпредприятием с использованием космических средств навигации (ГЛОНАСС) и дистанционного зондирования Земли. М.: ФГБОУ РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. 286 с.
- Якушев В.П., Якушев В.В., Конев А.В., Матвеев Д.А., Часовских С.В. О совершенствовании реализации агротехнологических решений в точном земледелии // Вестн. рос. сельскохозяйств. науки. 2018. № 1. С. 13–17.
- Li S., Li X. Global understanding of farmland abandonment: a review and prospects // J. Geogr. Sci. 2017. V. 27. № 9. P. 1123–1150. <https://doi.org/10.1007/s11442-017-1426-0>
- Paudel B., Wu X., Zhang Y., Rai R., Liu L., Zhang B., Khanal N., Koirala H., Nepal P. Farmland abandonment and its determinants in the different ecological villages of the Koshi River Basin, Central Himalayas: Synergy of high-resolution remote sensing and social surveys // Env. Res. 2020. V. 188. 109711. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109711>
- Shi T., Li X., Xin L., Xu X. The spatial distribution of farmland abandonment and its influential factors at the township level: a case study in the mountainous area of China // Land Use Pol. 2018. V. 70. P. 510–520. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.10.039>
- Taylor J.R., Lovell S.T. Mapping public and private spaces of urban agriculture in Chicago through the analysis of high-resolution aerial images in Google Earth // Landsc. Urban Plan. 2012. V. 108. № 1. P. 57–70. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.08.001>
- Visser A., Spoor M., Mamonova N. Is Russia the emerging global “breadbasket”? Re-cultivation, agroholdings and grain production // Europe-Asia Stud. 2014. № 66 (10). P. 1589–1610.
- Zhang Y., Li X., Song W. Determinants of cropland abandonment at the parcel, household and village levels in mountain areas of China: a multi-level analysis // Land Use Pol. 2014. V. 41. P. 186–192. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.05.011>

Post-Soviet Transformation of Animal Husbandry in Central Russia According to Statistics, Satellite Images Data and Authors' Observations

A. A. Medvedev^{1,*} and T. G. Nefedova^{1,**}

¹*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

**e-mail: medvedev@igras.ru*

***e-mail: trene12@igras.ru*

The article discusses the main trends in the spatial organization of animal husbandry in the post-Soviet years with the help of a multi-scale study of the regions in the Central Federal District of Russia. The use of Rosstat data for municipal districts, topographic maps, and interpretation of satellite images with different resolutions allowed us to reveal the real picture of organizational and spatial changes in animal husbandry up to the conditions of individual farms. After a catastrophic decline in livestock numbers in the 1990s, animal husbandry is recovering, partially changing its specialization, organizational structure, and localization. If meat production has grown up in recent years, mainly due to pork and poultry, the number of cattle in many areas continues to decline. At the same time, the degree of animal husbandry concentration has increased in comparison with the Soviet time. The selectivity of the sector's restoration makes it spatially focal, leaving vast Non-Chernozem lands abandoned and gradually overgrown with forest. To verify statistical information, ultra-high-resolution remote sensing data on the distribution of livestock farms and its infrastructure and condition are used, with some examples given in diagrams and maps. A comparison of the data from topographic maps of the late 1980s and contemporary satellite images showed that over 4000 farms were abandoned in the regions of the

Central Federal District. At the same time, many new modernized enterprises appeared. Maps compiled by municipal districts clearly reflect the current spatial structure of animal husbandry. The spatial organization of large agricultural holdings is studied in more detail using examples.

Keywords: agriculture, animal husbandry, cattle, pigs, milk, farms, rural depopulation, remote sensing, decoding of satellite images, cartographic method

REFERENCES

- Barsukova S.Yu. Dilemma “farmers – agricultural holdings” in the context of import substitution. *Obshchestvennye Nauki i Sovremennost'*, 2016, no. 5, pp. 63–74. (In Russ.).
- Bulanov K.A., Denisov P.V., Lupian E.A., Mart'yanov A.S., Sereda I.I., Troshko K.A., Tolpin V.A., Bartalev S.A., Khvostikov S.A. Remote sensing unit of Integrated Federal Information System on agricultural lands. *Sovr. Probl. Dstantsionnogo Zondirovaniya Zemli iz Kosmosa*, 2019, vol. 16, no. 3, pp. 171–182. (In Russ.).
- Ioffe G.V. *Sel'skoe khozyaistvo Nechernozem'ya: territorial'nye problemy* [Agriculture of the Non-Chernozem Region: Spatial Problems]. Moscow: Nauka Publ., 1990. 164 p.
- Ioffe G.V., Nefedova T.G. Center and periphery in agriculture of Russian regions. *Probl. Prognozirovaniya*, 2001, no. 6, pp. 100–110. (In Russ.).
- Li S., Li X. Global understanding of farmland abandonment: A review and prospects. *J. Geogr. Sci.*, 2017, vol. 27, no. 9, pp. 1123–1150. doi 10.1007/s11442-017-1426-0
- Mezdu domom i ... domom. Vozyratnaya prostranstvennaya mobil'nost naseleniya Rossii* [Between Home and ... Home. Return Spatial Mobility of Population in Russia]. Nefedova T.G., Averkieva K.V., Makhrova A.G., Eds. Moscow: Novyi Khronograf Publ., 2016. 504 p.
- Mikhailenko I.M. Development of methods and means of applying remote sensing data in agriculture. *Tendentsii Razvitiya Nauki i Obrazovaniya*, 2018, vol. 41-3, pp. 70–83. (In Russ.).
- Mkrtychyan N.V. Migration in rural areas of Russia: territorial differences. *Population and Economics*, 2019, vol. 3, no. 1, pp. 39–52. doi 10.3897/popecon.3.e34780
- Nefedova T.G. *Desyat' aktual'nykh voprosov o selskoi Rossii. Otvety geografa* [Ten Topical Issues about Rural Russia. A Geographer's Viewpoint]. Moscow: URSS Publ., 2014. 452 p.
- Nefedova T.G. Twenty-five years of Russia's post-Soviet agriculture: Geographical trends and contradictions. *Reg. Res. Russ.*, 2017, no. 7, pp. 311–321. doi 10.1134/S2079970517040074
- Nefedova T.G., Medvedev A.A. Shrinkage of the developed space in Central Russia: Population dynamics and land use in rural areas. *Reg. Res. Russ.*, 2020, vol. 10, no. 4, pp. 549–561.
- Paudel B., Wu X., Zhang Y., Rai R., Liu L., Zhang B., Khanal N., Koirala H., Nepal P. Farmland abandonment and its determinants in the different ecological villages of the Koshi River Basin, Central Himalayas: Synergy of high-resolution remote sensing and social surveys. *Environ. Res.*, 2002, vol. 188, 109711. doi 10.1016/j.envres.2020.109711
- Shagaida N.I., Uzun V.Ya. *Draivery rosta i strukturnye sdvigi v sel'skom khozyaistve Rossii* [Drivers of Growth and Structural Shifts in Russian Agriculture]. Moscow: Delo Publ., 2019. 96 p.
- Shi T., Li X., Xin L., Xu X. The spatial distribution of farmland abandonment and its influential factors at the township level: A case study in the mountainous area of China. *Land Use Policy*, 2018, vol. 70, pp. 510–520. doi 10.1016/j.landusepol.2017.10.039
- Shul'ga E.F., Kupriyanov A.O., Khlyustov V.K., Balabanov V.I., Zeiliger A.M. *Upravlenie selkhozpredpriyatiem s ispolzovaniem kosmicheskikh sredstv navigatsii (GLONASS) i dstantsionnogo zondirovaniya Zemli* [Management of Agricultural Enterprises Using Space Navigation (GLONASS) and Remote Sensing of the Earth]. Moscow: FGBOU RGAU-MSKha im. K.A. Timiryazeva, 2016. 286 p.
- Taylor J.R., Lovell S.T. Mapping public and private spaces of urban agriculture in Chicago through the analysis of high-resolution aerial images in Google Earth. *Landsc. Urban Plan.*, 2012, vol. 108, no. 1, pp. 57–70. doi 10.1016/j.landurbplan.2012.08.001
- Visser A., Spoor M., Mamonova N. Is Russia the emerging global “breadbasket”? Re-cultivation, agroholdings and grain production. *Europe-Asia Studies*, 2014, vol. 66, no. 10, pp. 1589–1610.
- Voronina P.V., Mamash E.A. Classification of thematic problems of agricultural monitoring using MODIS remote sensing data. In *Vychislitel'nye Technologii*, 2014, vol. 19, no. 3, pp. 76–102. (In Russ.).
- Yakushev V.P., Yakushev V.V., Konev A.V., Matvienko D.A., Chasovskikh S.V. On improving the implementation of agrotechnological solutions in precision agriculture. *Vestn. Ross. S-kh. Nauki*, 2018, no. 1, pp. 13–17. (In Russ.).
- Zhang Y., Li X., Song W. Determinants of cropland abandonment at the parcel, household and village levels in mountain areas of China: A multi-level analysis. *Land Use Policy*, 2014, vol. 41, pp. 186–192. doi 10.1016/j.landusepol.2014.05.011

УДК 323.174

МИФЫ И РЕАЛЬНОСТЬ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНАЛИЗМА: ВНЕШНИЙ ОБРАЗ И ИДЕНТИЧНОСТЬ МАКРОРЕГИОНА

© 2021 г. М. В. Назукина*

Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН, Пермь, Россия

*e-mail: nazukina@mail.ru

Поступила в редакцию 01.05.2020 г.

После доработки 01.11.2020 г.

Принята к публикации 22.12.2020 г.

В статье анализируются ключевые смыслы внешнего образа дальневосточного региона и их корреляция с внутренним наполнением (территориальной идентичностью) в регионалистском дискурсе Дальнего Востока. На основе анализа материалов медиадискурса федеральных СМИ показано, что особость макрорегиона интерпретируется через экономические маркеры и смысловой концепт “развитие”. Идентификация с сообществом через имя “дальневосточник” поднимается в контексте дискурса проблем в макрорегионе. Особое внимание уделено внутренним дискурсам идентичности Дальнего Востока. В статье отражены результаты исследования дальневосточного регионализма, проведенного автором в конце октября – начале ноября 2019 г. в Хабаровске и Владивостоке. Основными материалами для анализа стали экспертные интервью и результаты включенного наблюдения. Показано, как осознание специфических региональных проблем Дальнего Востока вносит вклад в формирование идентичности “дальневосточников”. Исследование продемонстрировало, что термин “Дальний Восток” в регионалистском дискурсе воспринимается как внешнее название макрорегиона, административный термин. Экспертные интервью позволили установить, что причины отсутствия сообщества на макрорегиональном уровне связаны со слабой субъектностью и связанностью между регионами Дальнего Востока. Ключевой идеей, сплачивающей территориальное сообщество, выступает здесь московборческий дискурс. Фиксируется потребность в конструировании позитивных идентификационных маркеров за счет коммуникации акторов, продуцирующих регионалистский дискурс на Дальнем Востоке.

Ключевые слова: регионализм, макрорегион, Дальний Восток, региональная идентичность, образ региона, регионалистский дискурс

DOI: 10.31857/S2587556621020114

ПОСТАНОВКА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЗАДАЧИ

На протяжении последнего времени в официальном дискурсе российский Дальний Восток устойчиво воспроизводится как единый макрорегион – приоритетная территория развития страны. Не случайно подъем Дальнего Востока объявлен задачей “общенационального масштаба”, “приоритетом на весь XXI век”¹. Таким образом, Дальний Восток демонстрирует классический пример того, как макрорегион конструируется извне, силами официального дискурса, поскольку

ку преобладает взгляд на территорию как единую, требующую общих управленческих решений. В политической риторике широко используются географические и иные характеристики дальневосточных территорий, формируется представление о том, что реально существует макрорегиональное сообщество, которое именуется “Дальним Востоком”.

Сам термин “макрорегион” в публичном политическом дискурсе сравнительно недавно институционализировался и используется сугубо формально: чаще как синоним федерального округа (Назукина, 2015, с. 38). При таком подходе Дальний Восток – это суперсубъект в виде Дальневосточного федерального округа (ДФО), понимаемый как территория, в отношении которой осуществляется отдельная политика. Однако само по себе формальное наличие границ не озна-

¹ Путин назвал развитие Дальнего Востока задачей общенационального масштаба // РИА Новости, 21.08.2019. <https://ria.ru/20190821/1557737710.html> (дата обращения 12.04.2020 г.). Обращение В.В. Путина на сайте Министерства Российской Федерации по развитию Дальнего Востока и Арктики. <https://minvr.ru/> (дата обращения 12.04.2020 г.).

чает, что они приведут к формированию регионального сообщества. Значение имеет не столько сам факт проживания на определенной территории, сколько то, что факт общего проживания становится важным для возникновения идентичности (Бауман, 1996). В этом смысле территориальное сообщество рассматривается нами через культурную память, а также сложившиеся представления о “себе” и “других”, формирующие “воображаемое сообщество” (Андерсон, 2016). В таком случае, помимо конструирования макрорегиона извне, на процесс возникновения регионов оказывают влияние многие факторы, среди которых особенности исторического развития, социально-экономическая близость и другие, в результате чего возникает чувство территориальной общности.

Проблема настоящего исследования заключается в поиске ответа на вопрос: существует ли реальное внутреннее наполнение единства макрорегиона “Дальний Восток” и каково его совпадение с теми смыслами об особости территории и его сообщества, которые транслируются извне? Учитывая недостаточный уровень транспортной освоенности территории региона, которая является одной из фундаментальных проблем Дальнего Востока (Неретин и др., 2019, с. 35), можно ли говорить об общей макрорегиональной идентичности и существовании внутреннего образа “дальневосточника”? Цель данной статьи, таким образом, определяется как выявление ключевых смыслов внешнего образа дальневосточного региона и их корреляция с внутренним наполнением (территориальной идентичностью) в регионалистском дискурсе Дальнего Востока. Анализ того, как конструируется “дальневосточный макрорегион” извне (его образ) и изнутри (территориальная идентичность) позволит по-новому взглянуть на проблему макрорегиональной идентичности в целом, в том числе в контексте осмысления приграничных идентичностей (Колосов, 2016; Колосов и др., 2016).

Постановка такого исследовательского вопроса, бесспорно, актуальна на фоне сопоставления, например, с сибирским макрорегионом, который является более изученным с точки зрения макрорегиональной идентичности. Историография фиксирует крупные работы, посвященные изучению феномена “сибиряка” (Анисимова, Ечевская, 2012), но фактически отсутствие таковых в отношении “дальневосточника”. При изучении территориальных образов Дальнего Востока изучаются как репрезентации в кинематографе и воспоминания исследователей (Головнев, Головнева, 2017; Головнева, Мартишина, 2018), так и специфика са-

мосознания людей, живущих на Дальнем Востоке (Ларин, Ларина, 2012; Шведов, 2008). Характеристика внешнего образа связана, прежде всего, с анализом региональной мифологии². Исключением можно считать работы Л.Е. Бляхера [см., напр.: (Бляхер, 2004)], который, по сути, сам “конструирует дальневосточную идентичность”³. В серии работ, опубликованных Л.Е. Бляхером в 2018–2019 гг. на сайте информационного агентства “Восток России”, рассматриваются разные аспекты вопросов: “кто такие дальневосточники”, “как они относятся к пространству” и пр.⁴

МЕТОДЫ

Рассмотрение проблематики конструирования макрорегиональной идентичности связано с вопросами состояния и перспектив регионализма в современной России [см., напр.: (Каганский, 2001)]. Основываясь на социально-конструктивистском подходе, А. Пааси отмечает, что в процессе институционализации регионы приобретают свои границы, символические структуры и институты (Paasi, 2002, p. 805). Согласно автору, институционализация регионов проходит четыре фазы: осознание и оформление территории; приобретение регионом концептуальной формы и его притязания на символическое оформление; возникновение региональных институтов, которые служат повышению регионального самосознания; утверждение региона в пространственной структуре и массовом сознании. Идентичность, которая соединяет эти элементы, понимается как эмоциональный феномен, связанный с региональным сознанием. В свою очередь, региональное сознание становится основой как для возникновения чувства принадлежности, так и отчужденности, различий между социальными группами (Zimmerbauer, Paasi, 2013, p. 32). Фокус на идентичность предполагает наличие общей ценностной системы, понимания себя как сообщества. Важность указания на ценностные основания региональной общности позволяет выделять в регионализме не только политические и экономические аспекты, но и культурные (Keating, 1995, p. 1494). При этом стержневым понятием выступает региональное самосознание людей. Так, В.Н. Стрелецкий (2012, с. 11), говоря о регионализме как феномене культуры, выделяет два пласта: “объек-

² Смирнягин Л.В. По ту сторону мифов. Дальний Восток: новые подходы к старым проблемам // Независимая газета. 23.01.2008. http://www.ng.ru/ideas/2008-01-23/15_myths.html?mright=3 (дата обращения 13.04.2020 г.).

³ Интервью с экспертом 1. Хабаровск, 29.10.2019 г. Архив автора.

⁴ Леонид Бляхер / Информационное агентство “Восток России”. <https://www.eastrussia.ru/speaker/blyakher/> (дата обращения 13.04.2020 г.).

тивный” (комбинация культурных характеристик, которые придают той или иной территории черты своеобразия, неповторимости, а то и уникальности, по сравнению с другими территориями) и “рефлексивный”, выражающийся в представлениях людей о своеобразии и самобытности тех или иных местностей и территорий, а в первую очередь — о своей собственной идентичности.

При характеристике региона и регионализма важно общее самоощущение, на основе которого может возникнуть движение, культивирующее регионалистский дискурс (Панов, 2020). Регион с этих позиций является субъектным пространством. Регионалистские акторы конструируют “региональные идеи”, “исключительность региона”, на основании которых тот или иной регион выделяется в числе других.

Конструирование региона может идти по двум вариантам. Сверху вниз — за счет внешнего оформления границ, или снизу вверх — от самого регионального сообщества, внутри которого формируются акторы регионализма: интеллектуалы, общественники, политические деятели, поддерживающие на уровне нарративов представление о региональной самостийности. Иными словами, в качестве основного аспекта в институционализации региона речь должна идти о общественном срезе — о людях, в данном случае о тех, которые называют себя и называются “дальневосточниками”. Для определения вектора конструирования и его корреляции важно интерпретировать источники, конструирующие образ региона и регионального сообщества извне. Кроме того, для фиксации специфичности важна рефлексия о регионе как раз самих регионалистских акторов. С этой целью в исследовании были привлечены два основных блока источников на основе количественно-качественной методологии.

Основной метод сбора информации, использованный в данном исследовании, — интервью с экспертами, проведенные автором в конце октября — начале ноября 2019 г. в Хабаровске и Владивостоке. Выбор именно этих двух городов связан с их безусловной столичной спецификой и претензиями на статус центра макрорегиона. Проведенные десять интервью охватили ведущих интеллектуальных акторов (исследователи, краеведы, писатели, политические консультанты, общественные деятели, депутаты, журналисты), которых можно считать связанными с конструированием идеи региона “Дальний Восток”.

Помимо экспертных интервью активно был задействован метод включенного наблюдения [натурного полевого наблюдения (Гриценко, Крылов, 2012, с. 134)] для оценки того, насколько регионалистский дискурс актуализирован в пространствах Хабаровского и Приморского краев: музейные экспозиции, названия и визуальное

оформление объектов социальной и коммерческой инфраструктуры и пр.

Дополнительно были использованы методы контент- и дискурс-анализа для оценки характеристик внешнего образа макрорегиона. Основу работы составил мониторинг сообщений российских СМИ на основе контент-анализа через систему “Медialogия”, которая является ведущей информационной системой на рынке анализа медиа в России⁵. В качестве исследуемого периода был выбран временной отрезок с начала 2018 г. до середины 2019 г. Выбранный для анализа период озаглавлен важными изменениями в институциональном оформлении макрорегиона. Во-первых, Указом Президента РФ от 3 ноября 2018 г. в состав федерального округа включены Республика Бурятия и Забайкальский край, ранее входившие в Сибирский федеральный округ. Во-вторых, согласно Указу Президента РФ от 13 декабря 2018 г., столица округа была перенесена из Хабаровска во Владивосток. Кроме того, на рассматриваемый период пришелся новый виток рассуждений об особости населения российского Дальнего Востока, что было связано с результатами голосования на выборах губернаторов осенью 2018 г. в двух крупнейших субъектах ДФО. Также 26 февраля 2019 г. Министерство Российской Федерации по развитию Дальнего Востока было переименовано в Министерство Российской Федерации по развитию Дальнего Востока и Арктики, что стимулировало дискуссию о границах макрорегиона.

Для исследования был выбран метод качественно-количественного контент-анализа статей федеральных СМИ за указанный период. В выборку попали статьи, в которых встречались сочетания слов “Дальний Восток/регион”, “Дальний Восток/макрорегион”, “дальневосточник” в любом порядке и склонении. База источников для количественного анализа составила почти пять тысяч ($N = 4956$) сообщений.

На следующем этапе производился качественный анализ заголовков статей. В рамках критического дискурс-анализа заголовков является одним из наиболее значимых для восприятия элементов текста и, по мнению Т. ван Дейка (2013), влияет на формирование у читателей ментальных моделей (субъективных интерпретаций событий). Заголовков в структуре информационного сообщения отражает идеологическую подоплеку текста.

Далее заголовки группировались по блокам так называемого узла дискурса и на основе качественного подхода интерпретировались их ключевые смыслы. Выбор количественно-качественного подхода был обусловлен необходимостью зафиксировать смысловые рамки, контекст,

⁵ Медialogия. <https://www.mlg.ru> (дата обращения 13.10.2019 г.).

Таблица 1. Группировка названий статей по Дальнему Востоку на основе ключевых слов в заголовках СМИ

Категория (ключевые слова)	Примеры заголовков	Количество
Территория (регион, макрорегион, ДФО, территория опережающего развития – ТОР, столица, Владивосток, Хабаровск)	Территория развития Владивосток стал столицей Дальнего Востока “Историческое событие”: эксперты оценили перенос столицы ДФО Восточные ворота	722
Экономика (развитие, экономический, стратегия, программа, проект, инвестор, проблема)	Курс на ускоренное развитие Дальнего Востока является государственным приоритетом Потенциал требует развития Надо работать над повышением уровня жизни населения на Дальнем Востоке Развитие Дальнего Востока	711
Сообщество (дальневосточник, миграция, переселение, поддержка, гарантии, льготы)	Трутнев: “Преференции дальневосточникам считаю бессмысленными” Дальневосточникам вернут прежний возраст выхода на пенсию? Переселенцы на Дальний Восток: кто поедет за новой жизнью? Ипотеку под 2 процента будут выдавать на Дальнем Востоке	180
Политика (Минвостокразвитие, Трутнев, губернатор, выборы, протест)	Выборы-2018: Дальний Восток показал Кремлю фигу Ветер перемен кардинально обновил команду губернаторов ДФО: кто есть кто? Дальневосточный протест: Владивосток, Якутск, далее – везде	81

Примечание. Составлено автором на основе контент-анализа в системе Медиалогия.

темы или сюжеты, которые присутствуют в тексте (Олейник, 2009, с. 69). Семантическое ядро подсчитывалось через сервис анализа текста Адвего для SEO онлайн⁶.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Внешний образ Дальнего Востока: ключевые особенности макрорегиона и дальневосточников в дискурсе СМИ

На основе проведенного мониторинга СМИ выделено четыре ключевых блока, структурирующих дискурс о макрорегионе (табл. 1). Формальная статистика продемонстрировала, что из десяти самых часто встречаемых в заголовках слов наибольшую значимость имеют два ключевых понятия: “развитие” и “экономический”⁷. Дальний Восток позиционируется в СМИ, прежде всего, как макрорегион, требующий особого внимания и “развития”.

В дискурсе федеральных СМИ специфика “дальневосточников” связывается с необходимостью особого подхода и требованием неких преференций жителям макрорегиона. Это выразилось, например, в обсуждении программы по развитию Дальнего Востока и закреплению статуса

“дальневосточника” в ней⁸. Широкий резонанс в СМИ, в частности, получил комментарий полпреда в ДФО Ю.П. Трутнева, о том, что людям не нужно давать какие-то преференции просто за то, что они живут в ДФО: “...платить или давать еще какие-то преференции просто за то, что люди тут живут, считаю бессмысленным”⁹. В этом ключе в СМИ рассматривались, например, инициативы по возвращению жителям Дальневосточного федерального округа прежнего возраста выхода на пенсию.

Проблемный фокус рассмотрения условий жизни людей в макрорегионе занимает важное место в осмыслении специфики сообщества: “для прекращения оттока населения из макрорегиона необходимо, чтобы дальневосточники начали зарабатывать в 2–3 раза больше, чем сейчас”¹⁰; “Главная причина – неудовлетворенность социально-экономическими условиями”¹¹. Исходя из этого, фор-

⁶ Семантический анализ текста Адвего. <https://advego.com/text/seo/> (дата обращения 13.04.2020).

⁷ Помимо официальных названий (ДФО, Владивосток, Арктика) и слов, подвергавшихся мониторингу (дальний, восток, дальневосточный, регион, макрорегион).

⁸ Реализация нацпроектов, программа по развитию ДВ и статус для дальневосточников // OkayGorod.com. 24.03.2019. Цит. по: Полные тексты сообщений. Отчет “Медиалогии”. Контекст: Уровни СМИ: Федеральный. Временной период: с 01 января 2018 г. по 29 июля 2019 г. Дата подготовки отчета: 29 июля 2019 г.

⁹ Трутнев: “Преференции дальневосточникам считаю бессмысленными”. <https://regnum.ru/news/2567184.html> (дата обращения 6.02.2019 г.).

¹⁰ Как поднять доходы жителей ДФО в 2–3 раза? Сократить чиновников на 80% // ИА REGNUM. 08.07.2019.

¹¹ Газеты пишут о проблемах Дальнего Востока: Причины оттока населения // Демоскоп Weekly. 02.10.2018.

мируется образ “недовольного” условиями и уровнем жизни “коренного” дальневосточника, который хочет покинуть макрорегион: “*Похоже, спетая культовым музыкантом из Владивостока песня “Утекай” оказалась в некотором смысле пророческой. Дальневосточники уезжают в Москву, Санкт-Петербург, Краснодар, Калининград и прочие западные, более комфортные во многих отношениях регионы, навсегда покидая родные места*”¹².

Данный образ провоцирует рассуждения о необходимости решительных действий по изменению сложившейся ситуации. К примеру, фиксируется неэффективность проекта “Дальневосточный гектар”, выдвигается мысль о том, что нужно разрабатывать какие-то другие меры: “*Следует возродить принцип “постоянной стройки”, когда для реализации новых объектов привлекали молодежь из западных регионов. Люди приезжали, получали профессию, обзаводились семьями, становились дальневосточниками*”¹³.

Политические характеристики являются важной чертой в осмыслении личности жителей макрорегиона. Чаще всего они, проявляющиеся в голосовании, рассматриваются в дискурсе “москворочества”, оппозиционности и свободолюбия территории. В частности, в сентябре 2018 г. имела место победа кандидата от ЛДПР Сергея Фургала над представителем “Единой России” и прежним губернатором Хабаровского края Вячеславом Шпортом, а также отмена результатов второго тура в Приморье. Эти факты стимулировали большое количество сообщений о протестной природе дальневосточников: “*Приморье всегда было независимой от центральной власти, свободолюбивой территорией*”¹⁴; “*Федеральная власть теряет контроль над крупнейшим регионом*”¹⁵. Еще одним проявлением политического дискурса является также рассуждение о дальневосточном патернализме: “*Дальневосточники по сути своей – патерналисты*”¹⁶.

В дискурсе СМИ в структуре образа дальневосточника вырисовываются два составных элемента. Первый – это “старые” или “коренные” дальневосточники: “*Коренное население, если су-*

дить по поведению федеральных властей, здесь явно лишнее. Нужны только мигранты и вахтовики”¹⁷. Второй – те, кто “становятся” дальневосточниками, т.е. переезжают в регион. Однако какой-то символической дистанции между ними не фиксируется, в целом они рассматриваются как относительно единое сообщество, особенность которого формируется территориальной спецификой, границами ДФО.

*Дальний Восток и дальневосточники
в регионалистском дискурсе макрорегиона:
внутреннее измерение*

Сопоставление выявленных интерпретаций дальневосточного макрорегиона в дискурсе СМИ с внутренним регионалистским дискурсом позволило определить следующие особенности.

Эксперты сходятся во мнении, что Дальний Восток является сугубо административным регионом, созданным извне, и какой-то общей идентичности этого субъекта не существует. “*Не существует Дальнего Востока. Это чисто административное образование... ничего общего, потому что есть три разных Дальних Востока, случайно объединенных в единый административный анклав*”¹⁸; “*Ничего схожего между территориями нет... связанности внутрирегиональной тоже нет*”¹⁹.

При этом название “Дальний Восток” рассматривается с негативным оттенком, поскольку отражает отношение к территории с точки зрения Центра (“*Мы дальние по отношению к центру, к нам относятся как к “дальним”, и, к сожалению, все это определяет*”²⁰). Важное влияние на это оказывают психологические особенности, представление о том, что чем дальше от человека находится объект, тем меньше у него возможности его контролировать.

В этом ключе показательным является то, что предпринимаются попытки изменения ситуации на уровне наименования – есть варианты с иным названием макрорегиона. В качестве замены предлагается использовать словосочетание “Тихоокеанская Россия”, которое родилось в дискуссиях о стратегии развития Дальнего Востока и Приморского края в Тихоокеанском центре стратегических разработок в 2003 г.²¹ Тогда же оно

¹²Чемодан – вокзал – хоть куда // Ар7.гу. 13.09.2018.

¹³Что нужно для успешной реализации дальневосточной нацпрограммы // Finance.rambler.ru. 28.03.2019.

¹⁴Дальний Восток отодвинулся от Москвы еще дальше // Cont.ws. 15.10.2018.

¹⁵Дальневосточный протест: Владивосток, Якутск, далее – везде // 123ru.net. 19.09.2018.

¹⁶Бляхер Л. Что могут дальневосточники. Леонид Бляхер о том, может ли кто-то развивать Дальний Восток, кроме его жителей // Информационно-аналитическое агентство “Восток России”. 08.10.2018. <https://www.eastrussia.ru/material/chto-mogut-dalnevostochniki/> (дата обращения 13.04.2020 г.).

¹⁷Вывоз полезных ископаемых – вот и весь эффект от укрупнения ДФО: эксперт // The world news (theworld-news.net). 06.11.2018.

¹⁸Интервью с экспертом 1. Хабаровск, 30.10.2019 г. Архив автора.

¹⁹Интервью с экспертом 2. Владивосток, 31.10.2019 г. Архив автора.

²⁰Интервью с экспертом 4. Владивосток, 01.11.2019 г. Архив автора.

впервые появилось на обложке краткой версии “Стратегии социально-экономического развития Приморского края на 2004–2010 годы”, опубликованной для обсуждения региональным сообществом: *“Мы пытаемся похоронить понятие “Дальний Восток” и активно продвигаем понятие “Тихоокеанская Россия”*”²². Данные устремления особенно выражены в академическом и научном дискурсах²³. Присутствие термина наблюдается и в наименованиях объектов инфраструктуры.

Во Владивостоке существует целая группа сторонников продвижения данного названия. *“В самом названии “Дальний Восток” содержится отнесенность, связанная с европоцентризмом. Вместе с тем на территории Дальневосточного федерального округа нарастает тяготение территорий к Тихому океану”*, – считает академик Петр Бакланов, научный руководитель Тихоокеанского института географии ДВО РАН²⁴. По мнению Ю.А. Авдеева, в термин “Тихоокеанская Россия” заложен в основном социально-экономический смысл. Экономическое явление под названием “Тихоокеанская Россия” связано с разработкой “внятной долгосрочной российской стратегии в восточном направлении”²⁵. Термин “Тихоокеанская Россия” как альтернатива Дальнему Востоку подразумевает “весь потенциал России, ориентированный на рынки АТР”²⁶.

Дальний Восток все активнее вовлекается в экономические процессы, происходящие в Восточной и Юго-Восточной Азии. Поэтому важным аспектом идентичности Дальнего Востока сегодня выступает представление, связанное с превращением Дальнего Востока в “ворота” в

Азиатско-Тихоокеанский регион, поскольку они примыкают к быстроразвивающимся азиатским центрам глобального масштаба. Таким образом, утверждается новая мифологема, связанная с тем, что объединяющим для дальневосточных регионов моментом является функция, которую выполняет регион в России. Вся территория до Чукотки – это форпост и плацдарм, своеобразный “мост” России в Азию. В констатации этой функции фиксируется важная проблема – расхождение целей Москвы и региона: *“С точки зрения Москвы – мы форпост, плацдарм, мост. Однако люди не хотят жить “на мосту”, и возникает проблема. Почему проваливаются все программы по развитию Дальнего Востока? Потому что они нацелены не на развитие территории, как места для проживания, а на использование территории и живущих на ней людей, как инструментов для решения каких-то общенациональных задач”*²⁷.

В отсутствие общности пространственной и коммуникационной, ставится под вопрос и само понятие “дальневосточники”. Несмотря на то, что понятие укоренилось в отношении жителей Дальнего Востока и используется во внутреннем дискурсе, эксперты все же считают его формальным. Причина этого кроется в том, что региональная и локальная идентификации являются доминирующими по сравнению с макрорегиональной. Это подтверждают и опросы общественного мнения. К примеру, согласно данным исследования ЦИРКОН, примерно каждый пятый респондент в Приморском крае заявил, что считает себя жителем своего региона (региональная идентичность); и для этого региона характерен сравнительно низкий уровень общенациональной идентичности²⁸. Географическое местоположение региона, широкий доступ к морю оказывают влияние не только на символические атрибуты региональной идентичности (рыба, икра, шоколад с морской капустой укоренены в региональных символических атрибутах и в самом названии региона как Приморья), но и определяют ментальные особенности жителей, в частности, в распространении свободной портовой культуры.

Не случайно, говоря о внутреннем наполнении регионального менталитета, многие эксперты отмечают самодостаточность жителей: *“Здесь люди живут, которые самодостаточные. Они знают себе цену, что они могут и знают, что за них это никто не сделает”*²⁹, *“Принято считать, что*

²¹Тихоокеанская Россия – звучная фраза или близкое будущее? Интервью с Ю.А. Авдеевым от 18.11.2009. http://ankulikova.blogspot.com/2009/11/blog-post_18.html (дата обращения 13.04.2020 г.).

²²Интервью с экспертом 4. Владивосток, 01.11.2019 г. Архив автора.

²³В 2007 г. вышла монография губернатора Приморского края С.М. Дарькина “Тихоокеанская Россия: стратегия, экономика, безопасность” (Дарькин, 2007). Выходят и другие книги (Шведов, 2008; Тихоокеанская..., 2017; и др.). Регулярно проходят конференции. Например, на базе Института истории, археологии и этнографии народов Дальнего Востока ДВО РАН 31 октября–1 ноября 2019 г. состоялась Национальная конференция с международным участием “Диалог культур Тихоокеанской России и сопредельных стран: межэтнические, межгрупповые, межличностные коммуникации”. <http://ihaefe.org/news/7691#more-7691> (дата обращения 13.04.2020 г.).

²⁴Цит. по: Авченко В. Ребрендинг Дальнего Востока // Эксперт Online, 30.11.2012. <https://expert.ru/2012/11/30/rebranding-dalnego-vostoka/> (дата обращения 13.04.2020 г.).

²⁵Авдеев Ю.А. Тихоокеанская Россия (материалы круглого стола) // Информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 29(227). С. 10. <http://ihaefe.org/files/pacific-ocean-map/29.pdf> (дата обращения 13.04.2020 г.).

²⁶Интервью с экспертом 1. Владивосток, 31.10.2019 г. Архив автора.

²⁷Интервью с экспертом 5. Владивосток, 01.11.2019 г. Архив автора.

²⁸Российский фронтир: гражданская идентичность на передовом рубеже страны. Итоговый аналитический отчет по результатам исследования (версия от 10.04.2017 г.) // ЦИРКОН. http://www.zircon.ru/upload/iblock/76c/Rossiiskij_frontir_Analiticheskiy_otchet.pdf?sphrase_id=16659 (дата обращения 04.10.2020 г.).

здесь живут романтики, мужественные, закаленные суровым климатом люди”³⁰. Дополняя перечисленные характеристики данными социологических исследований, можно также отметить среди ментальных особенностей, такие характеристики как: “открытость, предприимчивость, способность быстро адаптироваться к меняющимся обстоятельствам; оборотной стороной этой самостоятельности и самодостаточности людей выступает большая оппозиционность по отношению к власти, вольнодумие”³¹. Как регион фронта, Дальний Восток формирует свою региональную идентичность на основе ориентации на собственные силы: “Люди говорят: мы самостоятельно смогли выстоять в сложные 90-е, мы сами за себя отвечаем и сами делаем свою жизнь”³².

Ключевое объяснение отсутствию взаимодействия между регионами Л.Е. Бляхер структурирует вокруг понятия “проточная культура” (Бляхер, 2005), которое он предложил по аналогии с биологическим термином “проточная популяция”. Проточная популяция – такое сообщество, которое постоянно изменяется, является неустойчивым из-за миграции, которая становится причиной того, что формируется крайне слабое “региональное (популяционное) ядро” и складывается незавершенная культурная самоидентификация: “Я исхожу из того, что наши беды во многом связаны с тем, что здесь до сих пор нет постоянного населения... Люди не считают местность, на которой живут, своим постоянным местом жительства. Они все равно рассматривают вариант того, чтобы уехать”³³. Проточность и постоянная текучесть населения закладывали особенности регионального сообщества, в первую очередь в психологическом плане: с терпимостью в восприятии элементов ее пополняющих; взаимной поддержкой в рамках сообщества и, с другой стороны, индивидуализмом и недоверием к властным институтам. Неслучайно в качестве общей тематики в самосознании регионов, объединенных в Дальний Восток, как считают эксперты, является феномен “московоборчества”: “у нас обида на Москву”; “К региону из Москвы относятся, мягко говоря, хищнически”³⁴.

²⁹Интервью с экспертом 2. Владивосток, 31.10.2019 г.. Архив автора.

³⁰Интервью с экспертом 1. Владивосток, 31.10.2019 г. Архив автора.

³¹Российский фронт: гражданская идентичность на передовом рубеже страны. Итоговый аналитический отчет по результатам исследования (версия от 10.04.2017 г.) // ЦИР-КОН. http://www.zircon.ru/upload/iblock/76c/Rossijskij_frontir_Analiticheskij_otchet.pdf?sphrase_id=16659 (дата обращения 04.10.2020 г.).

³²Интервью с экспертом 2. Владивосток, 31.10.2019 г. Архив автора.

³³Интервью с экспертом 4. Владивосток, 01.11.2019 г. Архив автора.

Еще одной особенностью стоит считать наличие двух политических центров на Дальнем Востоке, которые конкурируют за доступ к ресурсам, к лоббированию принимаемых решений. Так, между Приморьем и Хабаровским краем существует серьезная конкуренция, превосходящая сотрудничество и кооперацию, существование которых означало бы осознание себя некой общностью. Причем конкуренция разделяется на два типа. С одной стороны, элита конкурирует с властью за лоббирование дополнительных ресурсов в Москве, а с другой стороны, существует серьезная психологическая конкуренция (“виртуальная”) среди населения: “Существует на бытовом уровне антагонизм: кто круче мы или владивостокцы. Это не зависть – это “Москва – Питер”, чьи поэты круче, чьи фестивали круче...”³⁵. По сути, у Дальнего Востока два центра или рассредоточенный центр – Владивосток и Хабаровск: “Хабаровск больше похож на сибирские основательные купеческие, военные города, а Владивосток – это порт”³⁶. При этом перенос столицы ДФО однозначно воспринят негативно как в Хабаровске, так и во Владивостоке: “Это очень серьезная ошибка”³⁷.

Проблема объединения ментально разных регионов, которые входят в границы Дальнего Востока, существует в силу пересечения различных идентификационных систем, значимых для жителей этих регионов. Говорить о Дальнем Востоке как о чем-то едином или однородном с позиции макрорегиональной идентичности – ошибочно. Поэтому, обсуждая наполненность понятия “дальневосточник”, эксперты ссылаются на мифы, связанные с образами Дальнего Востока: “миф о китайской экспансии, которой нет... Существует также миф о дальневосточном сепаратизме, которого тоже нет”³⁸.

Миф о сепаратизме связан с опытом существования во время Гражданской войны Дальневосточной республики. Однако на сегодняшний день идея региональной автономии на Дальнем Востоке не политизирована. Более того, не существует организационного оформления, например, в виде регионалистских движений, которые артикулировали бы данные идеи: “Да, может отдельный человек высказать подобные мысли, но за этим не стоит ни идеологическая база, ни социальная, ни организационная”³⁹.

³⁴Интервью с экспертом 1. Владивосток, 31.10.2019 г. Архив автора

³⁵Интервью с экспертом 1. Хабаровск, 30.10.2019 г. Архив автора.

³⁶Интервью с экспертом 2. Владивосток, 31.10.2019 г. Архив автора.

³⁷Интервью с экспертом 2. Владивосток, 31.10.2019 г. Архив автора.

³⁸Интервью с экспертом 2. Владивосток, 31.10.2019 г. Архив автора.

Для того чтобы появилась такая общность, как “дальневосточники”, необходима активность в сфере политики идентичности на уровне макро-региона. Долгое время идентичность конструировалась на основе, во-первых, такой яркой приметы Дальнего Востока, как автомобили с правым рулем (“*Мы те, кто ездит на праворульных машинах*”), что очень хорошо показано в книгах известного приморского писателя В.О. Авченко (2012). Во-вторых, сильным объединяющим фактором стала “обида на Москву”: “*Каждый новый барон, губернатор 1990-х годов защищал свою территорию от Москвы. Это было одной из его функций, имплицитно присутствовало*”⁴⁰. Все это активизирует рассуждения о необходимости культивирования региональной истории, культуры как потенциальной основы для выращивания макро-региональной идентичности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, во внешней информационной повестке федеральных СМИ ограниченность и единство территории обеспечиваются формальными границами Дальневосточного федерального округа. Соответственно, внутренние особенности, обсуждаемые в рамках такого ракурса, связаны с ключевым понятием, которое оформляет дискурс о макрорегионе через экономические маркеры и смысловой концепт “развитие”. Безусловно, внешний образ формируется не только медиадискурсом. Тем не менее, в статьях СМИ заданы определяющие смысловые координаты, вскрываются значимые точки конструируемых извне значений. Проблемность, потребность в “помощи” и внимании со стороны федеральной элиты акцентированы по отношению к территориям, относящимся к Дальнему Востоку извне. Идентификация с сообществом в федеральных СМИ выстраивается в контексте дискурса финансово-экономических проблем и неудовлетворенности жизнью. Это формирует потребность в реинтерпретации образа на позитивных основаниях.

Внутренний регионалистский дискурс определяет как ключевую спланированную идею “москвоборчество”. Однако схожие тенденции проявляются и в других регионах России. Потребность в создании позитивных идентификационных маркеров очевидна, однако определить их для столь разных субъектов федерации, объединенных в макрорегион, — непростая задача. Это отмечают акторы, продуцирующие данный дискурс. Однако вслед за территориями разобщены и

сами акторы, между ними отсутствуют коммуникационные связи, преобладает ориентация на региональную повестку и на свой регион. При этом формула “Тихоокеанской России” потенциально может стать основой для формирования позитивной региональной идентификации, поиска особых маркеров макрорегионального сообщества.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-18-00053 “Субнациональный регионализм и динамика многоуровневой политики (российские и европейские практики)”) в Пермском федеральном исследовательском центре УрО РАН.

FUNDING

This work was carried out in the Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences with the financial support of the Russian Science Foundation, project no. 19-18-00053 “Subnational Regionalism and Dynamics of Multi-Level Politics (Russian and European Practices).”

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авченко В.О. Правый руль. М.: ООО “Ад Маргинем”, 2012. 368 с.
- Андерсон Б. Воображаемые сообщества. Размышления об истоках и распространении национализма / пер. с англ. В. Николаева. М.: Кучково поле, 2016. 416 с.
- Анисимова А.А., Ечевская О.Г. Сибирская идентичность: предпосылки формирования, контексты актуализации: Монография. Новосибирск: НГУ, 2012. 176 с.
- Бауман З. Мыслить социологически. М.: Аспект-Пресс, 1996. 255 с.
- Бляхер Л.Е. Политические мифы Дальнего Востока // Полис. Политические исследования. 2004. № 5. С. 28–39. <https://doi.org/10.17976/jpps/2004.05.04>
- Бляхер Л.Е. Региональная самоидентификация и трансграничные практики на Дальнем Востоке России // Пространственная экономика. 2005. № 1. С. 117–132.
- ван Дейк Т.А. Дискурс и власть: Репрезентация доминирования в языке и коммуникации. М.: Книжный дом “ЛИБРОКОМ”, 2013. 344 с.
- Головнев И.А. Головнева Е.В. Дальний Восток в фильмах А. Литвинова: конструирование образа пространства // QUAESTIO ROSSICA. 2017. Т. 5. № 1. С. 109–124. <https://doi.org/10.15826/qr.2017.1.214>
- Головнева Е.В., Мартишина Н.И. “Владеть Востоком”: конструирование образа региона в творчестве В.К. Арсеньева // Сибирские исторические исследования. 2018. № 1. С. 200–218. <https://doi.org/10.17223/2312461X/19/13>

³⁹Интервью с экспертом 1. Владивосток, 31.10.2019 г. Архив автора.

⁴⁰Интервью с экспертом 1. Хабаровск, 30.10.2019 г. Архив автора.

- Гриценко А.А., Крылов М.П.* Этнокультурный градиент: региональная идентичность и историческая память в соседних районах России и Украины // Культурная и гуманитарная география. 2012. Т. 1. № 2. С. 126–140.
- Дарькин С.М.* Тихоокеанская Россия: стратегия, экономика, безопасность. М: Дело, 2007. 439 с.
- Каганский В.Л.* Культурный ландшафт и советское обитаемое пространство. М.: Новое литературное обозрение, 2001. 576 с.
- Колосов В.А.* Трансграничная регионализация и фронтальерские миграции: европейский опыт для России? // Региональные исследования. 2016. № 3. С. 83–93.
- Колосов В.А., Зотова М.В., Вендина О.И., Себенцов А.Б.* Российское пограничье: современные вызовы и подходы к изучению // Проблемы регионального развития России / отв. ред. В.М. Котляков, В.Н. Стрелецкий, О.Б. Глезер, С.Г. Сафронов. М.: Кодекс, 2016. С. 234–256.
- Ларин В.Л., Ларина Л.Л.* Окружающий мир глазами дальневосточников: эволюция взглядов и представлений на рубеже XX–XXI веков. Владивосток: Дальнаука, 2011. 312 с.
- Назукина М.В.* Уральский макрорегион в системе территориальных идентичностей современной России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2015. № 6. С. 37–47. <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2015-6-37-47>
- Неретин А.С., Зотова М.В., Ломакина А.И., Тархов С.А.* Транспортная связность и освоенность восточных регионов России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2019. № 6. С. 35–52. <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019635-52>
- Олейник А.Н.* Триангуляция в контент-анализе. Вопросы методологии и эмпирическая проверка // Соц. исследования. 2009. № 2. С. 65–79.
- Панов П.В.* Многоликий регионализм // Вестн. Пермского ун-та. Политология. 2020 № 1. С. 102–115. <https://doi.org/10.17072/2218-1067-2020-1-102-115>
- Стрелецкий В.Н.* Культурный регионализм: сущность понятия, проблемы изучения и система индикаторов // Псковский регионологический журн. 2012. № 14. С. 9–21.
- Тихоокеанская Россия в интеграционном пространстве Северной Пацифики в начале XXI века: опыт и потенциал регионального и приграничного взаимодействия / отв. ред. В.Л. Ларин. Владивосток: ИИАЭ ДВО РАН, 2017. 386 с.*
- Шведов В.Г.* Геополитический образ российского Дальнего Востока – начальный этап формирования // Вестн. ДВГСА. Сер. 1. Гуманитарные науки. 2008. № 1. С. 5–34.
- Keating M.* Regions and regionalism in the European community // Int. J. of Publ. Administration. 1995. V. 18. № 10. P. 1491–1511. <https://doi.org/10.1080/01900699508525063>
- Paasi A.* Place and region: regional worlds and words // Prog. in Hum. Geogr. 2002. V. 26. № 6. P. 802–811.
- Zimmerbauer K., Paasi A.* When old and new regionalism collide. De-institutionalization of regions and resistance identity in municipality amalgamations // J. Rural Stud. 2013. V. 30. P. 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2012.11.004>

Myths and Reality of Far Eastern Regionalism: External Image and Identity of the Macroregion

M. V. Nazukina*

Perm Federal Research Centre UB RAS, Perm, Russia

*e-mail: nazukina@mail.ru

The article analyzes the key meanings of the external image of the Far Eastern region and their correlation with the internal content (territorial identity) in the regionalist discourse of the Far East. Based on the analysis of the materials of the media discourse of the Federal media, it is shown that the specialness of the macroregion is interpreted through economic markers and the semantic concept of “development.” Identification with the community through the name “Far East” is raised in the context of the discourse of problems in the macroregion. Special attention is paid to the internal discourses of the identity of the Far East. The article reflects the results of a study of Far Eastern regionalism conducted by the author in late October–early November 2019 in Khabarovsk and Vladivostok. The main materials for the analysis were expert interviews and the results of the included observation. It is shown how awareness of specific regional problems of the Far East contributes to the formation of the identity of the Far East. The study showed that the term “Far East” reflects the external name of the macroregion, is an administrative term that does not have “spiritual unity” in the form of common identification bases. Expert interviews allowed us to establish that the reasons for the lack of community at the macro-regional level are associated with a weak subjectivity and connectivity between the regions of the Far East. The key rallying idea is determined by the presence of a Moscow-free discourse. There is a need to construct positive identification markers through communication of actors who produce regionalist discourse in the Far East.

Keywords: regionalism, macroregion, Far East, regional identity, image of the region, regionalist discourse

REFERENCES

- Anderson B. *Imagined Communities: Reflections on the Origin and Spread of Nationalism*. London, N.Y.: Verso, 2016. 256 p.
- Anisimova A.A., Echevskaya O.G. *Sibirskaya identichnost'. predposylki formirovaniya, konteksty aktualizatsii* [Siberian Identity: Prerequisites for Formation, Contexts of Actualization]. Novosibirsk: Novosibirsk. Gos. Univ., 2012. 176 p.
- Avchenko V.O. *Pravyi rul'* [Right Hand Drive]. Moscow: Ad Marginem Publ., 2012. 368 p.
- Bauman Z. *Thinking Sociologically*. Wiley-Blackwell, 2001. 208 p.
- Blyakher L.E. Political myths of the Far East. *Polis. Polit. Issled.*, 2004, no. 5, pp. 28–39. (In Russ.). doi 10.17976/jpps/2004.05.04
- Blyakher L.E. Regional self-identification and trans-border practices in the Russian Far East. *Prostranstvennaya Ekonomika*, 2005, no. 1, pp. 117–132. (In Russ.).
- Darkin S.M. *Tikhookeanskaya Rossiya: strategiya, ekonomika, bezopasnost'* [Pacific Russia: Strategy, Economy, Security]. Moscow: Delo Publ., 2007. 439 p.
- Golovnev I.A., Golovneva E.V. The Far East in the films of A. Litvinov: Constructing the image of space. *Quaestio Rossica*, 2017, vol. 5, no. 1, pp. 109–124. (In Russ.). doi 10.15826/qr.2017.1.214
- Golovneva E.V., Martishina N.I. "Owning the East": The image of the region as constructed in the works of V.K. Arseniev. *Sib. Istor. Issled.*, 2018, no. 1, pp. 200–218. (In Russ.). doi 10.17223/2312461X/19/13
- Gritsenko A.A., Krylov M.P. Ethno-cultural gradient: Regional identity and historical memory in the neighboring regions of Russia and Ukraine. *Kul'turnaya i Gumanitarnaya Geogr.*, 2012, vol. 1, no. 2, pp. 126–140. (In Russ.).
- Kaganskii V.L. *Kul'turnyi landshaft i sovetskoe obitaemoe prostranstvo* [Cultural Landscape and Soviet Habitable Space]. Moscow: Novoe Literaturnoe Obozrenie Publ., 2001. 576 p.
- Keating M. Regions and regionalism in the European community. *Int. J. Publ. Admin.*, 1995, vol. 18, no. 10, pp. 1491–1511.
- Kolosov V.A. Cross-border regionalization and front-line migration: European experience for Russia. *Reg. Issled.*, 2016, no. 3, pp. 83–93. (In Russ.).
- Kolosov V.A., Zotova M.V., Vendina O.I., Sebentsov A.B. Russian borderlands: Modern challenges and approaches to study. In *Voprosy geografii* [Problems of Geography]. Vol. 141: *Problemy regional'nogo razvitiya Rossii* [Problems of Regional Development of Russia]. Kotlyakov V.M., Streletsky V.N., Glezer O.B., Safronov S.G., Eds. Moscow: Kodeks Publ., 2016, pp. 234–256. (In Russ.)
- Larin V.L., Ed. Vladivostok: IIAE VBO RAN, 2017. 386 p.
- Larin V.L., Larina L.L. *Okruzhayushchii mir glazami dal'nevostochnikov: evolyutsiya vzglyadov i predstavlenii na rubezhe XX–XXI vekov* [The World Through the Eyes of Far Easterners: The Evolution of Views and Ideas at the Turn of the 20th–21st Centuries]. Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2011. 312 p.
- Nazukina M.V. Urals Macroregion in the system of territorial identities of modern Russia. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2015, no. 6, pp. 37–47. (In Russ.). doi 10.15356/0373-2444-2015-6-37-47
- Neretin A.S., Zotova M.V., Lomakina A.I., Tarkhov S.A. Transport connection and development of the eastern regions of Russia. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2019, no. 6, pp. 35–52. (In Russ.). doi 10.31857/S2587-55662019635-52
- Oleinik A.N. Triangulation in content analysis. Questions of methodology and empirical testing, *Sotsiol. Issled.*, 2009, no. 2, pp. 65–79. (In Russ.).
- Paasi A. Place and region: Regional worlds and words. *Prog. Hum. Geogr.*, 2002, vol. 26, no. 6, pp. 802–811.
- Panov P.V. Regionalism in his many faces. *Vestn. Perm. Univ. Politologiya*, 2020, no. 1, pp. 102–115. (In Russ.). doi 10.17072/2218-1067-2020-1-102-115
- Shvedov V.G. The retrospection of geopolitical interests of Russia at the Far East region. *Vestn. DVGSGA. Ser. 1. Gumanitarnye Nauki*, 2008, no. 1, pp. 5–34. (In Russ.).
- Streletsky V.N. Cultural regionalism: The essence of the concept, problems of study and system of indicators. *Pskov. Reg. Zh.*, 2012, no. 14, pp. 9–21. (In Russ.).
- Tikhookeanskaya Rossiya v integratsionnom prostranstve Severnoi Patsifiki v nachale XXI veka: opyt i potentsial regional'nogo i prigranichnogo vzaimodeistviya* [Pacific Russia in Integration Space of the Northern Pacific at the Beginning of the 21st Century: Experience and Potential of Regional and Border Interaction]. van Dijk Teun A. *Discourse and Power*. Macmillan International Higher Education, 2008. 320 p.
- Zimmerbauer K., Paasi A. When old and new regionalism collide: Deinstitutionalization of regions and resistance identity in municipality amalgamations. *J. Rural Stud.*, 2013, vol. 30, pp. 31–40.

УДК 911

ВЛИЯНИЕ ДЕПОПУЛЯЦИИ НА ПОЛИТИЧЕСКУЮ ЖИЗНЬ И ЛЕГИТИМНОСТЬ НЕПРИЗНАННЫХ ГОСУДАРСТВ (НА ПРИМЕРЕ ПРИДНЕСТРОВЬЯ)

© 2021 г. В. А. Колосов^{а, *}, А. В. Кривенко^{б, **}

^аИнститут географии РАН, Москва, Россия

^бПриднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, Тирасполь, Молдавия

*e-mail: kolosov@igras.ru

**e-mail: crivenco@inbox.ru

Поступила в редакцию 24.09.2020 г.

После доработки 19.12.2020 г.

Принята к публикации 22.12.2020 г.

Быстрая депопуляция, охватившая обширные регионы стран Центральной и Восточной Европы, вызывает долгосрочные последствия не только для их социально-экономического, но и политического развития. Для непризнанных политических способностей удержать население стала важным критерием успешной конкуренции с материнским государством за лояльность граждан, легитимности политических режимов и претензий на суверенитет. Цель работы – выявить влияние депопуляции на социально-экономическую ситуацию и политическую жизнь непризнанной Приднестровской Молдавской Республики (ПМР) в сравнении с Республикой Молдова (РМ). На основе официальных статистических данных авторы сравнивают темпы, факторы и причины сокращения населения в ПМР и РМ. Показаны типичные для стран Центральной и Восточной Европы и специфические для Приднестровья и Молдовы последствия депопуляции. Оценка миграционных потерь в целом по этим территориям и по их отдельным регионам показывает, что в Приднестровье отток населения начался раньше и был более интенсивным, чем из РМ. В Молдове депопуляция усиливает кризис идентичности и противоречия между “молдовенистами” и сторонниками объединения с Румынией, в ПМР – нестабильность политической жизни, неопределенность перспектив региона и рост критического настроения к власти.

Ключевые слова: депопуляция, миграция, политические последствия, легитимность, Молдова, Приднестровье

DOI: 10.31857/S2587556621020059

ВВЕДЕНИЕ

Одна из сравнительно малоизученных областей в общественных науках – влияние демографических процессов на политику. Различия в естественном движении населения, миграция и общая динамика численности жителей, его возрастной и социальной структуры, урбанизация – нет таких демографических процессов, которые бы не воздействовали на политическую жизнь, борьбу за доступ к различным ресурсам и конфликты на разных территориальных уровнях – от глобального до отдельного поселения. Взаимосвязь между демографическими и политическими процессами всегда имеет пространственное измерение и становится все более динамичной: активизируются международные и внутренние миграции, усиливаются контрасты в динамике и составе населения между глобальным Севером и Югом, столичными регионами и периферией,

растущими агломерациями и обезлюдившей сельской местностью (Goldstone, 2011).

Политическое значение демографических процессов в последние три десятилетия особенно велико в странах Центральной и Восточной Европы, испытывающих быстрое падение численности населения, вызванное кризисом переходного периода, низкой рождаемостью, массовой эмиграцией, старением жителей и ростом смертности. Демографическая ситуация в бывших социалистических странах была значительно менее благоприятной, чем на западе Европы, уже к началу 1990-х годов (Décroly et al., 1991), но еще более усугубилась в переходный период. Так, на начало 2019 г. население Болгарии составило менее 7 млн человек – почти на 2 млн (на 28%) меньше, чем в 1988 г. (Михайлов, 2020). В Латвии в 1991 г. насчитывалось 2.7 млн жителей, а в начале 2019 г. – всего 1.9 млн (почти на 30% меньше). В Литве за

тот же период население сократилось с 3.7 до 2.9 млн (более чем на 25%). По мнению экспертов, убыль населения в странах Балтии в обозримой перспективе вряд ли прекратится (Житин, Иванова, 2017). Теряют население Румыния и Украина, уменьшается оно также, хотя и не столь значительно, в Венгрии и Сербии.

Убыль населения сильно сказывается на политической жизни, причем по-разному на общегосударственном, региональном и локальном уровнях. Существенный миграционный отток обычно связан с усилением регионального неравенства и социальных контрастов и неизбежно отражается на идентичности граждан (Рыбаковский, 2015). Демографический потенциал – один из факторов, которые могут способствовать увеличению производства, росту благосостояния граждан, экономической и социальной модернизации.

В случае непризнанных или частично признанных государств демографическая ситуация и в первую очередь их способность удержать население, обеспечив его рабочими местами, достойным уровнем доходов и общественных услуг, становится важнейшим критерием успеха претензий на независимость, во многом определяет легитимность находящихся у власти политических режимов. Непризнанные государства конкурируют за лояльность граждан в первую очередь с “материнским” государством, и динамика населения – важнейший показатель устойчивости и состоятельности их политических режимов.

Особенно заметна такая конкуренция в Молдове и Приднестровье (Приднестровской Молдавской Республике, ПМР), поскольку граница между ними открыта и в регионе сохранились в целом стабильные межэтнические отношения.

Цель настоящей статьи – выявить влияние депопуляции на социально-экономическую ситуацию, политическую жизнь и легитимность политического режима Приднестровья в сравнении с Молдовой.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ДЕПОПУЛЯЦИИ В СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ В ТРУДАХ РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ АВТОРОВ

Современные авторы указывают на “порочные круги”, вызываемые депопуляцией. Сокращение населения, связанное обычно с закрытием предприятий и ростом безработицы, вызывает и свертывание налоговой базы, а следовательно, упадок социальной инфраструктуры, что, в свою очередь, снижает привлекательность региона или города для инвесторов и ускоряет отток жителей. В том же направлении действует и сокращение спроса на товары и услуги, что также способствует снижению налогооблагаемой базы и ограниче-

нию возможностей конкурентоспособной социальной политики. Поскольку уезжают в первую очередь молодые, наиболее квалифицированные и инициативные жители, возникает структурный кризис на местном рынке труда. Это затрудняет обновление хозяйственной базы и опять-таки усугубляет негативную демографическую динамику (Smetkowski, 2013). Так, в обезлюдевшей сельской местности российского Нечерноземья длительный отрицательный социальный отбор, затяжная безработица и деградация социальной среды дополнили резкое количественное сокращение демографического потенциала качественным (Нефедова, 2012).

Одно из следствий оттока трудоспособного населения, особенно за границу, – обесценивание института семьи, размывание семейных ценностей. Отток практически всегда ведет к старению населения, частым разводам, уменьшению доли детей, понижению среднего уровня доходов и рождаемости, ускоряя кризисные демографические и экономические процессы (Гагауз, Пенина, 2010).

Старение населения к тому же обычно означает увеличение нагрузки на бюджет из-за повышенной потребности пожилых и старых лиц в социальных услугах. В то же время многие объекты социальной инфраструктуры (школы, детские сады и др.) загружены не полностью или оказываются излишними.

Регион или муниципалитет деградирует по нисходящей спирали, выбраться из которой самостоятельно, без целенаправленного и, как правило, обусловленного политическими задачами внешнего вмешательства он уже не может (Goldstone, 2011; Hudson, 2015). Негативные демографические тенденции крайне инерционны.

Депопуляция порождает также и политические “порочные круги”. Высокая доля старших возрастных групп в населении определяет консервативные политические настроения, препятствующие новым экономическим решениям. Как подчеркивает известный болгарский политолог И. Крастев, демократия имеет демографическое измерение. Быстрое изменение соотношения в численности этнических групп нарушает сложившееся разделение труда между ними, представительство в разных сферах деятельности и рисунок расселения и поэтому бывает конфликтным. Ускоренное сокращение ведущей или титульной этнической группы порождает потребность в привлечении иностранных мигрантов, но быстрое повышение этнической разнородности населения увеличивает потенциал конфликтов. На локальном уровне в европейских странах складывается ситуация, когда большинство избирателей составляют пенсионеры титульной национальности, тогда как работающее население, состоящее

в основном из мигрантов, не может голосовать (Krastev, 2020).

Депопуляция всегда имеет избирательный характер и сильно зависит от географического контекста: урбанизированности территории, размера и экономического потенциала городов, близости крупного метрополитенского центра, местного рынка труда (Nivalainen, 2004). В результате растет демографическая, экономическая и политическая фрагментация территории страны или региона, сказывающаяся на этнополитических процессах. Так, в Литве на территориях, теряющих население, литовцев в 2.8 раза больше, чем представителей этнических меньшинств (Ubarevičienė, van Ham, 2016). Большая часть территории Центральной и Восточной Европы представляет собой разреженный архипелаг столиц и немногих крупных городов, куда стягивается население (Gløersen et al., 2016). В восточных регионах стран Центральной и Восточной Европы, а также вдоль основных транспортных коридоров ситуация хуже, чем в западных, имеющих лучший доступ к рынкам более развитых стран (Smetkowski, 2013). Позиционный фактор значительно сказывается также на депопуляции Центральной России, особенно Нечерноземья (Гулько, Глезер, 2015).

Главные причины обезлюдения территорий – социально-экономические. Статистическая связь между наличием и качеством рабочих мест, уровнем доходов, доступностью социальной инфраструктуры и динамикой населения в сельской местности и малых городах доказана с помощью количественных моделей (Merino, Prats, 2020; OECD..., 2019).

В условиях депопуляции и низкой рождаемости между юрисдикциями разворачивается конкуренция за сохранение “старых” и привлечение новых жителей. На это направлена и политика выравнивания доходов, и использование на региональном и местном уровнях таких инструментов, как уровень налогообложения, поиск инвесторов и создание новых привлекательных рабочих мест, улучшение инфраструктуры, рынка жилья, разнообразные меры социальной политики. Мера эффективности этой политики – волеизъявление избирателей на выборах и “голосование ногами” – переезд на другое место жительства.

В то же время некоторые авторы называют и положительные последствия депопуляции: сокращение безработицы и стоимости жилья, улучшение состояния окружающей среды (Мошняга, 2008). Определенные возможности заключаются в создании “серебряной экономики”, опирающейся на потребление пенсионеров и использование их труда (Нефедова, 2012).

В обширный ареал на юго-востоке Европы, теряющий население, входят ПМР и Молдова. В начале 1990-х годов кризис переходного периода,

типичный для бывших социалистических стран, наложился здесь на тяжелые последствия дезинтеграции народнохозяйственного комплекса бывшего СССР.

Молдавия с распадом СССР почти полностью потеряла рынок основных экспортных товаров – овощей и фруктов, вина, продукции пищевой и легкой промышленности. В связи с ограниченностью внутренних ресурсов поиск новой специализации в мировом разделении труда стал крупной проблемой, не разрешенной и до настоящего времени. Эмиграция и временный выезд на работу в другие страны стали едва ли не единственным способом выживания многих семей и важным фактором политической жизни.

На социально-экономическое развитие Приднестровья глубокое влияние оказала неопределенность политико-правового статуса. ПМР вынуждена отвлекать значительные средства на обеспечение своей безопасности. Потребители приднестровских товаров переориентировались на других поставщиков. Выросли цены на энергоносители. Резко сузился внутренний рынок.

Влияя на социальное самочувствие граждан, депопуляция, экономические трудности и психологический стресс, вызываемый отъездом родственников, друзей и знакомых, оказывают воздействие на поддержку политических режимов – легитимность непризнанных государств (Kolosov, O’Loughlin, 1999). Различают внешнюю легитимность, выражающуюся в международном признании и различных формах отношений с другими государствами, и внутреннюю. Вторую, в свою очередь, понимают двояко: как поддержку политических лидеров гражданами и как соответствие деятельности режима “нормативным” демократическим критериям. Легитимность – понятие “делимое” и “измеримое” с помощью социологических и иных методов. Степень легитимности может быть разной с точки зрения представителей различных социальных и территориальных групп населения.

Можно выделить три основных типа стратегий укрепления и завоевания внутренней легитимности правящими режимами в непризнанных государствах: во-первых, улучшение жизни граждан и демографической ситуации, развитие и модернизация систем образования и здравоохранения, других общественных услуг; во-вторых, консолидация общества, подавление возможной оппозиции перед лицом действительной или мнимой внешней угрозы; в-третьих, политические реформы и расширение социальной опоры. Опыт показывает, что фактора внешней угрозы недостаточно для поддержания внутренней легитимности режима в течение длительного времени (Стратегия..., 2018; Berg, 2012; Caspersen, 2015): политическая мобилизация граждан имеет пределы. Демо-

кратизация режима, способность выстроить эффективные политические институты служат ему главным аргументом при требовании международного признания. В настоящей работе мы рассматриваем именно внутреннюю легитимность.

НЕПРИЗНАННЫЕ ГРАНИЦЫ, ИСТОЧНИКИ И ОГРАНИЧЕННОСТЬ ИНФОРМАЦИИ

В исследовании используются официальные статистические данные Национального бюро статистики Молдовы и Государственной службы статистики ПМР, включая переписи населения. Сравнение демографических процессов в Молдове и Приднестровье и их социально-экономических и политических последствий затрудняет необходимость учета сложившихся де-факто границ между ними.

Согласно законодательству непризнанной ПМР, в состав ее территории включены все населенные пункты бывших Дубоссарского и Слободзейского районов Молдавской ССР на левом берегу Днестра. Однако некоторые из них никогда не контролировались приднестровскими властями, в том числе часть г. Дубоссары. В то же время Молдова учитывает в составе своей территории части бывшего Дубоссарского района Молдавской ССР, включающие как села под контролем Кишинёва, так и села, контролируемые ПМР. В состав Приднестровья де-юре входят не только реально находящийся под его юрисдикцией город Бендеры на правом берегу Днестра, но и пригородное село Варница, де-факто подчиняющееся молдавским властям. Поэтому начальным этапом работы стало определение численности жителей, проживавших в поселениях, принявших юрисдикцию ПМР, по переписи 1989 г. — 680,9 тыс. человек.

В Приднестровье данные Государственной службы статистики о миграционном движении населения нельзя считать полными в связи с существенным недоучетом выезжающих за пределы республики. Только для иностранцев система регистрации обязательна. Местные жители информируют паспортные службы о своем переезде за рубеж лишь в случаях, если они выезжают на работу по контракту. Широко распространены трудовые и образовательные временные миграции. Адекватный учет на границе и использование данных других стран затруднены также тем, что жители Приднестровья часто имеют кроме паспортов ПМР паспорта других государств: России, Молдовы, Украины и др. Только с 2012 г. доступны данные отдельно о внутренней (в пределах ПМР) и внешней миграции. Поэтому оценка миграционных потерь региона на основе официальных данных до этого года не может считаться корректной (Кривенко, 2014).

Оценка вклада миграционных и естественных потерь в общую убыль населения также затруднена из-за отсутствия статистической базы. Она, в частности, не позволяет рассчитывать суммарный коэффициент рождаемости. Показатель среднего числа родившихся детей на 1000 женщин старше 16 лет доступен только на годы переписей. Его нельзя назвать точным, и к тому же данные за отдельные годы не могут развернуто показать динамику демографических процессов. Не рассчитываются таблицы смертности.

По тем же причинам невозможно провести и моделирование демографических процессов и их влияния на экономику.

Источник информации о миграционных процессах в Молдове — статистические материалы Национального бюро статистики (переписи населения, специальные обследования рабочей силы и бюджетов домашних хозяйств), а также базы данных Центра государственных информационных ресурсов *Registru*, министерства внутренних дел и пограничной службы. Учет миграции осложнен наличием зачастую нескольких паспортов у жителей Молдовы (в первую очередь, Румынии и России), а также трудностями оценки потоков мигрантов через приднестровский участок границы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Динамика численности населения: этапы, факторы и территориальные различия

Общая численность населения Приднестровья и Молдовы неуклонно сокращалась, что обусловлено не только высокой смертностью и эмиграцией, но и растущими диспропорциями в возрастном составе. С 1990 по 2004 г. сокращение населения ПМР составило 21,5%, с 2004 по 2015 г. — еще 14,4%; Молдовы — соответственно 6,8 и 11,4%. В абсолютном выражении демографические потери за последний межпереписный период (2004–2014 — для Молдовы и 2004–2015 для ПМР) составили в Приднестровье 80,0 тыс. человек, в Молдове — 385,1 тыс. В итоге численность населения Приднестровья сократилась с 1990 по 2015 г. с 706,3 тыс. до 475,7 тыс. человек (на 230,6 тыс., или на 32,6%), Молдовы с 1990 по 2014 г. — с 3629 тыс. до 2998 тыс. (на 631 тыс., или на 17,4%). Депопуляционные процессы отбрасывают эти территории по численности населения к 1960-м годам. Население сокращалось и после 2014–2015 гг. Появление на сайте Национального бюро статистики пересчитанных демографических данных¹ позволяет провести более адекватную оценку масштабов депопуляции в последние годы, чем на основе текущего учета. По этим данным, в 2018 г. в Молдо-

¹ Национальное бюро статистики РМ. <https://statistica.gov.md/category.php?l=ru&idc=103&>

ве проживало 2682 тыс. человек. Таким образом, за 20 лет население уменьшилось на 26.6%, а в Приднестровье за этот же период – на 30.1%.

В ПМР демографическая ситуация стала ухудшаться раньше и с большей остротой, чем в Молдове. До самого конца советской эпохи население Молдавской ССР устойчиво росло как за счет превышения рождаемости над смертностью, так и за счет миграции. В республике и особенно в ее наиболее развитой части – Приднестровье – создавались новые рабочие места; выходцев из других регионов привлекали благоприятный климат, продовольственная ситуация. Однако уже в 1995 г. в ПМР была зафиксирована естественная убыль населения, а с 1996 г. ее показатель не поднимался выше -3% . Относительно высокая рождаемость, наблюдавшаяся в 1980-х годах, резко упала. Еще в 1990 г. общий коэффициент рождаемости превышал 17% , но уже к 1993 г. стал менее 12% , а в первой половине 2000-х годов опустился до $7-8\%$. В этот период отказ от деторождения усугублялся снижением в общей численности населения доли женщин в репродуктивном возрасте. В последующие годы показатели рождаемости стабилизировались на низком уровне: от 8 до 10% .

На их повышение в обозримой перспективе рассчитывать не приходится, даже если будет начата активная пронаталистская политика, что объясняется типичными для европейских стран изменениями в репродуктивном поведении семей. Наблюдается тенденция снижения числа рождений у молодых матерей до 20 лет и увеличения среднего возраста матерей до 24–26 лет.

Параллельно с падением рождаемости общий коэффициент смертности увеличился с 10 до $14-15\%$ – до наивысших показателей в мире. Причина – в прогрессирующем старении населения при относительно невысокой по европейским меркам продолжительности жизни: около 69 лет для мужчин и 77 лет для женщин.

В Молдове слабый естественный прирост наблюдался до 1998 г. ($0.4-0.8\%$). Естественная убыль началась лишь с 1999 г., причем в 2011–2016 гг. отмечался период некоторой стабилизации, когда естественная убыль составляла всего $-0.1-0.3\%$. Сумма естественных потерь в межпереписной период (2004–2014 – для Молдовы и 2004–2015 для ПМР) в Приднестровье заметно больше – 31.8 тыс. (5.7% к численности населения по переписи 2004 г.) против 29.7 тыс. (0.9% к численности населения по переписи 2004 г.) в Молдове. Тем не менее и там рождаемость резко снизилась: с 17.7% в 1990 г. до 9.2% в 2018 г.

Один из основных факторов, повлиявших на разницу в остроте демографического кризиса между Молдовой и Приднестровьем, – большие различия в уровне урбанизации между правым и левым берегами Днестра (соответственно 38.2 и

70%). Молдова по-прежнему остается наименее урбанизированной страной Европы, где сельское население отличают более высокие показатели рождаемости, что позволяет существенно сглаживать остроту демографического кризиса. Среди других факторов – более молодая возрастная структура населения и, предположительно, в последние годы более высокие темпы миграционного оттока из Приднестровья. При сопоставимом уровне показателей естественного движения именно отток населения определяет менее благоприятную динамику населения ПМР.

В связи с отсутствием надежных данных о миграционных потоках в Молдове и Приднестровье сравнивать масштабы оттока жителей непросто. Обе территории страдают от постоянной массовой трудовой миграции, вымывающей население в трудоспособном и репродуктивном возрастах. С 1994 г. число выезжающих заметно больше, чем въезжающих. В 2017–2019 гг. впервые за долгие годы зафиксировано положительное сальдо миграционного баланса. Однако к официальным данным о миграции следует относиться с осторожностью.

В межпереписной период с 2004 по 2014 г. миграционный отток из Молдовы был активнее, чем из ПМР, однако в последние годы процессы миграции трудоспособного населения из Приднестровья ускорились. Проведенный расчет миграционных потерь (табл. 1), накопленных в межпереписные периоды, позволяет увидеть, что доля населения, утраченного Молдовой в результате миграции (13% от показателя 2004 г.), в 1.5 раза выше, чем в Приднестровье (8.7%).

О масштабах миграционных потерь косвенно свидетельствуют сведения о временно отсутствующем населении, полученные в ходе переписей (табл. 2). В Приднестровье увеличение его доли в 2004–2015 гг. было выше, чем в Молдове (2004–2014): соответственно с 6.5 до 14.8% и с 7.0 до 11.3% .

Около четверти экономически активного населения ПМР временно работает за рубежом, в том числе $75-80\%$ – в России. Ее привлекательность связана с практическим отсутствием языковых и культурных барьеров, наличием родственников и знакомых в российских городах, приобретением почти 200 тыс. жителей ПМР российского гражданства. Преподавание в средних школах и в Приднестровском государственном университете ведется по российским программам, и в России признают приднестровские аттестаты и дипломы.

До украинского кризиса 2013 г. в Россию направлялись и большинство мигрантов из Молдовы (63%), но к 2019 г. их доля уменьшилась примерно до 40% . Причины – введение в России патентов для иностранных граждан, прибывающих на безвизовой основе, и более жесткий контроль

Таблица 1. Оценка миграционных потерь Молдовы и Приднестровья в 2004–2014/2015 гг.

Показатель	Молдова	Приднестровье
Численность населения по результатам переписей 2004 г., тыс. чел.	3383.3	555.5
Численность населения по результатам переписи 2014 г. (для Молдовы) и 2015 г. (для ПМР), тыс. чел.	2913.3	475.5
Сокращение населения в период между переписями 2004 и 2014/2015 гг., тыс. чел., в том числе:	470.0	80.0
за счет естественной убыли, тыс. чел.	29.7	31.8
за счет миграционного оттока, тыс. чел.	440.3	48.2
Миграционная убыль в % к численности населения на начало периода	13.0	8.7

Таблица 2. Численность и доля временно отсутствующего населения Молдовы и Приднестровья в 2004–2014/2015 гг.

Показатель	Молдова	Приднестровье
Численность населения по результатам переписей 2004 г., тыс. чел.	3383.3	555.5
Численность временно отсутствующего населения в период переписей 2004 г., тыс. чел.	273.1	36.3
Доля временно отсутствующего населения в общей численности населения в период переписей 2004 г., %	7.0	6.5
Численность населения по результатам переписи, 2014 г. (для Молдовы) и 2015 г. (для ПМР), тыс. чел.	2913.3	475.5
Численность временно отсутствующего населения в период переписей 2014 г. (для Молдовы) и 2015 г. (для ПМР), тыс. чел.	329.1	70.6
Доля временно отсутствующего населения в общей численности в период переписей 2014 г. (для Молдовы) и 2015 г. (для ПМР), %	11.3	14.8

за соблюдением правил пребывания и работы, падение курса рубля, а также предоставление Евросоюзом безвизового режима для граждан Молдовы. Традиционные направления их эмиграции – страны ЕС (Италия, ФРГ, Греция, Румыния, Испания и др.), а также Израиль, Турция, США.

Влияние депопуляции на социально-экономическую ситуацию и политические процессы

Депопуляция вызвала в Молдове и Приднестровье серьезные социально-экономические и политические последствия. Для стран Центральной и Восточной Европы, теряющих население, наиболее типичны из них следующие.

Деформация половозрастной структуры. Среди мигрантов преобладают молодые люди в возрасте от 15 до 34 лет. В ПМР у мужчин этот показатель за последние годы составляет около 42–43%, у женщин – 38–45%. Отток высококвалифицированной, молодой и активной части населения усиливает диспропорции в половозрастном составе населения и, как следствие, структуре и качестве трудовых ресурсов. Отъезд на заработки обоих родителей – одна из причин “социального сиротства”. Оставаясь на попечении старшего поколения, дети не получают должного ухода, что

оставляет глубокий след в их психологии. Для обоих берегов Днестра характерна “утечка умов”, которой способствуют квотирование мест в вузах России и Украины для выпускников общеобразовательных учреждений ПМР и в Румынии – для молдавской молодежи (на порядок больше, чем в российских и украинских вузах). Постепенно обустроивая свою жизнь в принимающей стране, в 2012–2018 гг. мигранты стали несколько чаще вывозить за границу своих детей, доля которых среди отъезжающих возросла с 12.5 до 15.3%.

Переписи демонстрируют существенное увеличение в населении доли лиц в возрасте 60 лет и старше. В ПМР к 2015 г. по сравнению с переписью населения 2004 г. удельный вес группы населения моложе трудоспособного возраста уменьшился на 3 п. п. (с 17.3 до 14.3%), а трудоспособного населения – почти на 5 п. п. (с 62.8 до 57.9%).

Старение населения приводит к *увеличению коэффициента зависимости*, отражающего соотношение численности пенсионеров и лиц в трудоспособном возрасте и особенно – числа пенсионеров на 1000 занятых (с 577 в 1996 г. до 891 в 2018 г.). В последние годы наблюдался массовый переход пенсионеров на российское пенсионное обеспечение (при этом они лишаются права на приднестровскую или молдавскую пенсию). Дополни-

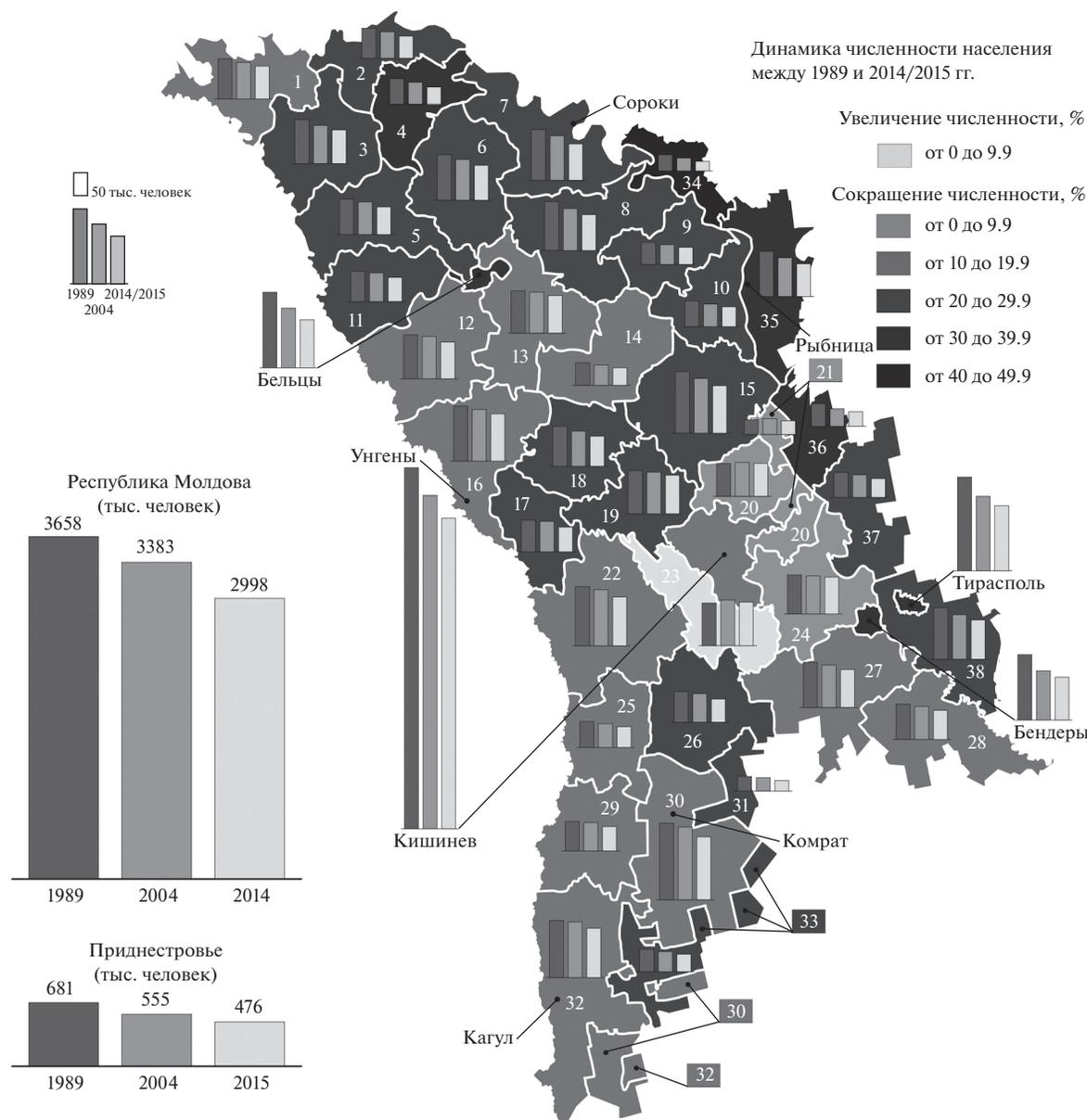


Рис. 1. Динамика численности населения по административно-территориальным единицам Республики Молдова и Приднестровья в 1989–2014/2015 гг. Районы: 1. Бричанский, 2. Окницкий, 3. Единецкий, 4. Дондюшанский, 5. Рышканский, 6. Дрокиевский, 7. Сорокский, 8. Флорештский, 9. Шолданештский, 10. Резинский, 11. Глодянский, 12. Фалештский, 13. Сынжерейский, 14. Теленештский, 15. Оргеевский, 16. Унгенский, 17. Ниспоренский, 18. Каларашский, 19. Страшенский, 20. Криулянский, 21. Дубоссарский (РМ), 22. Хынчештский, 23. Яловенский, 24. Новоаненский, 25. Леовский, 26. Чимишлийский, 27. Каушанский, 28. Штефан-Водский, 29. Кантемирский, 30. Автономное территориальное образование Гагаузия, 31. Бессарабский, 32. Кагульский, 33. Тараклийский, 34. Каменский, 35. Рыбницкий, 36. Дубоссарский (ПМР), 37. Григориопольский, 38. Слободзейский.

тельную демографическую нагрузку на занятых в материальном производстве оказывают занятые в силовых структурах ПМР, численность которых не учитывалась при расчетах (Бурла, 2019).

Обезлюдение сельской местности и подрыв агропотенциала. Как и в других странах, депопуляция вызвала в Молдове и ПМР резкий рост концентрации населения в столицах и основных городах. В ПМР после распада СССР население сократи-

лось во всех районах и поселениях. Особенно сильно пострадал север республики – Каменский район. Сильно уменьшилось также число жителей Григориопольского и Дубоссарского районов (рис. 1).

В сельской местности из-за деформации половозрастной структуры отток населения обладает кумулятивным эффектом, обрекая многие поселения на исчезновение. В 4 селах ПМР жителей

нет вовсе, в 12 осталось менее 25 человек (Бурла, 2019). С депопуляцией связана деградация производственной и социальной инфраструктуры, усиление кризиса агрокомплекса — некогда одной из отраслей специализации Приднестровья. Парадоксальным образом регион с исключительно благоприятными агроклиматическими условиями импортирует больше продовольствия, чем вывозит. Внешнеторговый баланс сводится со значительным дефицитом. Как ныне и в Молдове, преобладает производство малотрудоемких культур с низкой добавленной стоимостью. Доля зерновых в посевных площадях составляет 55–60%, технических культур — 35–40%, тогда как доля садов и виноградников пренебрежимо мала².

Специфика процессов депопуляции в ПМР и Молдове связана с политэтническим составом населения, сложной историей его формирования и неравномерным распределением по территории разных этнических групп, но особенно с современным геополитическим положением, явной и скрытой конкуренцией между Кишинёвом и Тирасполем за лояльность граждан.

Во-первых, на этой конкуренции сказывается растущая разнонаправленность внешних миграций. Так, во время избирательной кампании по выборам парламента Молдавии в 2014 г. Партия социалистов, позиционирующая себя как про-российская политическая сила, объявила о договоренности с ФМС России об амнистии молдавских мигрантов. Предполагалось, что молдавские мигранты, нарушившие российское миграционное законодательство, могли проголосовать на родине и беспрепятственно вернуться в Россию. Опасаясь голосования этих мигрантов за Партию социалистов, “роевропейские” партии интерпретировали эту договоренность как вмешательство России в политическую жизнь Молдовы. ЦИК Молдовы открыл в России для молдавских граждан только три избирательных участка. В этом факте нашла отражение ассоциация мигрантов, находящихся в западных странах и в России, с определенными политическими предпочтениями (Макухин, 2015).

Депопуляция сельской местности и, в частности, севера ПМР имеет и этнополитический аспект. Часть республики, расположенная севернее р. Ягорлык, особенно быстро теряющая население, ранее входила в состав Речи Посполитой, и значимую часть ее населения составляют украинцы.

Во-вторых, миграция — зеркало экономической конкуренции между правым и левым берега-

ми Днестра. В советское время Приднестровье было одним из самых развитых регионов Молдавии: в 1989 г. там проживало 17% населения, но производилось около 35% ВВП, 56% товаров народного потребления, треть сельскохозяйственной продукции, почти вся электроэнергия (Колосов, Заяц, 2001). Здесь располагалось много уникальных промышленных предприятий, в том числе военно-промышленного комплекса. До сих пор одним из основных источников доходов ПМР остается металлургический завод в Рыбнице, построенный в 1984 г. с использованием наиболее современных в то время технологий. Поэтому и доходы населения в Приднестровье наряду с Кишинёвом были самыми высокими в Молдавии.

Однако в IV квартале 2019 г., согласно данным Национального бюро статистики Молдовы, средняя зарплата составила по курсу Национального банка 402 долл.³, а в Приднестровье в тот же период — 322 долл. по курсу Приднестровского республиканского банка ПМР⁴, т.е. около 80% от молдавской. Реально она может быть сопоставима с молдавской, так как силовые структуры Приднестровья, доля которых в общей структуре занятости значительно выше, чем в Молдове, данных об оплате труда своих сотрудников не предоставляют. При этом на обоих берегах Днестра, но особенно в Молдове, растут социальные и территориальные различия в уровне доходов на душу населения. Так, не случайно в ПМР самый низкий уровень зарплаты отмечен в районах с наиболее интенсивным оттоком населения — Слободзейском и Григориопольском (в 2018 г. доля работников с зарплатой менее 3000 рублей, т.е. примерно 12.6 тыс. российских рублей, составляла соответственно 63 и 66%), а также Каменском (44%), Рыбницком (41%) и Дубоссарском (42%). Таким образом, произошло выравнивание на низком уровне жизни в ПМР и Молдове; Приднестровье утратило былое преимущество.

Однако на нынешнем этапе конкуренции за лояльность граждан между ПМР и Молдовой выигравшей стороны нет. Молдова — беднейшее государство Европы: в 2018 г., по данным МВФ, ВВП страны на душу населения по паритету покупательной способности составил лишь 7664 долл.; для сравнения, на Украине — 9817, Румынии — 28211, России — 30512. Прямой связи между состоянием

³ Средняя оплата труда в IV квартале 2019 года. Национальное Бюро статистики Республики Молдова. <https://statistica.gov.md/newsview.php?l=ru&idc=168&id=6597>

⁴ Пресс-выпуск “О заработной плате в Приднестровской Молдавской Республике” за декабрь 2019 г. (без субъектов малого предпринимательства). Государственная служба статистики ПМР. <http://mer.gospmr.org/gosudarstvennaya-sluzhba-statistiki/informacziya/o-zarabotnoj-plate-v-pmr/p-re-s-s-v-y-p-u-s-k-o-zarabotnoj-plate-v-pridnestrovskoj-moldavskoj-respublike-za-dekabr-2019-g.-bez-subektov-malogo-predprinimatelstva.html>

² Отчет о научно-исследовательской работе НИЛ “Региональные исследования”. Оптимизация территориальной организации хозяйства Приднестровья как фактор обеспечения устойчивого развития республики. Этап II. Модель устойчивого развития Приднестровья. Приднестровский государственный университет. Тирасполь, 2018. 99 с.

экономики и самосознанием нет, однако такое положение ввиду многонационального состава населения оказывает влияние на проблемы идентичности.

В Молдове меняется соотношение между “молдовенистами” и “унионистами” — теми, кто считает молдаван и румын разными, хотя и родственными народами, и выступает за сохранение молдавского государства, и теми, кто полагает их единым народом и поддерживает идею объединения или на практике — поглощения Румынией Молдавии. На восприятии соседнего государства, безусловно, сказывается тот факт, что средний размер пенсии в Румынии в 6 раз, а зарплаты — в 3–4 раза — выше. Оценить влияние унионистов можно, во-первых, на основе опросов, во-вторых, судя по доле граждан, идентифицировавших себя как румыны при переписи населения, в-третьих, по доле избирателей, проголосовавших за партии, откровенно проповедующие идею “унири” (объединения), в-четвертых, по доле тех, кто определяет свой язык как румынский, а не молдавский (Кириллов, Путинцев, 2018). При переписи 2004 г. румынскую национальность указали 2.2% граждан, 2014 г. — 7.0%. Однако, по данным социологического исследования, проведенного компанией IMAS, идеи унионизма поддерживают 34% опрошенных. В 2018 г. 24% опрошенных прямо высказались за объединение с Румынией. Число граждан Молдовы, имеющих также гражданство Румынии, пусть зачастую и по прагматическим соображениям, оценивается не менее чем в 400 тыс.⁵

В ПМР, сложившейся на основе уникальной региональной идентичности (Бабилунга, 2000; Колосов, Заяц, 2001), массовый отток населения и неблагоприятное экономическое положение отражаются в нестабильности политической жизни и неопределенности перспектив республики. После смены власти на Украине в 2014 г. геополитическое положение Приднестровья значительно ухудшилось, поскольку Киев солидаризировался с позицией Кишинёва. ПМР оказалась отрезанной от своего главного внешнего спонсора — России. Затруднено сообщение с отстоящей всего в 100 км от Тирасполя миллионной Одессой с ее морскими портами и емким рынком. ПМР не может занимать средства у международных организаций, из-за чего значительная часть основных фондов устарела морально и физически. Приднестровские производители вынуждены дважды проходить таможенное оформление — в ПМР и Молдове, запрашивать в Кишинёве необходимые для экспорта сертификаты, зачастую направлять свои товары на экспорт кружным путем, что удо-

рожает продукцию. Тирасполь не может использовать международные системы преференций во внешней торговле, не располагает механизмами защиты интересов резидентов. Приднестровские предприятия не имеют возможности открывать корреспондентские счета в зарубежных банках.

Такое положение вызвало кризисные явления в экономике и во всем приднестровском социуме. В их числе — крайняя неустойчивость макроэкономических показателей, дефицит государственного бюджета, колебавшийся в 2010-х годах от 20 до 40% его расходов, внешний долг, в несколько раз превышающий ВВП. Доля материального производства в структуре добавленной стоимости сократилась с 60–64% в 1990-е годы до 30–35% в 2010–2017 гг., а численность занятых в нем — с 168 тыс. до 38 тыс. человек (с 61.4 до 29.0%). Важнейшей сферой хозяйства остается промышленность, однако ее вклад в ВВП уменьшился с 64% в 1996 г. до 31% в 2017. В ней преобладают отрасли с невысокой добавленной стоимостью, для которых в регионе нет конкурентных преимуществ: черная металлургия, тепловая электроэнергетика, текстильная промышленность. Структура хозяйства и экспорта упростилась, потеряно производство ряда видов продукции. Слабое развитие малого и среднего бизнеса и зависимость крупных предприятий от внешних поставок и рынков сбыта в сложных геополитических условиях приводят к тому, что 60–70% промышленного производства находится в зоне повышенного риска, в том числе некоторые крупные предприятия — главные источники валютных и налоговых поступлений — например, Молдавский металлургический завод в Рыбнице. Его вклад в экспорт ПМР колебался в прошлом десятилетии от 16 до 65% (в 2017 г. — 37%)⁶.

В Молдове действует Национальная стратегическая программа в области демографической безопасности (2011–2025 гг.)⁷, в которой отмечается, что для смягчения последствий миграционных потерь населения нужен комплексный подход, сопряженный с решением экономических проблем. Специалисты Всемирного банка справедливо полагают, что политика поощрения рождаемости в отсутствие достаточных инвестиций в человеческий капитал и мер поощрения активно-долголетия в условиях стареющего населения

⁶ Отчет о научно-исследовательской работе НИЛ “Региональные исследования”. Оптимизация территориальной организации хозяйства Приднестровья как фактор обеспечения устойчивого развития республики. Этап II. Модель устойчивого развития Приднестровья. Приднестровский государственный университет. Тирасполь, 2018. 99 с.

⁷ Национальная стратегическая программа в области демографической безопасности Республики Молдова (2011–2025 гг.) https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=33219&lang=ru

⁵ В Молдове растут унионистские настроения. 24 декабря 2019 г. <https://novostipmr.com/ru/news/19-12-23/v-moldove-unionistskie-nastroeniya-rastut>

не приносит ожидаемого эффекта⁸. Эти выводы можно с полным основанием отнести и к ПМР.

ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Взаимодействуя с экономическими факторами, депопуляция оказывает непосредственное влияние на атмосферу в обществе и политическую ситуацию. Как в Молдове, так и в ПМР ощущается рост критического настроения по отношению к власти. Так, за пять лет президентства Е. Шевчука (2011–2016), осужденного за коррупцию и бежавшего из ПМР, уровень доверия ему снизился с 74 до 27%. Согласно исследованию Тираспольской школы политических исследований, недоверие действующей власти в феврале 2019 г. высказали 65% приднестровцев – на 15 п. п. больше, чем в июне 2018 г. Одну из причин этого видят в бессменном руководстве страной одной политической силы – партии “Обновление”, тесно связанной с контролирующей значительную часть экономики ПМР корпорацией “Шериф” и практически не имеющей конкурентов, а также в ошибках политических лидеров (Дирун, 2019). Проблема депопуляции также оказывает влияние на легитимность политического режима. Власти не имеют законных оснований исключать из электоральных списков мигрантов, так как выбывшие избиратели зачастую не снимаются с административного учета. Из-за этого возникают различия между списочным и реальным числом избирателей. Так, в Бендерах, где самая высокая в регионе доля временно отсутствующего населения, в ходе довыборов в парламент республики на одном из участков в голосовании приняло участие менее 25% избирателей. Подобные случаи побудили власти исключить из законодательства норму о 25-процентной явке избирателей, необходимой для признания выборов состоявшимися, что явно не увеличит их легитимность в глазах граждан.

Молдавский политический дискурс отражает растущий раскол между гражданами по вопросам геополитической ориентации и даже суверенитета – самого существования страны (Бардин, Баринов, 2018). Даже граждане с молдавской этнической идентичностью не только приобретают румынское гражданство, но и все чаще выступают за ту или иную форму объединения с Румынией, открывающего перспективы повышения уровня жизни.

Кардинальное изменение демографической ситуации возможно лишь в случае реализации эффективной программы социально-экономиче-

ского развития, предполагающей создание достойных и привлекательных рабочих мест, обеспечивающей карьерный рост, доступное жилье и качественную среду обитания. Рост деловой активности может произойти при условии роста объемов инвестиций, в том числе внешних. Руководство ПМР прилагает усилия по созданию в республике привлекательных правовых и институциональных основ для иностранных инвесторов, поскольку главные факторы успешного развития ряда регионов стран Центральной и Восточной Европы обычно экзогенные (Стратегия..., 2018).

Важнейший аттрактор инвестиций – наличие, стоимость и квалификация рабочей силы. Приднестровье еще обладает существенными ресурсами сравнительно квалифицированной и недорогой рабочей силы, но рискует в скором времени лишиться этого козыря, постепенно растеряв бывшее преимущество перед остальной частью Молдовы в уровне жизни и сохраняя высокие темпы оттока населения. В настоящее время ПМР находится примерно в равных условиях со своим материнским государством, имея перед ним некоторое преимущество в доступности и обеспеченности общественными услугами⁹, но уже начинает проигрывать по среднему уровню зарплаты. Депопуляция наряду с интенсивными внешними миграциями подрывает внутреннюю легитимность политических режимов ПМР и Республики Молдова, поскольку обесценивает усилия государства по развитию социальной инфраструктуры, способствует социальному расслоению, создает демонстрационный эффект путем вольного или невольного сравнения гражданами условий жизни у себя и в странах, принимающих мигрантов.

В нынешних внутривнутриполитических и геополитических условиях ни в ПМР, фактически находящейся в состоянии блокады, ни в Молдове, общество которой искусственно поставлено перед альтернативой выбора между сотрудничеством с Россией и другими странами ЕАЭС и курсом на европейскую интеграцию, не просматриваются условия для укрепления легитимности путем модернизации политических режимов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке гранта РФ № 19-17-00232 “Постсоветские непризнанные государства: факторы жизнеспособности и риски для России”.

FUNDING

The work was financially supported by the Russian Science Foundation, project no. 19-17-00232 “Post-Soviet

⁸ Есть 3 сценария прогнозов, все они пессимистичны. 21 февраля 2020. <https://point.md/ru/novosti/obschestvo/depopulatsia-v-moldove-est-3-stsenariia-prognozov-vse-oni-pessimistichny>

⁹ Оценка потенциала устойчивого развития малых городов долины р. Днестр. Аналитический отчет, выполненный в рамках проекта ПроООН. Кишинев, 2017. 72 с.

Non-Recognized States: Factors of Viability and Risks for Russia.”

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бабилунга Н.В.* Приднестровский конфликт: источники, характер, особенности // Феномен Приднестровья. Тирасполь: Приднестровский гос. ун-т, 2000. С. 123–186.
- Бардин А.Л., Баринов И.И.* Проблемы национального развития и консолидации политических пространств (на примере Молдовы и Румынии) // Полис. Политические исследования. 2018. № 6. С. 99–111. <https://doi.org/10.17976/jpps/2018.06.07>
- Бурла О.Н.* Современная демографическая ситуация в ПМР, ее экономические и социальные последствия // Прикладной потенциал социально-экономической географии. Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2019. С. 237–245.
- Гагауз О.Е., Пенина О.А.* Демографические перспективы Молдовы // Основные вызовы демографической безопасности: сходства и различия в Молдове и Беларуси / отв. ред. Г.А. Палади, Л.П. Шахотько, О.Е. Гагауз. Кишинев: Штиница, 2010. С. 33–39.
- Гуныко М.С., Глезер О.Б.* Малые районные центры и окружающие территории в Центральной России в 1970–2010 гг.: динамика и распределение населения // Изв. РАН. Сер. геогр. 2015. № 1. С. 64–76.
- Дирун А.В.* Приднестровье: от российского форпоста до еврорегиона? 27 марта 2019 г. <http://edinstvo-prmr.ru/news/1029-pridnestrove-ot-rossiyskogo-forposta-do-evroregiona.html?fbclid=IwAR0DaLWpHf-pksZviO9zID7cclNI-VQdejiEiKZLr-34rXkqi-hb9emUhqVzg>
- Житин Д.В., Иванова А.А.* Демографическое развитие стран Балтии / Научн. докл. Рос. ассоц. прибалт. иссл. Сер. 2. Социально-экономическое развитие. Вып. 3. М.: Русская книга, 2017. 112 с.
- Кривенко А.* Молдова: страна массовой трудовой эмиграции // Демоскоп Weekly. № 605–606. 1–24 августа 2014. <http://www.demoscope.ru/weekly/2014/0605/analit05.php>
- Кириллов В., Путинцев И.* Влияние Румынии в Молдавии: формы и эволюция унионизма // Современная Европа. 2018. № 3. С. 37–48.
- Колосов В.А., Заяц Д.В.* Молдова и Приднестровье: национальное строительство, идентичности, перспективы разрешения конфликта // Вестн. Евразии (Институт востоковедения РАН). 2001. № 1. С. 88–122.
- Макухин А.В.* Современная миграционная ситуация в Республике Молдова и Приднестровье как череда “исходов” населения // PolitBook. 2015. № 1. С. 69–82.
- Михайлов В.* Этнические и региональные измерения демографического кризиса: Болгарский национальный дискурс // Изв. РАН. Сер. геогр. 2020. № 6. С. 832–843.
- Мошняга В.Г.* Молдавия в системе международных миграций // Демоскоп Weekly. № 355–356. 1–14 декабря 2008. <http://www.demoscope.ru/weekly/2008/0355/tema05.php>
- Нефедова Т.Г.* Основные тенденции изменения социально-экономического пространства сельской России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2012. № 3. С. 5–21.
- Рыбаковский Л.Л.* Депопуляция и ее этнические аспекты в России // Социологические исследования. 2015. № 4. С. 18–28.
- Стратегия развития Приднестровской Молдавской Республики на 2019–2026 годы. 2018. <http://president.gospmr.org/pravovye-akty/ukazi/ob-utverjdenii-strategii-razvitiya-pridnestrovskoy-moldavskoy-respubliki-na-2019-2026-godi.html>
- Berg E.* Parent States versus Secessionist Entities: Measuring Political Legitimacy in Cyprus, Moldova and Bosnia & Hercegovina // Europe-Asia Stud. 2012. № 7(64). P. 1271–1296.
- Caspersen N.* Degrees of legitimacy: Ensuring internal and external support in the absence of recognition // Geoforum. 2015. V. 66. P. 184–192.
- Décroly J.-M., Vanlaer J., Grimmeau J.-P., Roelandts M., Vanderhoffen C.* Atlas de la population européenne. Bruxelles: Éditions de l'Université de Bruxelles, 1991. 172 p.
- Gloersen E., Drăgulin M., Hans S., Kaucic J., Schuh B., Keringer F., Celotti P.* The impact of demographic change on European regions. Brussels: European Union, Committee of the Regions, 2016. 139 p.
- Goldstone J.A.* A Theory of Political Demography: Human and Institutional Reproduction // Political Demography: How Population Changes are Reshaping International Security and National Politics / Goldstone J.A., Kaufmann E.P., Duffy Toft M. (Eds.). NY: Oxford Univ. Press, 2011. P. 12–36.
- Hudson R.* Uneven Development, Socio-Spatial Polarization and Political Responses // Understanding Geographies of Polarization and Peripheralization: Perspectives from Central and Eastern Europe and Beyond / Lang T., Henn S., Sgibnev W., Ehrlich K. (Eds.). London: Palgrave Macmillan UK, 2015. P. 25–39.
- Kolosov V., O'Loughlin J.* Nation-Building and Territorial Separatism // Geopolitics. 1999. № 3. P. 251–266.
- Krastev I.* Depopulation is Eastern Europe's biggest problem. There is a connection between the twin crises of democracy and demography // Financial Times. January 27, 2020. 132. <https://www.ft.com/content/c5d3e0ae-36eb-11ea-ac3c-f68c10993b04>
- Merino F., Prats M.A.* Why do some areas depopulate? The role of economic factors and local governments // Cities. 2020. V. 97. P. 1–13.
- Nivalainen S.* Determinants of family migration: short moves vs. long moves // J. Population Economics. 2004. № 1(17). P. 157–175.
- OECD Regional Outlook 2019: Leveraging Megatrends for Cities and Rural Areas. Paris: OECD Publishing, 2019. <https://doi.org/10.1787/9789264312838-en>
- Smetkowski M.* Regional Disparities in Central and Eastern European Countries: Trends, Drivers and Prospects // Europe-Asia Stud. 2013. № 8(65). P. 1529–1554.
- Ubarevičienė R., van Ham M.* Population Decline in Lithuania: Who Lives in Declining Regions and Who Leaves? / Institute for the Study of Labor (IZA), Bonn. Discussion Paper № 10160. August 2016. 22 p.

Depopulation Impact on Political Life and Legitimacy of Unrecognized States (Case of Transnistria)

V. A. Kolosov^{1,*} and A. V. Crivenco^{2,**}

¹*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

²*T.G. Shevchenko Transnistrian State University, Tiraspol, Moldova*

*e-mail: kolosov@igras.ru

**e-mail: crivenco@inbox.ru

Rapid depopulation, which affected vast regions of Central and Eastern Europe, has long-term consequences not only for their socioeconomic, but also political development. For the unrecognized polities, the ability to retain the population has become an important criterion for successfully competing with the parent states for the loyalty of citizens, the legitimacy of political regimes and claims to sovereignty. The objective of the paper is to consider the impact of depopulation on the socioeconomic situation and political life of the unrecognized Pridnestrovian Moldavian Republic (Transnistria, PMR) in comparison with the Republic of Moldova (RM). On the basis of official statistics, the authors compare the rates, factors and reasons for the population decrease in the PMR and RM. Shown are the consequences of depopulation typical for the countries of Central and Eastern Europe and specific for Transnistria and Moldova. The assessment of migration losses in general for these territories and for their regions demonstrates that the population outflow in Transnistria began earlier and was more intensive than from the RM. In Moldova, depopulation intensifies the identity crisis and contradictions between the “Moldovenists” and supporters of unification with Romania, in the PMR—instability of political life, uncertainty of the region’s prospects and the growth of a critical attitude towards the authorities.

Keywords: depopulation, migrations, political impact, legitimacy, Moldova, Transnistria

REFERENCES

- Babilunga N.V. Transnistrian conflict: Sources, nature, features. In *Fenomen Pridnestrov'ya* [The Phenomenon of Transnistria]. Tiraspol: Pridnestrovskii Gos. Univ., 2000, pp. 123–186. (In Russ.).
- Bardin A.L., Barinov I.I. Problems of national development and consolidation of political spaces (on the example of Moldova and Romania). *Polis. Politicheskie Issled.*, 2018, no. 6, pp. 99–111. (In Russ.).
- Berg E. Parent states versus secessionist entities: measuring political legitimacy in Cyprus, Moldova and Bosnia & Herzegovina. *Europe-Asia Studies*, 2012, vol. 64, no. 7, pp. 1271–1296.
- Burla O.N. Current demographic situation in the PMR, its economic and social consequences. In *Prikladnoi potentsial sotsial'no-ekonomicheskoi geografii* [Applied Potential of Socioeconomic Geography]. Tiraspol: Pridnestrovskii Univ., 2019, pp. 237–245. (In Russ.).
- Caspersen N. Degrees of legitimacy: Ensuring internal and external support in the absence of recognition. *Geoforum*, 2015, vol. 66, pp. 184–192.
- Crivenco A. Moldova: a country of mass labor emigration. *Demoskop Weekly*, 2014, nos. 605–606. Available at: <http://www.demoscope.ru/weekly/2014/0605/anal-it05.php> (accessed: 10.01.2021). (In Russ.).
- Décroly J.-M., Vanlaer J., Grimmeau J.-P., Roelandts M., Vandermotten C. *Atlas de la population européenne*. Bruxelles: Éditions de l'Université de Bruxelles, 1991. 172 p.
- Dirun A.V. Transnistria: from a Russian outpost to a Euroregion? *Narodnoe Edinstvo*, 27 March 2019. Available at: <http://edinstvopmr.ru/news/1029-pridnestro-ve-ot-rossiyskogo-forposta-do-evroregiona.html?fbclid=IwAR0DaLWpHfPKsZviO9zID7cclNI-VQdejIEiKZLR-34rXkqihb9emUhqVzg> (accessed: 10.01.2021). (In Russ.).
- Gagauz O.E., Penina O.A. Demographic perspectives of Moldova. In *Osnovnye vyzovy demograficheskoi bezopasnosti: skhodstva i razlichiya v Moldove i Belarusi* [Main Challenges to Demographic Security: Similarities and Differences in Moldova and Belarus].
- Gløersen E., Drăgulin M., Hans S., Kaucic J., Schuh B., Keringer F., Celotti P. *The Impact of Demographic Change on European Regions*. Brussels: European Union, Committee of the Regions, 2016. 139 p.
- Goldstone J.A. A theory of political demography: Human and institutional reproduction. In *Political Demography: How Population Changes are Reshaping International Security and National Politics*. Goldstone J.A., Kaufmann E.P., Toft M.D., Eds. New York: Oxford Univ. Press. 2011, pp. 12–36.
- Gunko M.S., Glezer O.B. Small district centers and the surrounding areas in Central Russia (1970–2010): Dynamics and distribution of population. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2015, no. 1, pp. 64–76. (In Russ.). doi 10.15356/0373-2444-2015-1-64-76
- Hudson R. Uneven development, socio-spatial polarization and political responses. In *Understanding Geographies of Polarization and Peripheralization: Perspectives from Central and Eastern Europe and Beyond*. Lang T., Henn S., Sgibnev W., Ehrlich K., Eds. London: Palgrave Macmillan, 2015, pp. 25–39.
- Kirillov V., Putintsev I. Influence of Romania in Moldova: forms and evolution of unionism. *Sovr. Evropa*, 2018, no. 3, pp. 37–48. (In Russ.).
- Kolosov V., O’Loughlin J. Nation-building and territorial separatism. *Geopolitics*, 1999, no. 3, pp. 251–266.

- Kolosov V.A., Zayats D.V. Moldova and Transnistria: Nation-building, identities, prospects for conflict resolution. *Vestn. Evrazii (Inst. Vostokovedeniya RAN)*, 2001, no. 1, pp. 88–122. (In Russ.).
- Krastev I. Depopulation is eastern Europe's biggest problem. There is a connection between the twin crises of democracy and demography. *Financial Times*, 2020, January 27. Available at: <https://www.ft.com/content/c5d3e0ae-36eb-11ea-ac3c-f68c10993b04> (accessed: 10.01.2021).
- Makukhin A.V. The current migration situation in the Republic of Moldova and Transnistria as a series of “exoduses” of the population. *PolitBook*, 2015, no. 1, pp. 69–82. (In Russ.).
- Merino F., Prats M.A. Why do some areas depopulate? The role of economic factors and local governments. *Cities*, 2020, vol. 97, 102506. doi 10.1016/j.cities.2019.102506
- Mihaylov V.T. Ethnic and regional dimensions of the demographic crisis in Bulgaria. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2020, vol. 84, no. 6, pp. 832–843. (In Russ.).
- Moshnyaga V.G. Moldova in the system of international migrations. *Demoskop Weekly*, 2008, nos. 355–356. Available at: <http://www.demoscope.ru/weekly/2008/0355/tema05.php> (accessed: 10.01.2021). (In Russ.).
- Nefedova T.G. Major trends for changes in the socioeconomic space of rural Russia. *Reg. Res. Russ.*, 2012, vol. 2, no. 1, pp. 41–54. doi 10.1134/S2079970512010078
- Nivalainen S. Determinants of family migration: short moves vs. long moves. *J. Popul. Econ.*, 2004, vol. 17, no. 1, pp. 157–175.
- OECD Regional Outlook 2019: Leveraging Megatrends for Cities and Rural Areas*. Paris: OECD, 2019. 240 p. doi 10.1787/9789264312838-en
- Paladi G.A., Shakhot'ko L.P., Gagauz O.E., Eds. Kishinev: Știința Publ., 2010, pp. 33–39. (In Russ.).
- Rybakovsky L.L. Depopulation and its ethnic aspects in Russia. *Sotsiol. Issled.*, 2015, no. 4, pp. 18–28. (In Russ.).
- Smetkowski M. Regional disparities in Central and Eastern European countries: trends, drivers and prospects. *Europe-Asia Studies*, 2013, vol. 65, no. 8, pp. 1529–1554.
- Strategy of the Development of the Transnistrian Moldavian Republic for 2019–2026. Available at: <http://president.gospmr.org/pravovye-akty/ukazi/ob-utverjdenii-strategii-razvitiya-pridnestrovskoy-moldavskoy-respubliki-na-2019-2026-godi.html> (accessed: 10.01.2021). (In Russ.).
- Ubarevičienė R., van Ham M. Population decline in Lithuania: who lives in declining regions and who leaves? *Reg. Stud., Reg. Sci.*, 2017, vol. 4, no. 1, pp. 57–79.
- Zhitin D.V., Ivanova A.A. *Demograficheskoe razvitie stran Baltii* [Demographic Development of the Baltic Countries]. Moscow: Russ. Kniga Publ., 2017. 112 p.

УДК 556.5,556.537

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПЛАНОВЫХ ПЕРЕФОРМИРОВАНИЙ РЕКИ КАМЧАТКИ

© 2021 г. С. Р. Чалов^а, А. С. Чалова^{а, *}, Д. И. Школьный^а

^аМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия

*e-mail: Aleksandra-1984@mail.ru

Поступила в редакцию 30.09.2019 г.

После доработки 02.10.2020 г.

Принята к публикации 22.12.2020 г.

Выполнена количественная оценка плановых переформирований 600-километрового участка широкопойменного русла р. Камчатки. На основе полуавтоматического ГИС-дешифрирования космических снимков (архив снимков с 1965 г. по настоящее время) установлено, что протяженность берегов, подверженных размыву, составляет 37% длины левого и 44% длины правого берега. Объем поступающего в результате русловых деформаций материала значительно превосходит сток наносов. Доля бассейновой составляющей оценивается в 45%, русловой – в 55%. Вниз по течению реки по мере снижения уклонов русла уменьшаются темпы размыва берегов. Количественный анализ и прогноз плановых переформирований участка реки требует дифференцированной оценки для разных морфодинамических типов русла, с учетом особенностей русловых процессов на вышележащих участках. Обсуждаются полученные прогностические уравнения размыва берегов для меандрирующего русла и пойменно-русловой многорукавности р. Камчатки.

Ключевые слова: размывы берегов, плановые переформирования, сток наносов, геоинформационные системы, река Камчатка, Камчатский край

DOI: 10.31857/S2587556621020035

ВВЕДЕНИЕ

Одним из актуальных вопросов изучения русловых процессов остается выработка надежной системы количественного прогнозирования размывов берегов (горизонтальных русловых деформаций). Она необходима при проектировании гидротехнических сооружений, разработке схем защиты населенных пунктов и хозяйственной инфраструктуры от воздействия речных вод. Действующий методический аппарат либо основывается на использовании данных по рекам-аналогам (СТО ГУ ГГИ 08.29-2009), либо на инерционном прогнозе по данным ретроспективного анализа русловых процессов. В этой связи детальные оценки плановых переформирований приобретают особую значимость. Они используются и для выработки численных моделей размыва берегов, которые часто рассматривают скорость береговой эрозии как функцию морфометрических характеристик русла (например, отношения радиуса кривизны излучины r к ширине русла w). В отечественной литературе широко известны зависимости скорости смещения берегов от показателя степени развитости излучин l/L , где l – длина и L – шаг излучины (Кондратьев, 1982; Маккавеев, 1955). Модели размыва берегов, основанные на прямых

соотношениях с определяющими факторами – водностью (Беркович, Власов, 1982), уклонами русла (Опасные..., 2014), морфометрическими характеристиками русла (Dai et al., 2018; Hickin, Nanson, 1983) и др. – часто плохо отражают реальные схемы плановых переформирований, что связано в первую очередь с их применимостью исключительно к меандрирующим рекам. Детальных оценок количественных переформирований и объемов поступления наносов от размывов берегов, дифференцированных по морфодинамическим типам русла, крайне мало, а существующие оценки (Lehotský et al., 2018; Mandarino et al., 2018) характеризуют ограниченный набор типов рек и природных условий. Многие речные системы и типы русел до настоящего времени не изучены с точки зрения интенсивности и временной изменчивости русловых деформаций, что и является препятствием для выработки надежной системы прогнозирования горизонтальных деформаций.

К недостаточно изученным объектам относятся крупные реки Камчатского края, где вопросы количественной оценки русловых переформирований неустойчивых русел рек, к которым здесь относятся в первую очередь пойменно-русловые разветвления, практически не рассматривались (Ермакова, 2009; Завадский и др., 2015). В целом

МЕТОДЫ

это характерно для вулканических районов и других регионов (Woolfe, Purdon, 1996). Характерные типы переформирований пойменно-русловых разветвлений (прорывы поймы, перераспределение расходов воды между рукавами, приводящее к последовательной интенсификации размывов берегов в разных рукавах) плохо согласуются с известными теоретическими (критериальными) подходами к оценке устойчивости русла (Чалов, 2008). Именно эти типы русла вместе со свободными излучинами преобладают по длине крупнейшей водной артерии Камчатского полуострова – р. Камчатка. Здесь находится большое количество населенных пунктов, в которых наблюдается или прогнозируется катастрофическая ситуация, связанная с размывом берегов. В поселке Долиновка (численность населения – 315 чел., 2010 г.) в результате интенсификации размыва излучины р. Камчатка за последние 20 лет было смыто 30% территории. Частичные разрушения наблюдаются в селах Майское и Кирганик. В результате разрушения берега были полностью оставлены села Красный Яр, Крахча, Машура, совхоз Макарка и большое количество небольших населенных пунктов и заимок. Постоянного переноса требуют транспортные коммуникации и переправы, от которых во многом зависит жизнедеятельность поселений. Указанные проявления размывов берегов делают задачу изучения плановых переформирований р. Камчатка исключительно актуальной. Для ее достижения, с учетом распространения пойменно-русловых разветвлений, требуется специальный аппарат оценки, основанный на ГИС-анализе совмещенных планов русла, восстановленных по доступным космическим снимкам и картографическим ресурсам (Lehotský et al., 2018), что значительно расширяет возможности руслового анализа по сравнению с традиционными методами (Чалов, 2006). Выявление связей полученных параметров разветвленного русла с факторами русловых процессов определяет возможность количественного прогнозирования переформирований неустойчивых русел.

В работе проведена оценка темпов и факторов плановых переформирований р. Камчатка. Для этого обоснована классификация морфодинамических типов русла этой реки и дана характеристика их пространственной (продольной) изменчивости. Для каждого выделенного типа русла проведен количественный анализ темпов размыва берегов на основе ретроспективного ГИС-анализа и выполнены дифференцированные по типам русла расчеты темпов плановых переформирований и закономерностей их развития. Полученные результаты использованы для оценки вклада русловой эрозии в сток наносов, а также апробации существующих моделей размыва берегов и обоснования их применимости к различным типам русла.

Анализируется участок долины реки длиной 583 км от с. Шаромы (ПК 1), выше которого русло имеет полугорный характер. Нижней границей выбран участок подхода реки к хребту Кумроч (Камчатские Щёки, ПК 583) (рис. 1), где происходит резкое сужение долины, смена широкопойменного разветвленного русла на врезанное прямолинейное. Ниже по течению уже располагается устьевая область реки.

Оценка русловой эрозии производилась путем сопоставления контуров русла по привязанным снимкам 1964–1975 гг. программы KeyHole и современным (2012–2018 гг.) снимкам Quickbird, Worldview и Spot. Благодаря этому удалось расширить период сопоставления до 50 лет и в результате получить комплексную оценку переформирований вне зависимости от периодов водности и отдельных импактных событий (в частности, извержений вулканов или циклов прорыва излучин). На исследуемом участке долины р. Камчатка было выявлено 635 участков размыва русла – отступления береговой линии. Для количественной оценки трансформации пойменно-русловых разветвлений был разработан метод индикации плановых переформирований (ИПП), основанный на расчете площадей зон размыва (F_3 , м²), намыва (F_2 , м²) и неизменившегося русла (F_1 , м²). Для анализа больших по протяженности и площади участков русла реки использовались методы полуавтоматического дешифрирования, основанные на подборе комбинаций каналов мультиспектральных снимков и классификации с обучением. Все спутниковые данные – как снимки за период 1964–1975 гг., так и современные – привязывались в программном комплексе ESRI ArcGIS к пространственной основе по как минимум 20 контрольным точкам. Все спутниковые данные были приведены к единой системе координат.

Любой участок русла (речной долины) представлялся состоящим из трех участков (рис. 2): 1 – неизменившееся русло, соответствующее границам русла, сохранившимся в исследуемый отрезок времени; 2 – область образования новой поймы, сформировавшейся за исследуемый период вследствие деформаций (смещений) русла; 3 – область размыва, соответствующая части поймы, уничтоженной за исследуемый период в ходе русловых деформаций и смещений русла.

Полученные параметры использованы для оценки скорости размыва берегов в пределах зоны размыва. Для этого площадь размываемого берега F_3 соотносилась с длиной зоны размыва L



Рис. 1. Исследуемый участок р. Камчатки. Гидрологические посты: Верхне-Камчатск, Козыревск, Ключи, Большие Шёки.

(см. рис. 2), что позволяло определить его среднюю ширину:

$$B = \frac{L}{F}. \quad (1)$$

При делении получившегося значения на количество лет n между съемками получены скорости размыва берега за период (3):

$$C_{\text{факт}} = \frac{B}{n}. \quad (2)$$

Это значение характеризует среднюю скорость размыва берега за интервал времени. Сопоставление этих данных с высотой пойменного массива H (м), рассчитываемой относительно средней глу-

бины русла в створе размыва, позволяет определить объем русловых отложений, поступивших в русло реки в результате размыва берегов (M , м³/год):

$$M = C_{\text{факт}} HL. \quad (3)$$

Для оценки стока наносов, поступающего за счет размыва берегов (Wr , т/год), использовалась плотность пойменных отложений 1470 кг/м³, установленная ранее для грунтов, слагающих поймы камчатских рек (Опасные..., 2014; Школьный и др., 2018).

Значения высот берегов получены с использованием цифровой модели рельефа ArcticDEM (<https://www.pgc.umn.edu/data/arcticdem/>) вручную путем построения поперечных профилей в

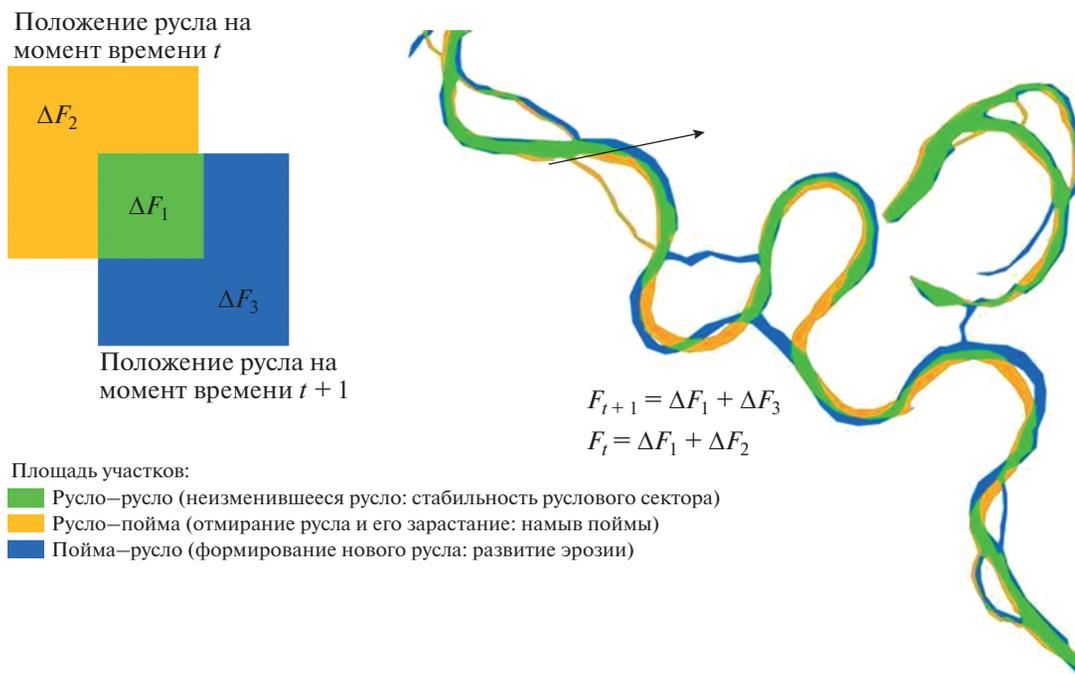


Рис. 2. Метод индикации плановых переформирований для расчета параметров эволюции участков пойменно-руслового комплекса разветвленной реки.

створах наибольшего размыва на выделенных участках, снятия абсолютного значения высоты берегового уступа и вычитания соответствующей данному пикету высоты уреза воды, принятого по анализу SRTM. Несмотря на значительную погрешность, возникающую при применении данной методики, более точные результаты (для существующих в настоящее время моделей рельефа) возможны только при детальном анализе каждой ячейки-источника съемочной миссии, водного режима на дату съемки и требуют значительных объемов наземной верификации (Hickin, Nanson, 1983). В то же время полученные значения относительной высоты берегов для обследованных участков в районе населенных пунктов соответствуют измеренным превышениям бровок над урезами воды на спаде половодья с расхождением до 0.7 м.

Уклоны русла р. Камчатки были получены с использованием цифровой модели рельефа SRTM GL1 v3 (NASA JPL, 2013), показавшей наиболее корректное определение положения гидрографической сети в рельефе для данной территории по сравнению с другими моделями рельефа (ASTER, GTOPO, ArcticDEM). По модели рельефа была построена гидрографическая сеть, затем она разбивалась на пикеты с дискретностью 100 м, для которых были получены абсолютные отметки высоты. Значения уклона рассчитывались путем получения скользящего среднего из ряда значений высот.

Полученные значения о скоростях размыва берегов сравнивались со значениями, рассчитанными по моделям размыва, получившим наиболее широкое применение в практике руслового анализа. Использованы расчеты скоростей размыва берегов по формуле К.М. Берковича (Беркович, Власов, 1982):

$$C_{\text{расч}} = K(Q^2 I / d H_6), \quad (4)$$

где $C_{\text{расч}}$ – скорость размыва берегов, Q – расход воды, I – уклон русла, d – крупность руслообразующих наносов, H_6 – высота размываемого берега, K – коэффициент с размерностью $(\text{м}^3/\text{с})^{-1}$, изменяющийся в пределах от 6.0×10^{-3} до 0.8×10^{-5} в зависимости от водности реки. Значения средних расходов воды, используемых в формулах для расчета скоростей размыва берегов, получены по данным многолетних наблюдения на пяти гидрологических постах р. Камчатки в пределах исследуемого участка (Верхне-Камчатск, Долиновка, Лазо, Козыревск, Ключи). Период наблюдения на постах варьирует от 40 до 70 лет, за последние 15 лет данные о средних многолетних расходах воды имеются только по двум постам – Верхне-Камчатск и Козыревск, по г/п Ключи имеются данные до 2006 г. Интерполяция изменений расходов воды по длине реки между гидрологическими постами осуществлялась с использованием зависимости расхода воды (Q) от порядка реки по системе Шайдеггера (N) – $Q_{\text{ср}} = ae^{bN}$, где a и b – региональные коэффициенты (Алексе-

Таблица 1. Последовательная смена морфодинамических типов русла р. Камчатки и соответствующие им морфологические характеристики

№	ПК, км	Морфодинамический тип русла	Ширина пояса руслоформирования	Уклон русла
1	14–76	Меандрирующее русло с русловыми и пойменными разветвлениями	2050	0.75
2	76–102	Пойменно-русловая многорукавность	1430–1700	0.50
3	102–133	Меандрирующее русло с русловыми и пойменными разветвлениями	2200	0.58
4	133–402	Меандрирующее русло	5500	0.27
5	402–513	Разветвленно-меандрирующее русло	2000	0.13
6	513–583	Пойменно-русловая многорукавность	1300–2500	0.01

евский и др., 2004; Ермакова, 2009). Погрешность расчетов оценивалась по формуле:

$$\Delta = \frac{C_{\text{факт}} - C_{\text{расч}}}{C_{\text{факт}}} (\%) \quad (5)$$

На нижнем участке, по современным данным (Фролова и др., 2014), среднегодовой расход воды составляет $Q = 892 \text{ м}^3/\text{с}$ (г/п Большие Щёки). Расчетные значения расходов воды привязывались к имеющимся данным наблюдений за стоком взвешенных наносов по постам Козыревск и Большие Щёки, находящимся соответственно в нижней части и ниже исследуемого участка (см. рис. 1). Среднегодовое годовое количество взвешенных наносов W_R был рассчитан по графикам связи $W_R = f(S)$, где S – мутность воды, и составил 2.2 млн т/год (Школьный и др., 2018). Расчеты Л.В. Куксиной (Kuksina, Alexeevsky, 2014) показывают, что доля влекомых наносов W_G в суммарном стоке р. Камчатки составляет 14%. Таким образом, суммарный сток наносов W равен 2.5 млн т/год. Период относительно повышенного стока, отмечаемый для начала восьмидесятых годов, сменился на период пониженного стока, характерный для 1980–2005 гг. В последние годы снова наметился рост расхода воды, при этом в целом расходы воды однородны (Фролова и др., 2014). По разностно-интегральным кривым учитывалось, что в исследуемый период (с 1960-х годов) наблюдается повышение стока наносов (Школьный и др., 2018; Kuksina, Alexeevsky, 2014).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Морфодинамические типы русла. Река Камчатка на протяжении порядка 650 км течет по Центрально-Камчатской равнине; ее русло становится равнинным ниже с. Шаромы (655 км от устья, при общей длине реки 758 км). По длине реки выделяется 6 морфологически однородных участков, соответствующих разным типам русла (табл. 1). В условиях больших уклонов формируются меанд-

рирующие неразветвленные русла, напротив, при снижении уклонов происходит некоторое распластывание потока, сопровождающееся формированием разветвлений – 2-й участок (ПК 76–102). Максимальные значения ширины пояса руслоформирования (до 5–6 км) характерны для 4-го участка (ПК 133–402), в пределах которого река имеет исключительно меандрирующее русло.

Основным морфодинамическим типом русла является свободное меандрирование, протяженность участков меандрирующего равнинного русла составляет более 65% длины реки. Встречаются излучины от пологих сегментных ($l/L < 1.4$) до крутых омеговидных ($l/L > 2.0$). В пределах каждой серии степень развитости излучин возрастает вниз по течению, что соответствует общим представлениям о развитии излучин (Чалов, 2011). Высокие показатели степени развитости излучин на р. Камчатке обусловлены наличием высокой, редко затопляемой поймы, а также распространением густой пойменной растительности. Оба эти условия препятствуют образованию спрямлений при прохождении высоких расходов воды; излучины постепенно искривляются, достигая стадии петлеобразных, спрямление их происходит путем встречного размыва берегов на крыльях. Постепенное увеличение водоносности реки вниз по течению находит отражение в увеличении средних значений параметров излучин (табл. 2).

Разветвленные русла распространены на локальных участках реки. Развитие пойменных разветвлений связано с особенностями формирования и функционирования пойменного потока в период повышенной водности. На одних участках расходы высоких паводков и половодья проходят в бровках поймы, что не способствует формированию пойменных проток (р. Камчатка – с. Лазо). На других участках половодный поток, растекаясь по широкой, до нескольких километров, пойме, имеет очень малую глубину (р. Камчатка – с. Долиновка, п. Козыревск) (Ермакова, 2009).

Таблица 2. Изменение средних значений параметров излучин по длине р. Камчатки

ПК	Участок	Параметры излучин, м				Порядок реки $N_{ш}$
		длина, l	шаг, L	радиус кривизны, r	стрела прогиба, h	
28–34	Ниже с. Шаромы	980	400	250	340	9.72
102–110	Выше устья р. Кирганик	1650	1050	660	650	10.6
169–177	с. Долиновка	1850	1000	670	670	11.6
296–307	с. Лазо	1900	1050	670	690	12.2
296–404	с. Козыревск	2390	1210	730	850	12.9

Разветвления отличаются по генезису. Если в верхнем течении участок разветвленного русла связан с остановкой крупнообломочного материала, выносимого из горной области (ПК 76–102), то в нижнем течении р. Камчатки, в зоне современного вулканизма, значительная водность и преимущественно аккумулятивная деятельность реки способствуют образованию разветвленного русла. Ниже впадения р. Козыревки (368 ПК) количество разветвлений значительно возрастает, повсеместно распространены одиночные разветвления в пределах меандрирующего русла. В районе с. Ключи (532 ПК) на р. Камчатке формируется разветвленное русло, которое распространено вплоть до самого устья за исключением участка Камчатских Щёк, где река прорезает горный хребет и имеет врезанное прямолинейное русло.

В целом в пределах исследуемого участка разветвленное русло встречается: в начале участка, ниже с. Шаромы (ПК 0–14) – на протяжении 14 км, здесь русло еще имеет полугорный тип русловых процессов; в районе с. Мильково (ПК 76–102) – на протяжении 26 км; ниже впадения р. Козыревки и до впадения р. Еловки (ПК 402–515) – на протяжении 100 км участки разветвленного русла чередуются с разветвлено-извилистыми; ниже с. Ключи (ПК 532) и до нижней границы исследуемого участка – пойменно-русовая многорукавность распространена на протяжении 70 км.

На участках свободного меандрирования значительно распространены также одиночные разветвления, в особенности в нижней части исследуемого участка. Развитие одиночных русловых разветвлений и разветвленных участков при преобладании меандрирующего русла связано с протеканием реки через область активного вулканизма. На участке реки ниже 360 ПК правобережные притоки, крупнейшим из которых является р. Толбачик, привносят много наносов, которые впоследствии переотлагаются, образуя одиночные русловые разветвления.

Особенности размывов берегов. Общая площадь размываемых участков за период сопоставления (от 23 до 50 лет в зависимости от наличия снимков на участки реки) составила 23.5 км², что соответ-

ствует в среднем величине $\Delta F_3 = 670000$ м²/год. Протяженность берега, подверженного размыву, составляет 37% длины левого и 44% длины правого. В результате размыва берегов на участке Центрально-Камчатской равнины в русло поступают около 3.5 млн т/год. В отдельные годы эта величина может увеличиваться до 4–4.5 млн т/год в результате прорыва излучин. Таким образом, редуция стока наносов руслового происхождения ($k = Wp/W$) составляет $k = 2$, т.е. не менее половины материала, поступающего за счет размыва берегов, аккумулируется в русле, а в периоды повышенного стока – на пойме. По имеющимся наблюдениям (Махинов, 2006), именно переотложение на поверхности поймы играет определяющую роль в балансе наносов равнинных рек. С учетом того, что бассейновая составляющая стока наносов для нижнего течения р. Камчатки оценивается величиной около 1.2 млн т (Школьный и др., 2018), доля бассейновой составляющей оценивается в 45%, а русловой – в 55%.

По длине реки размывы вершин излучин определяют 69% от общего объема материала, поступающего за счет эрозии берегов. Вклад размывов островов и берегов относительно прямолинейных участков оценивается в 18%. В результате прорывов излучин формируются оставшиеся 13% продуктов русловой эрозии. При этом формирование только одного прорыва излучины (за 1 год) может приводить к поступлению количества наносов, превышающего аналогичные за весь период развития этой излучины. Например, после произошедшего в 1993 г. прорыва излучины, приведшего к полному исчезновению покинутого с. Машура, в русло одновременно поступило до $Wp = 1029000$ т материала, что составляет около 46% годового стока наносов ($Wp/W = 0.5$).

Пространственные закономерности размыва берегов следует рассматривать в двух масштабах: продольного профиля реки (мелкий масштаб) и отдельных морфологически однородных участков (крупный масштаб). В продольном профиле реки наблюдается соответствие уклона русла и темпов деформаций: максимальные скорости размывов наблюдаются в верховьях и уменьшаются вниз по течению вместе с уклонами. Снижение

Таблица 3. Темпы размыва берегов в зависимости от типов русла р. Камчатки

ПК, км	Морфодинамический тип русла	Величина размыва берегов, м/год		
		Средняя	Макс.	Ср. макс.
14–76	Меандрирующее русло, с русловыми и пойменными разветвлениями	1.00	11.7	1.76
76–102	Пойменно-русловая многорукавность	3.80	15.8	6.06
102–133	Меандрирующее русло, с русловыми и пойменными разветвлениями	1.80	6.27	2.85
133–402	Меандрирующее русло	1.15	7.90	1.94
402–513	Разветвленно-меандрирующее русло	0.50	4.30	0.95
513–583	Пойменно-русловая многорукавность	0.60	6.15	1.19

темпов размыва берегов в продольном континууме реки наблюдается на фоне увеличения водности реки и снижения крупности руслоформирующих и пойменных отложений, на р. Камчатке особенно ярко выраженных в связи с вхождением долины реки в область активного современного вулканизма.

На этом фоне в более крупном масштабе наблюдается трансформация интенсивности размыва берегов в связи со сменой морфодинамических типов русла (табл. 3). Верхний рассматриваемый участок реки (ПК 14–76) характеризуется максимальными уклонами и меандрирующим руслом при относительно невысоких темпах размыва берегов, что связано с транзитным режимом выноса материала при относительно малом размере реки. Максимальные размывы (в среднем в вершинах излучин от 9 до 16 м/год, рис. 3) характерны для участка реки от с. Мильково (ПК 80) до устья р. Кирганик (ПК 110). На этом участке ши-

рокопойменное извилистое русло реки разветвляется на рукава и становится разветвленно-меандрирующим. Формирование этого типа русла является характерным для полугорных рек при выходе из горной области, где происходит массовая аккумуляция поступающего материала и соответствующее ему увеличение неустойчивости русла. При этом уклоны русла здесь остаются довольно высокими по сравнению с нижележащими участками: 0.8–1.2 м/км.

Ниже по течению уклоны уменьшаются до 0.4–0.6 м/км. В пределах неразветвленного участка среднего течения р. Камчатки (134–402 ПК) темпы размывов берегов значительно ниже (2–7 м/год). Здесь же расположены участки максимального поступления в реку наносов пирокластического происхождения при впадении притоков, дренирующих склоны активных вулканов Ключевской группы и Шивелуча (Школьный и др., 2018; Kuksina, Alexeevsky, 2014).

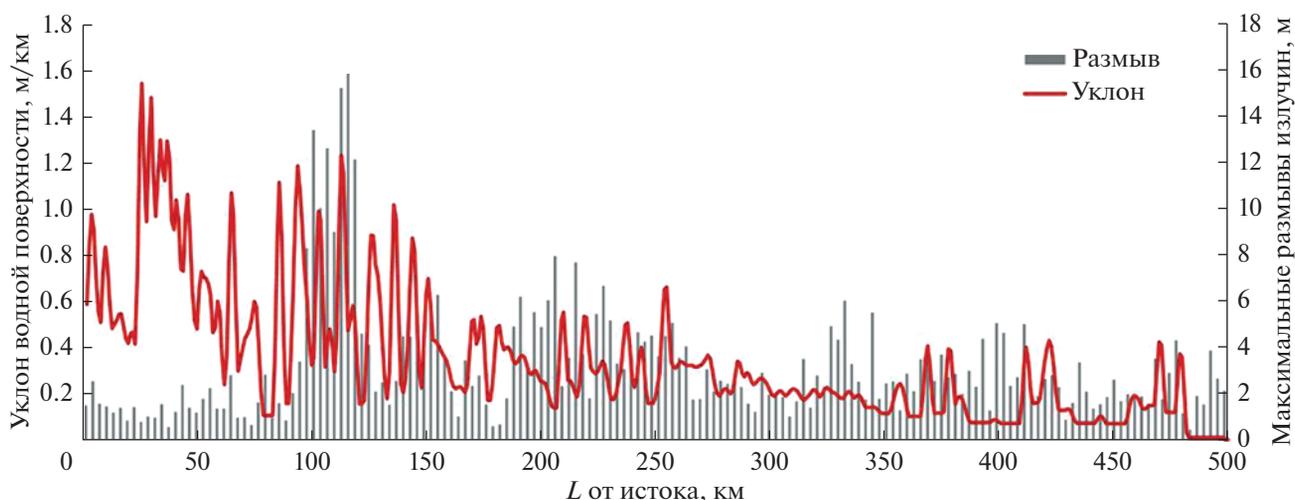


Рис. 3. Максимальные размывы берегов и уклон водной поверхности по длине р. Камчатки.
Примечание: Уклоны водной поверхности по данным SRTM GL3.

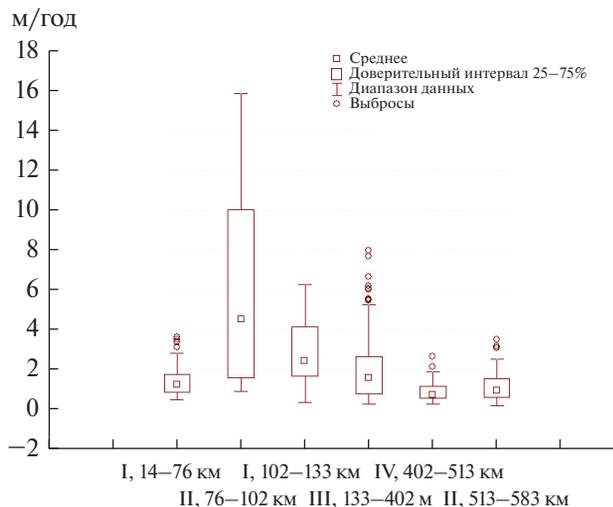


Рис. 4. Значения размывов берегов (м/год) в пределах разных типов русла р. Камчатки (I – меандрирующее русло с одиночными русловыми и пойменными разветвлениями, II – пойменно-русловая многорукавность, III – меандрирующее русло, IV – разветвлено-меандрирующее русло).

Темпы размывов дифференцируются по типам русла (рис. 4), однако по длине реки эти закономерности нивелируются за счет изменения геолого-геоморфологических факторов, изменения водности и уклонов русла. На участке развития пойменно-русловой многорукавности (ПК 76–102 км) отмечается максимальный диапазон значений размывов берегов – в пределах доверительного интервала 25–75% его величина изменяется от 0.8 до 10 м/год. Одновременно самые низкие темпы размывов характерны также для разветвленного русла, но расположенного в нижнем течении р. Камчатки (ПК 402–583). Одной из причин высоких темпов переформирования в пределах разветвленного русла являются экстремальные непериодические плановые переформирования, в частности произошедшие в результате указанного прорыва излучины в 1993 г. на р. Камчатки возле заброшенного с. Машура. Это привело к обширной аккумуляции материала ниже на участке, проявляющейся в подъеме уровня дна, формировании обширных аккумулятивных форм и в итоге ведущей к ускорению размыва берегов ниже прорыва, сохраняющемуся до настоящего времени – до 21 м/год (15% от ширины реки на участке). Подобные темпы деформаций, а также непредсказуемость и скорость их развития позволяют отнести такие явления к экстремальным проявлениям русловых процессов (Чалов, Школьный, 2018). Следует отметить, что подобный механизм в целом характерен для равнинных широкопойменных рек. Например, на сходного размера р. Вайбаш (США) (Zinger et al., 2011) (средний годовой расход воды 881 м³/с) в результате прорыва

излучины в 2009–2010 гг. за 26 мес. развития спрямления в русло поступил объем наносов, сопоставимый с аналогичной величиной за период с 1938 по 2006 г.

Совершенно другой генезис разветвлений нижнего течения реки, где основным фактором их формирования является размер реки и разделение единого потока на динамические оси, что определяет значительно более стабильный режим переформирования разветвленного русла в этой зоне. Для данного участка характерно сужение дна долины, русло реки располагается преимущественно под правым берегом, ширина руслоформирования снижается до 2 км (для сравнения, выше по течению на участке распространения меандрирующего русла ее величина составляет 5–5.5 км, см. табл. 1). В продольном профиле разветвления в нижнем течении реки не являются участками максимальных размывов берегов.

Подобный режим отражает саморегулирующий характер развития морфодинамических типов русла: избыточное поступление материала за счет наличия источников в бассейне или размыва на вышерасположенных участках реки приводит к активной аккумуляции и формированию разветвленного русла, что, в свою очередь, является причиной интенсификации размыва берегов. Рассредоточение потока по рукавам в условиях свободного развития русловых деформаций и высоких уклонов водной поверхности является причиной дополнительной интенсификации размывов берегов и русловых переформирований. Ниже по течению по мере снижения объема перемещаемого в русло материала за счет аккумуляции разветвленный тип русла постепенно утрачивается. Разовое (экстремальное) поступление большого объема материала в результате прорыва одной только излучины приводит к многократному перераспределению материала на нижерасположенных участках реки. Аналогично, местные источники поступления материала, связанные с притоками, определяют формирование локальных максимумов размыва берегов ниже впадения рр. Кирганик, Большая Кимитина, Щапина (ПК 110, 160, 267 км, соответственно) (см. рис. 3).

Прогнозирование темпов размывов берегов. Проведена оценка адекватности существующих моделей размыва, применяемых в практике русловых изысканий. Полученные результаты свидетельствуют о том, что использование эмпирических формул для расчета скоростей размыва берегов часто не позволяет получить достоверные результаты. Так, в формулах О.М. Паховой (2001) скорость размыва берегов рассчитывается как функция уклона водной поверхности реки. Результаты, полученные по данным формулам, оказались в основном сильно завышенными по

Таблица 4. Погрешность расчета размыва излучин для разных типов русла по длине р. Камчатки

ПК, км	Морфодинамический тип русла	Величина размыва берегов, м/год		Δ (%)*
		фактическая	по формуле Берковича	
При использовании данных о крупности русловых отложений на участке по постам УГМС				
14–76	Меандрирующее, с русловыми и пойменными разветвлениями	1.05	0.17	+84
76–102	Пойменно-русловая многорукавность	3.81	0.50	+87
102–133	Меандрирующее, с русловыми и пойменными разветвлениями	1.75	1.15	+35
133–402	Меандрирующее	1.15	2.46	<–100
402–513	Разветвленно-меандрирующее русло	0.50	4.01	<–699
513–583	Пойменно-русловая многорукавность	0.58	1.00	–71
При фактической оценке крупности русловых отложений на участке реки				
175	Меандрирующее	4.88	5.64	15.6
176		6.03	7.01	16.1
177		3.24	3.86	19.1

* По формуле (4): знак “+” соответствует занижению расчетных значений по сравнению с фактическими данными; знак “–” – завышению.

сравнению с фактическими данными. Ряд эмпирических формул, основанных на зависимости скоростей размыва берегов от морфометрических показателей русла (Hickin, Nanson, 1983), также не дает достоверных результатов в связи с отсутствием в формулах гидравлических характеристик (расхода воды, мощности потока), безусловно влияющих на интенсивность размыва.

Формула К.М. Берковича, выбранная в данной работе в качестве основной для расчета скоростей размыва берегов, сочетает в себе как морфометрические показатели русла (высота размываемого берега, крупность руслообразующих наносов), так и гидравлические характеристики потока (расход воды и уклон реки). Тем не менее, сопоставление полученных данных обнаруживает значительные отклонения рассчитанных значений от фактических – систематическое занижение значений в верхней части исследуемого участка и завышение – в средней и нижней частях (табл. 4).

Причины подобного несоответствия связаны с существованием ряда нехарактерных соотношений между факторами русловых процессов и режимом размыва берегов. Наиболее ярким примером в этой связи является тенденция на обратную зависимость максимальных размывов излучин от уклона водной поверхности для р. Камчатки (см. рис. 3), что связано с ведущей ролью морфодинамики русла в формировании размыва берегов. В частности, максимальные уклоны характерны для меандрирующего русла с одиночными русловыми и пойменными разветвлениями (участок 1,

14–76 км), отличающегося минимальными размывами берегов (см. рис. 4) в условиях меньшей водности потока. В ряде случаев максимальные уклоны приурочены к врезанным относительно стабильным излучинам. Наконец, в условиях распространения вулканических легкоразмываемых пород во многих случаях максимальные размывы наблюдаются на самых высоких берегах, что также не соответствует заложенным в формуле (4) закономерностям.

В целом обращает на себя внимание последовательная смена знака погрешности при движении вниз по течению, что объясняется снижением крупности материала (фактор d в формуле (4)). Отметим, что информация о крупности материала получена по нескольким точкам опробования по длине р. Камчатки (г/п Верхне-Камчатск, Долиновка, Лазо, Козыревск) и экстраполирована, что определяет высокую неопределенность используемых при расчете значений. Это позволяет сделать вывод о том, что использование нольмерных моделей размыва требует большого количества исходных данных, которые не могут быть получены на современном уровне развития мониторинговой сети наблюдений. Например, при использовании детальных данных о крупности материала, слагающего излучину р. Камчатки возле поселка Долиновка, расхождение между фактическими данными о темпах размыва берегов и рассчитанными по формуле (4) значительно ниже (табл. 4), чем при использовании данных УГМС. Таким образом, если привлекать данные экспедиционных исследований и лабораторного

анализа проб донных отложений, можно значительно снизить погрешность расчетов темпов размыва берегов.

Интегральным фактором интенсивности и режима переформирований следует рассматривать морфодинамические типы русла, что определяет необходимость дифференцированного (по типам русла) подхода к прогнозу размыва берегов. Был проведен анализ зависимости величины размыва берегов от расхода воды, уклона русла и высоты берегов. Использовалась модель множественной линейной регрессии, качество модели проверялось по коэффициенту детерминации R^2 , который является индикатором степени подгонки модели к данным (значение R^2 , близкое к 1, показывает, что модель объясняет почти всю изменчивость соответствующих переменных). Расчетные зависимости, отвечающие требованиям достоверности ($R^2 > 0.6$), получены только для двух верхних морфологически однородных участков – для меандрирующего русла (ПК 14–76):

$$C_6 = -2.41 - 0.36I - 0.06H_6 + 0.05Q \quad (6)$$

$$(R^2 = 0.67),$$

и пойменно-русловой многорукавности (ПК 76–102):

$$C_6 = 16.13 - 8.48I + 0.37H_6 - 0.06Q \quad (7)$$

$$(R^2 = 0.78).$$

Ниже по течению для всех морфодинамических типов русла коэффициент детерминации R^2 оказался менее 0.5. Это можно объяснить значительно меньшим диапазоном изменчивости уклонов русла и темпов размыва берегов в нижнем течении р. Камчатки, что снижает возможность построения регрессионных зависимостей в силу уменьшения чувствительности параметров. Возможно, определенное влияние на режим русловых деформаций в нижнем течении может оказывать избыточное поступление пирокластического материала, оказывающего влияние на морфологию и динамику отдельных участков рек. Неучет этого фактора приводит к снижению точности прогнозных моделей. В нижнем течении также возрастает роль геолого-геоморфологических условий. Аналогично, построение модели для всей выборки (635 участков размыва) без дифференциации на морфодинамические типы русла привело к неадекватным результатам ($R^2 = 0.32$).

Проверка воспроизводимости полученных моделей была выполнена на примере первого участка (ПК 14–76). Оценка параметров уравнения (6) проводилась для нечетных пикетажей. Далее по полученному уравнению оценивался размыв берегов для четных пикетажей, данные по которым использовались в качестве независимой выборки. Полученная погрешность моделирова-

ния по формуле (5) составила в среднем 47%, что почти в 2 раза улучшает воспроизведение размыва берегов по ранее предложенным общим формулам (см. табл. 4). Таким образом, система дифференцированной оценки параметров размыва берегов, основанная на обширном статистическом оценивании факторов размыва, представляется перспективным направлением прогнозирования русловых переформирований. Улучшение качества входных данных, параметризация других факторов размыва берегов (крупность русловых отложений, сток наносов, морфометрические параметры долины) позволят получить надежные прогнозные зависимости параметров размыва берегов. Уравнения (6) и (7) могут использоваться для прогноза на неизученных реках размыва берегов полугорных рек с меандрирующим и разветвленным типом русла соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интенсивность размыва берегов меняется по длине крупной реки и в пределах отдельных типов русла. Вниз по течению р. Камчатки по мере снижения уклонов русла наблюдается уменьшение интенсивности размыва берегов. Смена типов русла соответствует изменению характера плановых переформирований. Максимум интенсивности переформирований соответствует пойменно-русловым разветвлениям полугорного участка реки в верхней части продольного профиля. Важнейшим фактором размыва берегов на локальном участке реки является объем стока наносов с вышерасположенных участков.

Выявленные закономерности следует учитывать при планировании размещения хозяйственных объектов в долине р. Камчатки. Максимальные темпы размыва берегов, характерные для пойменно-русловой многорукавности, являются типичными для полуострова в целом (Опасные..., 2014), что требует исключения этих участков рек из хозяйственного использования. С другой стороны, исключительный (катастрофический) режим прорыва излучин и их экстремальное влияние на сток наносов определяют необходимость их заблаговременного прогнозирования. Количественный анализ и прогноз плановых переформирований участка реки предполагает учет режима русловых деформаций на вышерасположенных сегментах русла.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в НИР Лаборатории эрозии почв и русловых процессов: по гранту РНФ (проект № 18-17-00086; анализ русловых переформирований р. Камчатки, в частности, на участках разветвленного русла); по гранту РФФИ (проект № 18-05-00487; полевые ра-

боты и оценка опасных и экстремальных проявлений русловых процессов).

FUNDING

The study was supported by the Russian Science Foundation (project no. 18-17-00086; the analysis of channel changes of the Kamchatka River, in particular, on braided channel reaches); by Russian Foundation for Basic Research (project no. 18-05-00487; field study and estimation of hazard and extreme manifestations of channel processes).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеевский Н.И., Айбулатов Д.Н., Косицкий А.Г.* Масштабные эффекты изменения стока в русловой сети территории // География, общество и окружающая среда. Т. VI. Динамика и взаимодействия атмосферы и гидросферы. М.: Городец, 2004. С. 345–412.
- Беркович К.М., Власов Б.Н.* Особенности русловых процессов на реках Нечерноземной зоны РФ // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: География. 1982. № 3. С. 28–34.
- Ермакова А.С.* Русловые процессы на реках Камчатки: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2009. 25 с.
- Завадский А.С., Терский П.Н., Чалова А.С., Чалов С.Р., Школьный Д.И.* Условия формирования и опасные проявления русловых процессов на реках бассейна Авачи (полуостров Камчатка) // Эрозия почв и русловые процессы. Т. 19. М.: Географический факультет МГУ, 2015. С. 184–210.
- Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Смищенко Б.Ф.* Основы гидроморфологической теории руслового процесса. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 272 с.
- Маккавеев Н.И.* Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд. АН СССР, 1955. 343 с.
- Махинов А.Н.* Современное рельефообразование в условиях аллювиальной аккумуляции. Владивосток: Дальнаука, 2006. 231 с.
- Опасные русловые процессы и среда обитания лососевых рыб на Камчатке / под ред. С.Р. Чалова, В.Н. Лемана, А.С. Чаловой. М.: Изд-во ВНИРО, 2014. 240 с. ISBN 978-5-85382-402-7.
- Пахомова О.М.* Гидролого-морфодинамические характеристики русел рек и порядковая структура речной сети: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2001. 28 с.
- Фролова Н.Л., Становова А.В., Горин С.Л.* Режим стока воды в нижнем течении реки Камчатки и его многолетняя изменчивость // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2014. Вып. 32. С. 73–78.
- Чалов С.С.* Русловедение: теория, география, практика. Т. 1. Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: Издательство ЛКИ, 2008. 608 с.
- Чалов С.С.* Русловедение: теория, география, практика. Т. 2. Морфодинамика речных русел. М.: Изд-во “Красанд”, 2011. 960 с.
- Чалов С.С., Школьный Д.И.* Экстремальные и специфические проявления русловых процессов: основные понятия, классификации, критерии оценки // Изв. РАН. Сер. геогр. 2018. № 1. С. 31–41.
- Чалов С.Р.* Формирование структуры русловых разветвлений // Геоморфология. 2006. № 1. С. 92–102.
- Школьный Д.И., Цыпленков А.С., Рахимов Р.А.* Генетический анализ стока наносов реки Камчатка // Тридцать третье Межвузовское пленарное совещание по проблемам эрозионных, русловых и устьевых процессов (Доклады и краткие сообщения). Нижневартковский государственный университет, Нижневартковск, 2018. С. 169–172.
- ArcticDEM. <https://www.pgc.umn.edu/data/arcticdem/> (дата обращения 10.09.2018).
- Dai C., Durand M., Howat I.M., Altenau E.H., Pavelsky T.M.* Estimating river surface elevation from ArcticDEM // Geophys. Res. Lett. 2018. V. 45. № 7. p. 3107–3114.
- Hickin E.J., Nanson G.C.* Channel Migration and Incision on the Beatton River // J. Hydraul. Eng. 1983. V. 109. № 3. P. 327–337.
- Hickin E.J., Nanson G.C.* The character of channel migration on the Beatton River, Northeast British Columbia, Canada // Geol. Soc. Am. Bull. 1975. V. 86. № 4. P. 487–494. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1975\)86<487:TCOC-MO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1975)86<487:TCOC-MO>2.0.CO;2)
- Kuksina L.V., Alexeevsky N.I.* Spatial and temporal variability of suspended sediment yield in the Kamchatka Krai, Russian Federation // Sediment Dynamics from the Summit to the Sea. IAHS Publ., 2015. № 367. P. 304–311.
- Lehotský M., Rusnák M., Kidová A., Dudžák J.* Multitemporal assessment of coarse sediment connectivity along a braided-wandering river // Land Degrad. Dev. 2018. V. 29. № 4. P. 1249–1261. <https://doi.org/10.1002/ldr.287>
- Mandarino A., Maerker M., Firpo M.* Channel planform changes along the Scrivia River floodplain reach in northwest Italy from 1878 to 2016 // Quat. Res. 2018. V. 91. № 2. P. 1–18. <https://doi.org/10.1017/qua.2018.67>
- NASA JPL NASA Shuttle Radar Topography Mission Global 1 arc second [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC, 2013 (дата обращения 28.03.2018).
- Woolfe K.J., Purdon R.G.* Deposits of a rapidly eroding meandering river: Terrace cut and fill in the Taupo Volcanic Zone. New Zeal // J. Geol. Geophys. 1996. V. 39. P. 243–249. <https://doi.org/10.1080/00288306.1996.9514708>
- Zinger J.A., Rhoads B.L., Best J.L.* Extreme sediment pulses generated by bend cutoffs along a large meandering river // Nat. Geosci. 2011. V. 4. № 10. P. 675–678. <https://doi.org/10.1038/ngeo1260>

Quantitative Assessment of Channel Planform Changes of the Kamchatka River

S. R. Chalov¹, A. S. Chalova^{1,*}, and D. I. Shkolnyi¹

¹Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia

*e-mail: Aleksandra-1984@mail.ru

A quantitative assessment of channel planform changes on the 600-km channel of the Kamchatka River was carried out. Possibilities of semi-automatic GIS-interpretation of satellite images were used for retrospective analysis of such an extended section of a large river. It was estimated that 37% of the left bank length and 44% of the right bank length are eroded. The amount of material coming into the channel due to riverbanks erosion significantly exceeds the sediment runoff, which determines channel type and regime of channel changes. Processes of bank erosion vary on the scale of the longitudinal profile and different channel types. Downstream according to decrease of channel slope, a decrease of bank erosion intensity is observed. The most important factor of bank erosion on the river local section is the volume of material coming from the upstream sections. A quantitative analysis and forecast of planform changes of a river section requires a differential assessment for different morphodynamic channel types, taking into account characteristics of channel processes in the upstream river sections. The bank erosion prognostic equations obtained for the meandering channel and the floodplain-channel multiple branches of the Kamchatka River are discussed.

Keywords: bank erosion, planform changes, sediment yield, geoinformation systems, Kamchatka River, Kachatka krai

REFERENCES

- Alekseevskii N.I., Aibulatov D.N., Kositskii A.G. Large-scale effects of changes in the channel network runoff. In *Geografiya, obshchestvo i okruzhayushchaya sreda* [Geography, Society, and Environment]. Vol. 6: *Dinamika i vzaimodeistviya atmosfery i gidrosfery* [Dynamics and Interactions of Atmosphere and Hydrosphere]. Moscow: Gorodets Publ., 2004, pp. 345–412. (In Russ.).
- Berkovich K.M., Vlasov B.N. Features of channel processes in rivers of the Non-Chernozem zone of Russia. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 1982, no. 3, pp. 28–34. (In Russ.).
- Chalov R.S. *Ruslovedenie: teoriya, geografiya, praktika* [River Bed Science: Theory, Geography, Practice]. Vol. 1: *Ruslovye protsessy: faktory, mekhanizmy, formy proyavleniya i usloviya formirovaniya rechnykh rusel* [Channel Processes: Factors, Mechanisms, Forms of Manifestation and River Channels Formation Conditions]. Moscow: LKI Publ., 2008. 608 p.
- Chalov R.S. *Ruslovedenie: teoriya, geografiya, praktika* [River Bed Science: Theory, Geography, Practice]. Vol. 2: *Morfodinamika rechnykh rusel* [Morphodynamics of River Channels]. Moscow: Krasand Publ., 2011. 960 p.
- Chalov R.S., Shkolnyi D.I. Extreme and specific manifestations of channel processes: concepts, classifications, assessment criteria. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2018, no. 1, pp. 31–41. (In Russ.). doi 10.7868/S2587556618010034
- Chalov S.R. Formation of the braided channels structure. *Geomorfologiya*, 2006, no. 1, pp. 92–102. (In Russ.).
- Dai C., Durand M., Howat I.M., Altenau E.H., Pavelsky T.M. Estimating river surface elevation from ArcticDEM. *Geophys. Res. Lett.*, 2018, vol. 45, no. 7, pp. 3107–3114.
- Ermakova A.S. Channel processes on the Kamchatka peninsula rivers. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Moscow State Univ., 2009. 25 p.
- Frolova N.L., Stanovova A.V., Gorin S.L. Water flow regime in the lower Kamchatka River and its long-term variability. *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki i Severo-Zapad. Chasti Tikhogo Okeana*, 2014, no. 32, pp. 73–78. (In Russ.).
- Hickin E.J., Nanson G.C. Channel migration and incision on the Beatton River. *J. Hydraul. Eng.*, 1983, vol. 109, no. 3, pp. 327–337.
- Hickin E.J., Nanson G.C. The character of channel migration on the Beatton River, Northeast British Columbia, Canada. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1975, vol. 86, no. 4, pp. 487–494.
- Kondrat'ev N.E., Popov I.V., Snishchenko B.F. *Osnovy gidromorfologicheskoi teorii ruslovogo protsessa* [The Basics of Hydromorphological Theory of Channel Processes]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1982. 272 p.
- Kuksina L.V., Alexeevsky N.I. Spatial and temporal variability of suspended sediment yield in the Kamchatka Krai, Russian Federation. In *Sediment Dynamics from the Summit to the Sea*. IAHS Publ., 2015, pp. 304–311.
- Lehotský M., Rusnák M., Kidová A., Dudžák J. Multitemporal assessment of coarse sediment connectivity along a braided-wandering river. *Land Degrad. Dev.*, 2018, vol. 29, no. 4, pp. 1249–1261. doi 10.1002/ldr.287
- Makhinov A.N. *Sovremennoe rel'efoobrazovanie v usloviyakh allyuvial'noi akkumulyatsii* [Modern Terrain Evolution under Depositional Alluvial Patterns]. Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2006. 231 p.
- Makkaveev N.I. *Ruslo reki i eroziya v ee basseine* [River Channel and Erosion in Its Basin]. Moscow: AN SSSR, 1955. 343 p.
- Mandarino A., Maerker M., Firpo M. Channel planform changes along the Scrivia River floodplain reach in northwest Italy from 1878 to 2016. *Quat. Res.*, 2018, vol. 91, no. 2, pp. 620–637. doi 10.1017/qua.2018.67
- NASA JPL. *NASA Shuttle Radar Topography Mission Global 1 arc second* [Data set]. NASA EOSDIS Land Proces-

- ses DAAC, 2013 (accessed 28.03.2018). doi 10.5067/MEaSURES/SRTM/SRTMGL1.003
- Opasnye ruslovyie protsessy i sreda obitaniya lososevykh ryb na Kamchatke* [Channel Processes Hazards and Habitat of Salmon Fish on Kamchatka]. Chalov S.R., Leman V.N., Chalova A.S., Eds. Moscow: VNIRO, 2014. 240 p.
- Pakhomova O.M. Hydrological and morphodynamical characteristics of river channels and the order structure of the river network. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Moscow State Univ., 2001. 28 p.
- Porter C., Morin P., Howat I. et al. *ArcticDEM*. Harvard Dataverse, V1, 2018. doi 10.7910/DVN/OHHUKH
- Shkolnyi D.I., Tsyplenkov A.S., Rakhimov R.A. Genetic analysis of sediment flow of the Kamchatka River. In *Tridtsat' tret'e Mezhvuzovskoe plenarnoe soveshchanie po problemam erozionnykh, ruslovykh i ust'evykh protsessov* [33rd Interuniversity Plenary Meeting on Problems of Erosion, Channel and Wellhead (Estuarial) Processes]. Nizhnevartovsk: Nizhnevartovsk. Gos. Univ., 2018, pp. 169–172. (In Russ.).
- Woolfe K.J., Purdon R.G. Deposits of a rapidly eroding meandering river: Terrace cut and fill in the Taupo Volcanic Zone. *New Zealand J. Geol. Geophys.*, 1996, vol. 39, pp. 243–249. doi 10.1080/00288306.1996.9514708
- Zavadskii A.S., Terskii P.N., Chalova A.S., Chalov S.R., Shkolnyi D.I. Formation conditions and channel processes hazards in the Avacha river basin (Kamchatka peninsula). In *Eroziya pochv i ruslovyie protsessy* [Soil Erosion and Channel Processes]. Moscow: Geogr. Fakul'tet Mosk. Gos. Univ., vol. 19, pp. 184–210. (In Russ.).
- Zinger J.A., Rhoads B.L., Best J.L. Extreme sediment pulses generated by bend cutoffs along a large meandering river. *Nat. Geosci.*, 2011, vol. 4, no. 10, pp. 675–678. doi 10.1038/ngeo1260

УДК 574.591.9

ОЦЕНКА КЛИМАТОГЕННОЙ УГРОЗЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТАЕЖНОГО КЛЕЩА *Ixodes persulcatus* НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И СОСЕДНИХ СТРАН В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА

© 2021 г. И. О. Попов^{a, *}, С. М. Семенов^{a, b, c}, Е. Н. Попова^b

^aИнститут глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля, Москва, Россия

^bИнститут географии РАН, Москва, Россия

^cНациональный исследовательский университет “Высшая школа экономики”, Москва, Россия

*e-mail: igor_o_popov@mail.ru

Поступила в редакцию 28.05.2020 г.

После доработки 10.11.2020 г.

Принята к публикации 22.12.2020 г.

Дана модельная оценка и построены картосхемы пространственного распределения климатогенной угрозы распространения таежного клеща *Ixodes persulcatus* на территории России и ряда соседних стран в 1971–1980 и 2001–2010 гг. Оценка угрозы произведена с применением ранее разработанного оригинального метода, основанного на принципах статистического моделирования. Показаны закономерности пространственного распределения степени климатогенной угрозы развития популяций таежного клеща в пределах его климатического ареала. Продемонстрировано, что максимальная степень угрозы характеризует центральные части климатического ареала, а ближе к его границам угроза уменьшается. Рассчитаны изменения климатогенной угрозы распространения таежного клеща во втором периоде по отношению к первому и построены картосхемы пространственного распределения степени этих изменений. Установлено обусловленное изменением климата значительное повышение угрозы развития популяций таежного клеща во второй период по сравнению с первым на большей части ареала, в особенности – на севере. При этом в юго-западной части ареала и в некоторых других происходит снижение климатогенной угрозы распространения.

Ключевые слова: иксодовые клещи, *Ixodes persulcatus*, изменение климата, статистическое моделирование, последствия изменения климата, климатогенные угрозы, моделирование ареалов, изменения ареалов видов

DOI: 10.31857/S2587556621020138

ВВЕДЕНИЕ

Таежный клещ *Ixodes persulcatus* (Schulze, 1930) представляет собой кровососущего эктопаразита человека и позвоночных животных и является переносчиком возбудителей таких опасных заболеваний, как клещевой энцефалит, клещевые боррелиозы (болезнь Лайма), сальмонеллез, бабезиоз и др. (Таежный..., 1985; Labuda, Nuttal, 2008). Его ареал занимает огромную площадь Евразии и располагается на территориях России, Финляндии, Белоруссии, стран Балтии, Китая, Монголии, КНДР и Японии. Имеются его популяции в Карпатах и на Тянь-Шане (Филиппова, 1971; Таежный..., 1985; Estrada-Peña et al., 2013). Однако большая часть ареала находится в России.

Известно, что климат во многих случаях имеет решающее значение в определении границ распространения видов (Bonan, 2011; Gray et al., 2009; Shimel, 2013). Ранее авторами были идентифицированы климатические условия, опреде-

ляющие территорию распространения таежного клеща (Попов, 2016; Попов, Попова, 2020). Также было показано, что основным экологическим критерием – лимитирующим фактором, определяющим его ареал, является климат. Знание условий развития вида позволяет моделировать его климатический ареал в разных климатических ситуациях, соответствующих разным периодам прошлого или будущего, используя данные о фактических или модельных климатах.

В последние десятилетия, начиная с середины 1970-х годов, наблюдается изменение глобального климата, индуцирующее возникновение или же усиление ряда климатогенных угроз. Среди них – изменение территорий распространения важных или опасных для человека или его жизнедеятельности видов (Попов, 2016; Попова, Попов, 2019; McCarty, 2001; Shimel, 2013).

В связи с присоединением России в 2019 г. к Парижскому соглашению выявление климато-

генных угроз и адаптация к ним стали особенно актуальными, в том числе в работе национальных гидрометеослужб (Парижское..., 2015). Медицинская и ветеринарная значимость таежного клеща определяет важность оценки угроз расширения его ареала в условиях климатических изменений на территории России и соседних стран.

Установленные авторами климатические условия распространения таежного клеща позволили создавать детерминистические модели ареала, в которых для каждой единицы исследуемой территории дается бинарная оценка возможности распространения на ней вида — “входит в ареал” или “не входит в ареал” (Попов, 2016; Попов, Попова, 2020; Попова, Попов, 2019). Впоследствии авторами была разработана и апробирована методика, позволяющая оценивать и вероятность возникновения таких климатогенных угроз (Семенов и др., 2019, 2020), что является необходимым звеном в оценке рисков.

Цель настоящей работы — статистическая оценка климатогенных угроз изменения климатического ареала *I. persulcatus* на территории России и соседних стран в 2001–2010 гг. по сравнению с 1971–1980 гг. (начало интенсивного изменения глобального климата) на основе ранее идентифицированных климатических критериев устойчивого существования популяций в заданном локусе с применением указанной выше методики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ранее авторами были идентифицированы климатические условия распространения таежного клеща (Попов, 2016; Попов, Попова, 2020). Географический локус относится к его климатическому ареалу, если среднеянварская температура приземного воздуха в нем меньше -5°C , среднегодовая температура воздуха меньше 5.3°C , сумма активных температур воздуха при пороге 10°C больше $1340^{\circ}\text{C} \times \text{сут}$, годовая сумма осадков больше 339 мм.

Методика оценивания вероятности климатогенной угрозы распространения вида на исследуемой территории на основе бинарных моделей распространения (входит/не входит в климатический ареал) была изложена в работах (Семенов и др., 2019, 2020). Поэтому здесь приводится лишь ее краткое описание.

Основная идея методики заключается в оценке вероятности отнесения географического локуса к климатическому ареалу вида, исходя из свойств климата определенного периода времени. В качестве подобного периода возьмем десятилетие. Погодные условия в пределах заданного десятилетия могут год от года меняться (флуктуировать), и данный локус в разные годы может

быть то пригодным для обитания вида (обозначим вероятность этого события через p), то непригодным. Обозначим через p_0 пороговое значение для вероятности p , превышение которого означает отнесение локуса к ареалу, т.е. установившийся климат, соответствующий рассматриваемому десятилетию, допускает устойчивое существование рассматриваемого вида. В данной работе принято $p_0 = 0.5$.

В качестве вероятности возникновения климатогенной угрозы (т.е. распространения вида в данном локусе) в этой работе используется уровень достоверности P , на котором гипотезу $p < p_0$ можно отвергнуть, исходя из фактического числа k благоприятных для вида лет, реализовавшихся в рассматриваемое десятилетие. При этом считается, что при заданном p вероятностное распределение k описывается биномиальным законом.

Согласно терминологии, принятой в Межправительственной группе экспертов по изменению климата (МГЭИК) (Mastrandrea et al., 2010), вербальная характеристика вероятностей основывается на вероятности ошибки $\epsilon = 1 - P$: промежуток $(0.66, 1]$ соответствует категории “маловероятно”, $(0.33, 0.66]$ соответствует категории “столь же вероятно сколь нет” (для краткости — средневероятно), $(0.10, 0.33]$ — “вероятно”, $(0.01, 0.10]$ — “весьма вероятно”, $(0, 0.01]$ — “практически достоверно”.

В табл. 1 приведены рассчитанные значения k (из 10 лет), соответствующие этим категориям, для реализации климатогенной угрозы распространения клеща *I. persulcatus* в исследуемом локусе. Для значений k , приведенных во втором столбце таблицы (если их приведено несколько, то для всех указанных), вероятность возникновения климатической угрозы вербально характеризуется в соответствующей ячейке первого столбца таблицы.

В настоящей работе были исследованы угрозы распространения таежного клеща на территории России и ряда соседних стран в два периода времени: 1971–1980 гг., соответствующий началу интенсивного изменения глобального климата, и 2001–2010 гг., соответствующий началу XXI в.

В качестве источника данных по климату использовали базу метеоданных Climate Research Unit (CRU) Университета Восточной Англии (Harris et al., 2014), представляющую собой массив среднемесячных значений температуры и месячных сумм осадков, подготовленный авторитетным в этой области коллективом ученых. Фактически это данные метеорологических станций, приведенные к месячному масштабу времени (что позволяет избежать пропусков данных) и регулярной пространственной сетке $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$. Этот массив используется в оценочных докладах Межпра-

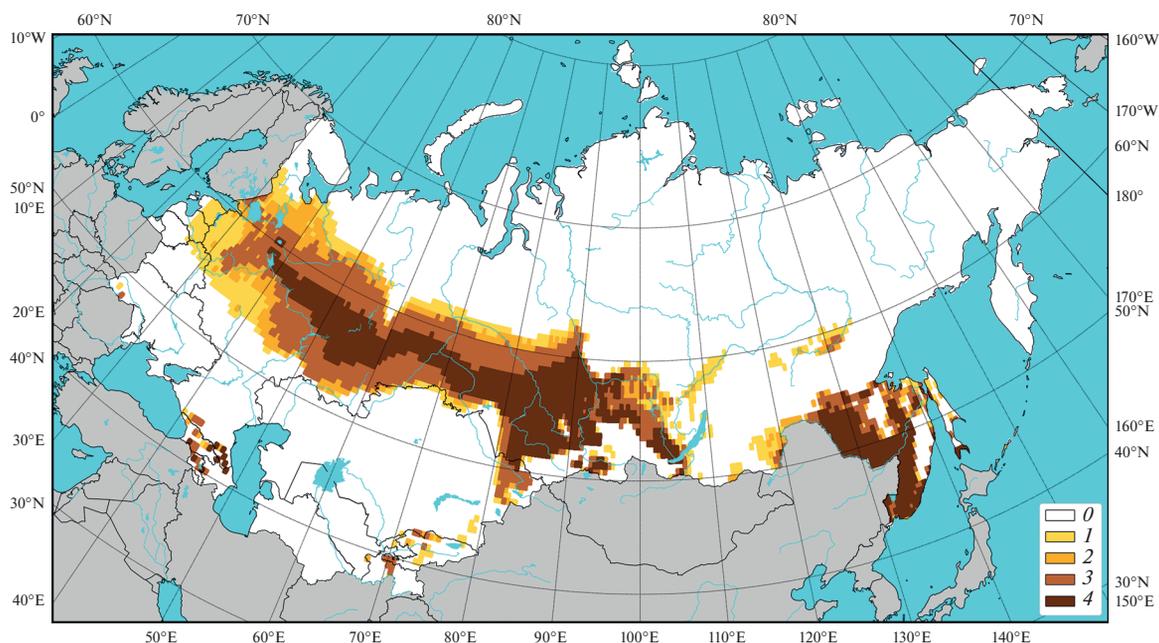


Рис. 1. Расчетная вероятность распространения таежного клеща *I. persulcatus* на территории России и соседних стран в 1971–1980 гг.

Примечание: 0 – маловероятно, 1 – средневероятно, 2 – вероятно, 3 – весьма вероятно, 4 – практически достоверно.

вительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК).

Расчет суммы активных температур за год требует рядов данных среднесуточной температуры. Конечно, для этого было бы эффективно использовать аналогичный массив данных не ежемесячно, а суточного разрешения. Однако подобных массивов, приведенных к регулярной пространственной сетке, в свободном доступе в климатических базах не имеется. Поэтому для их получения ступенчатая функция, принимающая в пределах каждого календарного месяца значение, равное среднемесячному, приближалась суммой начальных членов ее разложения в ряд Фурье (до гармоник с периодом в четверть года включительно).

Для изучения качества такой аппроксимации был использован массив климатических данных суточного разрешения, созданный и поддерживаемый Всероссийским научно-исследовательским институтом гидрометеорологической информации – Мировым центром данных (ВНИИГМИ-МЦД, <http://meteo.ru>). Из этого массива были выбраны данные о среднесуточной температуре с 546 метеорологических станций, расположенных на территории бывшего СССР. Эти станции расположены в широтном поясе 50°–65° с.ш.; долгота не превышала 100° в.д. Использовались лишь годы без пропусков данных. Для каждого такого года были рассчитаны среднемесячные значения

среднесуточной температуры. Затем по ним строили среднесуточные данные с помощью ряда Фурье. Далее для такого модельного ряда и для исходного ряда среднесуточных значений температуры, т.е. для результатов метеорологических наблюдений, рассчитывали сумму активных температур с порогом 10°C. Для большинства станций ошибка не превышала 20%.

Расчеты проводили с помощью программ, написанных на языке программирования Python 3. Процедуры интерполяции среднемесячных данных на среднесуточные и расчета ранга вероятности климатогенной угрозы были написаны на языке Фортран 77 и с помощью библиотеки `boost::python` для языка C++ преобразованы в бинарные модули для Python 3, что дало возможность запускать их из программ, написанных на этом языке.

На основании полученных результатов расчета вероятности климатогенной угрозы распространения *I. persulcatus* были созданы картосхемы, представленные на рис. 1 и 2. Для их создания использовали пакет электронного картографирования Basemap для языка программирования Python 3. Каждая пространственная ячейка закрашивалась цветом, соответствующим рангу вероятности климатогенной угрозы (см. табл. 1).

Для оценки изменения вероятности климатогенной угрозы распространения *I. persulcatus* в период 2001–2010 гг. по сравнению с периодом

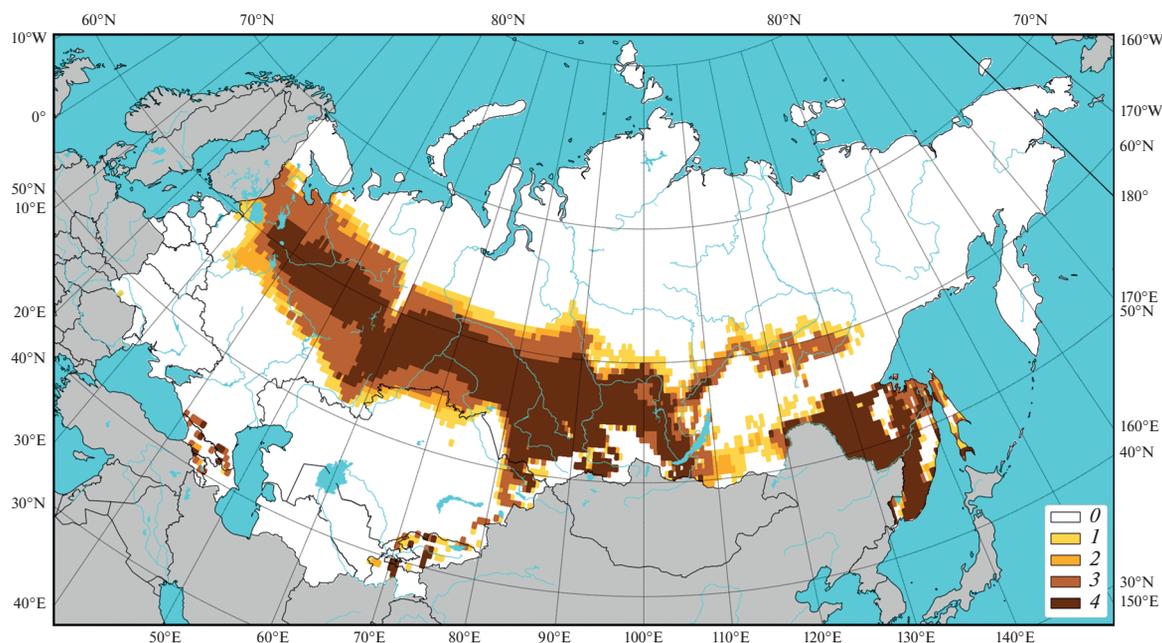


Рис. 2. Расчетная вероятность распространения таежного клеща *I. persulcatus* на территории России и соседних стран в 2001–2010 гг.

Примечание: 0 – маловероятно, 1 – средневероятно, 2 – вероятно, 3 – весьма вероятно, 4 – практически достоверно.

1971–1980 гг. применяли изменение ранга Δ – разность между рангом во второй период R_2 и рангом в первый период времени R_1 : $\Delta = R_2 - R_1$. Δ может принимать значения от -4 до 4 . Пространственное распределение Δ представлено на рис. 3.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Картограммы вероятностей распространения таежного клеща (см. рис. 1 и 2) показывают, что

Таблица 1. Характеризация вероятности возникновения климатогенной угрозы распространения *I. persulcatus* в географическом локусе, исходя из числа k благоприятных для вида лет за десятилетие

Вербальная характеристика вероятности климатогенной угрозы	Значение k	Ранг
Маловероятно	0–4	0
Средневероятно	5, 6	1
Вероятно	7	2
Весьма вероятно	8, 9	3
Практически достоверно	10	4

зоны наибольших климатогенных угроз располагаются в центре климатического ареала, а ближе к краям они уменьшаются. Эта закономерность соответствует общим представлениям об экологической структуре ареала, когда в его середине условия существования популяций ближе к оптимальным, нежели по краям, где снижается плотность и численность популяции, хуже условия для развития особей, в некоторых случаях скорость роста популяций имеет нулевое или отрицательное значение, а численность самих популяций поддерживается за счет миграции из внутренних областей ареала (Gaston, 2003).

Зоны низкой вероятности климатогенной угрозы (градации “средневероятно” и “вероятно”) в 2001–2010 гг. по сравнению с периодом 1971–1980 гг. становятся очень узкими, за исключением области в южной части Забайкалья (см. рис. 2).

Климатические изменения, происшедшие в последние десятилетия XX в. и в начале XXI в., отразились в изменении вероятности распространения таежного клеща по территории России и соседних стран. Это показывает как сравнительный анализ рис. 1 и 2, так и картограмма изменений рисков на рис. 3. Произошло сильное снижение вероятности климатогенной угрозы в юго-западной части климатического ареала. Распростране-

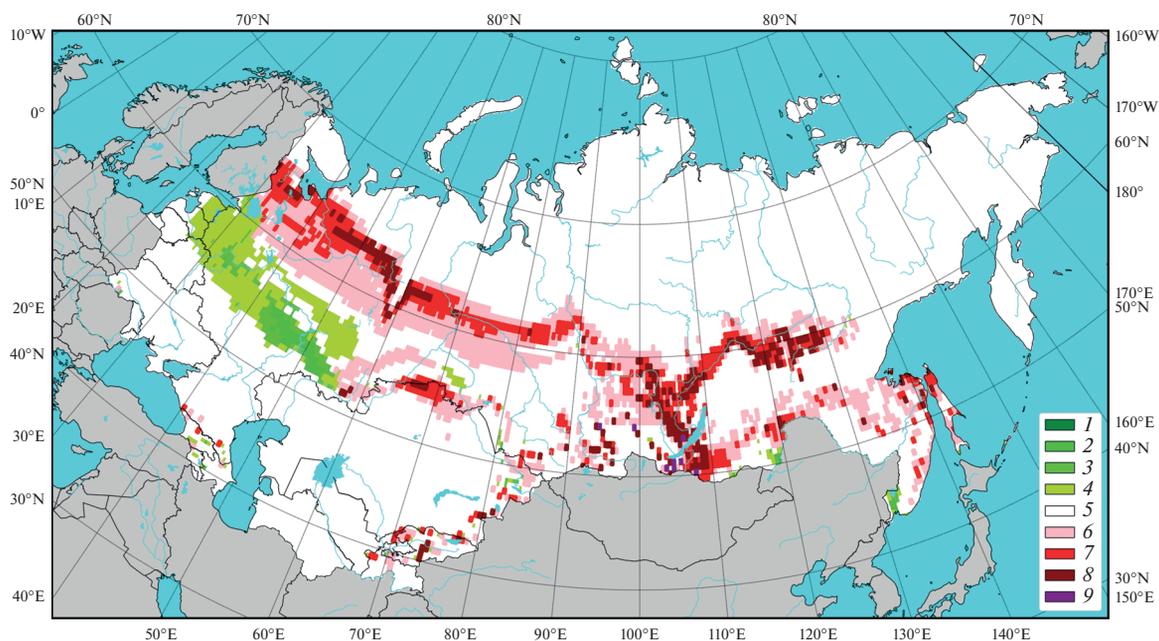


Рис. 3. Изменение (Δ) расчетной вероятности распространения таежного клеща *I. persulcatus* на территории России и соседних стран в 2001–2010 гг. по сравнению с 1971–1980 гг.

Примечание: 1 – очень сильное уменьшение ($\Delta = -4$), 2 – сильное уменьшение ($\Delta = -3$), 3 – среднее уменьшение ($\Delta = -2$), 4 – слабое уменьшение ($\Delta = -1$), 5 – изменение не выявлено ($\Delta = 0$), 6 – слабое увеличение ($\Delta = 1$), 7 – среднее увеличение ($\Delta = 2$), 8 – сильное увеличение ($\Delta = 3$), 9 – очень сильное увеличение ($\Delta = 4$).

ние клеща на севере Белоруссии, в странах Балтии, а также в западных и в некоторых центральных регионах России, где в период 1971–1980 гг. наблюдается область достаточно низкой вероятности климатогенной угрозы, стало маловероятным. Также она снизилась в Карпатах и в Закарпатье.

При этом резко увеличились риски в северной части ареала. Наблюдается повышение степени риска в более северных регионах, как в европейской части России, так и в Сибири. Схожая картина наблюдается в Забайкалье и в горных регионах Алтая: чем ближе к горной части, тем сильнее повышается риск. Также отмечается повышение риска на северном Кавказе и на Тянь-Шане, как и на большей части Дальнего Востока (см. рис. 3).

В центре ареала вероятность климатогенной угрозы не изменяется и остается по-прежнему высокой. И если в европейской части России и в Западной Сибири такая зона достаточно узка и тянется полосой с запада на восток, то в Южной Сибири эта зона весьма обширна (см. рис. 3).

Можно сделать вывод, что наблюдаемые в последние десятилетия изменения климата сильно повлияли на вероятность распространения *I. persulcatus* на территории России и соседних стран. Полученные результаты согласуются с выводами, ранее сделанными при детерминистическом мо-

делировании изменений климатического ареала таежного клеща, а также с имеющимися данными о наблюдаемых в последние десятилетия изменениях ареала этого вида (Попов, 2016). Однако статистическое модельное оценивание климатогенных угроз дает много больше информации о пригодности территорий для существования на ней популяций исследуемого вида и для оценки характеристик этих популяций. Как и бинарное моделирование ареалов, эти исследования могут быть использованы государственными организациями в планировании адаптационных мер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе ранее созданной бинарной модели климатического ареала таежного клеща с применением оригинальной статистической методики, учитывающей временную изменчивость климатических предикторов распространения биологических видов, была выполнена оценка вероятностей климатогенных изменений угроз распространения таежного клеща *I. persulcatus* на территории России и ряда соседних стран в 1971–1980 и 2001–2010 гг. Также был проведен анализ изменений их значений во втором периоде по сравнению с первым. Показано, что на значительной территории эти вероятности во втором периоде по сравнению

с первым повышаются. Однако при этом отмечаются и обширные территории их снижения.

Полученные результаты могут быть использованы учреждениями здравоохранения в ходе мероприятий по предотвращению негативных последствий климатических изменений и в планировании адаптационных мер.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены в рамках темы НИР задания Института географии РАН № 0148-2019-0009, АААА-А19-119022190173-2 “Изменения климата и их последствия для окружающей среды и жизнедеятельности населения на территории России”. Получение и обработка метеорологических данных проведены в рамках темы 3.1.: “Развитие методов и технологий климатического обслуживания, включая совершенствование моделей прогнозирования климата, методов оценки последствий изменения климата, климатического обоснования национальных адаптационных планов и мониторинга эффективности адаптаций” плана НИТР Росгидромета.

FUNDING

The work was performed within the framework of the state-ordered research theme of the Institute of Geography RAS no. 0148-2019-0009, АААА-А19-119022190173-2 “Climate Change and Its Consequences for the Environment and Population Life and Activities on the Territory of Russia.” The meteorological data were obtained and processed due to the funding of theme 3.1.: “Development of the Methods and Technologies of Climate Servicing, Including the Improvement of Models for Climate Prediction, Methods of Assessing the Consequences of Climate Changes, Climate Substantiation of National Adaptation Plans, and Monitoring of Adaptation Efficiency” according to the plan of Roshydromet.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Парижское соглашение. Организация Объединенных Наций. 2015. 32 с. https://unfccc.int/sites/default/files/russian_paris_agreement.pdf (дата обращения 12.05.2020).
- Попов И.О. Климатически обусловленные изменения аутэкологических ареалов иксодовых клещей *Ixodes ricinus* и *Ixodes persulcatus* на территории России и стран ближнего зарубежья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2016. 24 с.
- Попов И.О., Попова Е.Н. Идентификация климатических условий, ограничивающих распространение таежного клеща *Ixodes persulcatus* на территории России и соседних стран // ДАН. Науки о Земле. 2020. Т. 493. № 1. С. 94–97.
- Попова Е.Н., Попов И.О. Моделирование потенциальных климатических ареалов биологических видов и их климатогенных изменений // Фундаментальная и прикладная климатология. 2019. Т. 1. С. 58–75.
- Семенов С.М., Инсаров Г.Э., Мендес К.Л. Характеристика неопределенностей в оценках Межправительственной группы экспертов по изменению климата // Фундаментальная и прикладная климатология. 2019. Т. 1. С. 76–96.
- Семенов С.М., Попов И.О., Ясюкевич В.В. Статистическая модель для оценки формирования климатогенных угроз по данным мониторинга климата // Метеорология и гидрология. 2020. № 5. С. 59–65.
- Таежный клещ *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina, Ixodidae). Морфология, систематика, экология, медицинское значение. Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1985. 416 с.
- Филиппова Н.А. О видах группы *Ixodes persulcatus* [Parasitiformes: Ixodidae]. VI. Особенности ареалов *I. pavlovskyi* Rom. и *Ixodes persulcatus* Schulze в связи с их палеогенезом // Паразитология. 1971. Т. V. Вып. 5. С. 385–391.
- Bonan G.B. Ecological Climatology. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 2011. 550 p.
- Estrada-Peña A., Farkas R., Jaenson T.G.T., Koenen F., Madder M., Pascucci I., Salman M., de Sousa R., Walker A.R. Ticks and Tick-borne Diseases. Geographical Distribution and Control Strategies in the Euro-Asia Region. CAB International, 2013. 292 p.
- Gaston K.J. The Structure and Dynamics of Geographic Ranges. Oxford: Oxford Univ. Press, 2003. 266 p.
- Gray J.S., Dautel H., Estrada-Pena A., Kahl O., Lindgren E. Effects of Climate Change on Ticks and Tick-Borne Diseases in Europe // Interdiscip. Perspect. on Infect. Dis. 2009. V. 2009. Article ID 593232. 12 p.
- Harris I., Jones P., Osborn T., Lister D. Updated high resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset // Int. J. Climatology. 2014. V. 34. P. 623–642.
- Labuda M., Nuttall P.A. Viruses transmitted by ticks // Ticks: Biology, Disease and Control / Bowman A.S., Nuttall P.A. (Eds.) UK: Cambridge Univ. Press, 2008. P. 253–280.
- Mastrandrea M.D., Field C.B., Stocker T.F., Edenhofer O., Ebi K.L., Frame D.J., Held H., Kriegler E., Mach K.J., Matschoss P.R., Plattner G.-K., Yohe G.W., Zwiars F.W. Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2010. 4 p. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2017/08/AR5_Uncertainty_Guidance_Note.pdf (дата обращения 12.05.2020).
- McCarty J.P. Ecological Consequences of Recent Climate Change // Conserv. Biol. 2001. V. 15. № 2. P. 320–331.
- Schimel D. Climate and ecosystems. Princeton and Oxford: Princeton Univ. Press, 2013. 240 p.

Assessment of Climatogenic Hazard of the Taiga Tick *Ixodes persulcatus* Distribution in and Neighboring Countries at the Beginning of the 21st Century

I. O. Popov^{1,*}, S. M. Semenov^{1,2,3}, and E. N. Popova²

¹*Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia*

²*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

³*National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia*

*e-mail: igor_o_popov@mail.ru

A statistical assessment is given and schematic maps of the spatial distribution of the climatogenic hazard of the taiga tick *Ixodes persulcatus* distribution in Russia and several neighboring countries in 1971–1980 and 2001–2010 are constructed. The hazard assessment was made using a previously developed original method based on the principles of statistical modeling. The regularities of the spatial distribution of the degree of climatogenic hazard of the development of taiga tick populations within tick's geographic range are shown: the maximum degree of hazard characterizes the central parts of the range; the hazard decreases closer to the borders. The changes in the climatogenic hazard of the taiga tick distribution in the second period with respect to the first are calculated. A significant increase in the hazard of the taiga tick populations development in the second period compared to the first one in the greater part of the range, especially in its northern part, has been established due to climate change. At the same time, in the southwestern part of the geographic range and in some other parts of it, there was a decrease in the climatogenic hazard of distribution.

Keywords: ixodid ticks, *Ixodes persulcatus*, climate change, statistical modeling, effects of climate change, climatogenic hazards, species distribution modeling, changes in species geographic ranges

REFERENCES

- Bonan G.B. *Ecological Climatology*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2011. 550 p.
- Estrada-Peña A., Farkas R., Jaenson T.G.T., Koenen F., Madder M., Pascucci I., Salman M., de Sousa R., Walker A.R. *Ticks and Tick-borne Diseases. Geographical Distribution and Control Strategies in the Euro-Asia Region*. Salman M., Tarrés-Call J., Eds. Boston: CAB Int., 2013. 292 p.
- Filippova N.A. On species of the *Ixodes persulcatus* group [Parasitiformes: Ixodidae]. VI. Features of ranges *I. pavlovskiyi* Pom. and *Ixodes persulcatus* Schulze in connection with their paleogenesis. *Parazitologiya*, 1971, vol. 5, no. 5, pp. 385–391. (In Russ.).
- Gaston K.J. *The Structure and Dynamics of Geographic Ranges*. Oxford: Oxford Univ. Press, 2003. 266 p.
- Gray J.S., Dautel H., Estrada-Pena A., Kahl O., Lindgren E. Effects of climate change on ticks and tick-borne diseases in Europe. *Interdiscip. Perspect. Infect. Dis.*, 2009, vol. 2009, Article ID 593232, 12 p. doi 10.1155/2009/593232
- Harris I., Jones P., Osborn T., Lister D. Updated high resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset. *Int. J. Climatol.*, 2014, vol. 34, no. 3, pp. 623–642.
- Labuda M., Nuttall P.A. Viruses transmitted by ticks. In *Ticks: Biology, Disease and Control*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2008, pp. 253–280.
- Mastrandrea M.D., Field C.B., Stocker T.F., Edenhofer O., Ebi K.L., Frame D.J., Held H., Kriegler E., Mach K.J., Matschoss P.R., Plattner G.-K., Yohe G.W., Zwiars F.W. *Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2010. 4 p. Available at: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2017/08/AR5_Uncertainty_Guidance_Note.pdf (accessed: 12.05.2020).
- McCarthy J.P. Ecological consequences of recent climate change. *Conserv. Biol.*, 2001, vol. 15, no. 2, pp. 320–331.
- Paris Agreement. United Nations, 2015. Available at: https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf (accessed: 12.05.2020).
- Popov I.O. Climate-related changes in autecological ranges of ticks *Ixodes ricinus* and *Ixodes persulcatus* on the territory of Russia and near-abroad countries. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*. Moscow: Moscow Timiryazev Agricultural Acad., 2016. 24 p.
- Popov I.O., Popova E.N. Identification of climate conditions restricting the distribution of the taiga tick *Ixodes persulcatus* on the territory of Russia and in neighboring countries. *Dokl. Earth Sci.*, 2020, vol. 493, pp. 562–564.
- Popova E.N., Popov I.O. Modeling of potential climatic ranges of biological species and their climate-driven changes. *Fundam. Prikl. Klimatol.*, 2019, vol. 1, pp. 58–75. (In Russ.).
- Schimel D. *Climate and Ecosystems*. Princeton Univ. Press, 2013. 240 p.
- Semenov S.M., Insarov G.E., Méndez C.L. Characterization of uncertainties in assessments of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Fundam. Prikl. Klimatol.*, 2019, vol. 1, pp. 76–96. (In Russ.). doi 10.21513/2410-8758-2019-1-76-96
- Semenov S.M., Popov I.O., Yasyukevich V.V. Statistical model for assessing the formation of climate-related hazards based on climate monitoring data. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2020, vol. 45, no. 5, pp. 339–344.
- Taеzhnyi kleshch *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina, Ixodidae). *Morfologiya, sistematika, ekologiya, meditsinskoe znachenie* [Taiga Tick *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina, Ixodidae). Morphology, Systematics, Ecology, Medical Significance]. Leningrad: Nauka Publ., 1985. 416 p.

УДК 551.4,574,624.1

ПОСЛЕДСТВИЯ ТЕХНОГЕННОГО ПОГРЕБЕНИЯ РЕК В ГОРОДАХ (НА ПРИМЕРЕ МОСКВЫ)

© 2021 г. В. А. Неходцев*

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет,
Москва, Россия*

**e-mail: baban.n@mail.ru*

Поступила в редакцию 11.01.2020 г.

После доработки 12.12.2020 г.

Принята к публикации 22.12.2020 г.

На основе комплексного анализа предложена схема процессов – последствий антропо-техногенного погребения речных долин в городах. Для территории г. Москвы (в пределах МКАД) показана последовательность изменения компонентов сложившейся природной среды города после засыпки долин. Рассчитано, что с конца XIX в. объем поверхностного стока возрос на 200–280%; в несколько раз увеличился твердый сток с территории (до 60–90 м³/год с 1 км²). В пределах засыпанных долин развиваются просадочные, суффозионные и осадочные процессы. Грунтовый сток перестраивается, он идет по засыпанным долинам, сопровождается суффозионным выносом и общим понижением территории на 2–3 мм/год; интенсифицируются процессы подтопления; на порядок повышается минерализация грунтовых вод, которые становятся агрессивными для подземных коммуникаций. Разрушение коллекторов подземных рек ведет к аварийным провалам земной поверхности. Уничтожение гидросети вызывает ухудшение экологической обстановки: малые реки (включая их подземные части) стали коллекторами загрязняющих веществ. Через несколько лет после засыпки рек из-за изменения грунтового стока в Москве активизировались карстово-суффозионные процессы, приведшие к деформации и/или разрушению десятков зданий.

Ключевые слова: геологическая среда, город, городская геоморфология, карст, опасные процессы, подземная река, погребенный рельеф, сток, экология

DOI: 10.31857/S2587556621020126

ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Примерно с конца XIX в. началось активное заключение оврагов и речных долин г. Москвы в подземные коллекторы. К настоящему времени на территории города (внутри МКАД) из имевшихся 130–140 рек и ручьев (не считая мелких оврагов) полностью или частично уцелели около 50 рек, т.е. меньше половины (Москва..., 1997; Насимович, 1996). В крупном городе с плотной застройкой техногенно-погребенные долины с закрытым “стоком” наносят значительный ущерб городскому хозяйству. Для районов, где развиты такие долины, характерна интенсификация геолого-геоморфологических и эколого-геохимических процессов, что связано в первую очередь с увеличением объема грунтовых вод.

В настоящей статье предлагается определенное обобщение результатов работ разного профиля, направленное на систематизацию данных о реальных и потенциальных рисках, связанных с искусственно погребенной эрозионной сетью на городских территориях (для платформенных условий). Результат исследования, на наш взгляд,

может быть использован при мониторинге и прогнозе опасных геопроцессов в пределах технопогребенных долин, а также для оптимизации городского пространства.

ИЗУЧЕННОСТЬ ПРОБЛЕМЫ. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Значительное внимание подземным и погребенным формам рельефа в городах уделено в трудах Ф.В. Котлова (1962, 1968). Но геолого-геоморфологические монографии были посвящены преимущественно естественному палеорельефу – погребенным доюрским и дочетвертичным долинам. Искусственно погребенная гидросеть рассматривалась, например, в работах (Кофф и др., 1997; Город..., 1997). Много количественных данных собрано в обобщающей монографии (Москва..., 1997).

Литературные источники, посвященные устройству подземных водонесущих коллекторов, носят технический либо исторический характер; обобщающих работ в этой области срав-

нительно мало (Ивлев, 1954; Кротков, 1896; Насимович, 1996). Вместе с разновозрастными картами такая литература дает информацию о времени антропогенного погребения врезов (что необходимо для оценки скоростей подземных процессов) и о конструктивных особенностях коллекторов. Характеристики загрязнения и сведения о динамике (квази)природных процессов приводятся в ежегодно публикуемых Правительством Москвы докладах [например, (Доклад..., 2015)].

Среди работ по оценке влияния урбанизации на сток необходимо отметить труды (Львович, 1974, 1986; Коронкевич и др., 2017; Коронкевич, Мельник, 2015а, 2015б; Шикломанов, 1989; Ясинский, 2000).

Геоморфологических исследований, специально посвященных “рельефу” подземных полостей и его связи с собственно рельефом, крайне мало, а по некоторым генетическим комплексам до последнего времени практически не было геоморфологических описаний, например, по флювиальному субрельефу в искусственных коллекторах (Болысов, Неходцев, 2016; Болысов и др., 2017). Разработка научной концепции геоморфологического изучения субрельефа (“рельефа” подземных полостей) началась с 2010 г., а сбор информации — с 2007 г. (Болысов, Неходцев, 2020). Автором непосредственно изучено (подземными и наземными обследованиями) порядка 400 км искусственно погребенной московской гидросети, в том числе заключенных в коллекторы рек и ручьев. Отметим также монографию (Геоморфология..., 2017), в которой рассматривается антропогенная трансформация флювиального рельефа и речных бассейнов малых рек Москвы.

В настоящей работе использованы материалы архивных геологических отчетов, полученных в Росгеолфонде, а также информация, содержащаяся в геологическом атласе Москвы (Геологический..., 2010). На камеральном этапе изучался топографический и исторический материал с целью нахождения точных границ засыпанных долин. Этот метод оказался даже более точным, чем анализ данных колонкового бурения, при котором часто не расчлняют техногенные отложения склонов, культурный слой и грунты, которыми была засыпана долина.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Водотоки засыпанных долин и малых эрозионных форм в большинстве случаев заключали в подземные коллекторы (трубы) и включали в дренажно-ливневую систему города. При заключении водотока под землю сначала сооружают кол-

лектор, а затем, после перевода водотока в него, засыпают грунтом долину и коллектор. Параллельно под окрестными улицами сооружается ливнесточная канализация (отвод поверхностного стока), подключаемая к коллектору подземной реки. Важно отметить, что поступление грунтовых вод в коллектор конструкционно обычно не предусмотрено. Полностью подземная река (без сохранившихся наземных участков) представляет собой разветвленную древовидную сеть коллекторов с расширяющимся к устью поперечным сечением. Строго говоря, такое инженерное сооружение не является рекой (как результатом, в значительной степени, разгрузки грунтовых вод), а концентрирует лишь поверхностный сток и некоторые промышленные отходы.

Самые ранние трубы, ныне не сохранившиеся, строились из дерева и частично из кирпича. С 1870–80-х годов начинается активное сооружение речных и ливнесточных коллекторов из кирпича (Геоморфология..., 2017). Почти все кирпичные ливневые сооружения эксплуатируются до сих пор. Самые крупные кирпичные трубы, встреченные автором, достигали 5.5 м в поперечнике. С 1940-х годов технология сооружения подземных коллекторов поменялась — стали использоваться только сборные железобетонные конструкции; набирались одинаковые прямоугольные или круглые секции, а швы между ними замазывались цементом. Современные железобетонные коллекторы могут достигать в поперечнике 5–7 м.

Процесс эволюции погребенных долин как самостоятельных форм флювиального рельефа, следовательно, практически полностью остановлен. Но как геологические образования и инженерная инфраструктура они продолжают активно функционировать в течение десятков и сотен лет, участвуя в комплексе геолого-геоморфологических процессов, в том числе влияющих на современный рельеф и экологическую обстановку.

ОПАСНЫЕ И НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОГРЕБЕННЫХ ДОЛИНАХ

Техногенное погребение водотоков в геологическом масштабе мгновенно и меняет многие компоненты сложившейся городской среды. Засыпка долин приводит к уничтожению дренающего каркаса города, существенно меняет многие морфометрические показатели — уменьшаются густота расчленения и общие уклоны территории, наблюдается тенденция к общей потере энергии рельефа. Все это приводит к *изменению структуры поверхностного стока* на урбанизированных территориях. Система подземных речек и ливнесточков становится новым дренающим каркасом города, по которому осуществляется отведение стока с водонепроницаемых поверхностей. Среднегодовой сток подземных рек и ливнесточков в

плотно застроенных городах сопоставим со стоком рек, протекающих через эти города. Например, в структуре речного стока Москвы-реки (на выходе из города) около 60% составляет вода из Волги, 20% — из ливнесточной сети и только 20% — собственно расход реки (Козлова, 1983). Невозможность фильтрации и накопления атмосферной влаги в почве на значительной части территории приводит к искусственным смещениям расходной части водного баланса в пользу поверхностного стока. Естественное валовое увлажнение территории в среднем для Европы, по оценкам М.И. Львовича (1974, 1986), составляет 71% от всей расходной части водного баланса; остальные 29% приходятся на поверхностный сток. Исходя из приводимых М.И. Львовичем данных, можно ожидать, что в центральных частях крупных городов поверхностный сток увеличен на 170–200% относительно окрестных не урбанизированных территорий.

Общая протяженность водосточной сети Москвы в 2008 г. составляла 6200 км, а ее густота в пределах МКАД — 6.9 км/км². Общий годовой объем поверхностного стока, отводящегося через ливнесточную сеть с городских территорий, регистрируется на уровне 380–410 млн м³/год (Доклад..., 2008). Для сравнения: годовой сток Москвы-реки на входе в город составляет чуть более 1600 млн м³/год при площади водосбора более 7000 км². Следовательно, в речной сток с единицы территории внутри МКАД вовлекается на 280% больше воды, чем с менее застроенных окрестностей. Разница между подсчитанными выше 200 и 280% — это техногенные сбросы предприятий и коммунальных служб и частичный вклад обводнения Яузы волжской водой.

Н.И. Коронкевич и К.С. Мельник (2015) показали, что увеличение площади урбанизированных территорий речного бассейна на 1% (с учетом дорог и сельских населенных пунктов) приводит приблизительно к такому же увеличению стока, а увеличение на 1% водонепроницаемых участков — к росту стока на 2–3%.

Схожие результаты приводят американские исследователи для лесной зоны штата Коннектикут, где в естественных условиях поверхностный сток составляет 10% от количества осадков. Указывается, что рост площади водонепроницаемых поверхностей до 10–20% увеличивает сток с этой территории в 2 раза; до 35–50% — в 3 раза; до 75–100% — более чем в 5 раз (или до 55% от величины осадков) (Arnold, Gibbons, 1996, p. 244; Paul, Meyer, 2001, p. 208). Если учесть, что водонепроницаемая поверхность в Москве (внутри МКАД) составляет 50% (Коронкевич и др., 2017, с. 82), то приведенные выше наши расчеты для Москвы совпадают с выводами американских исследователей. Видимо, полученные значения можно счи-

тать закономерными, по крайней мере для зоны смешанных лесов умеренного климата.

Широкое распространение незакрепленных рыхлых грунтов приводит к взрывному транзиту твердого стока во время ливневых осадков и активного снеготаяния (шлейфы песчаных и гравийных отложений на асфальто-плиточном покрытии). Активное строительство, особенности городского микроклимата (в первую очередь — интенсификация эолового транзита) дополнительно способствуют вовлечению грунта в поверхностный сток. Поэтому несмотря на общее выполаживание территории при засыпке долин и оврагов, растет объем жидкого и твердого стока в главные городские водные артерии — рр. Москву и Яузу.

Так, обследование автором ливнесточных коммуникаций многих европейских городов (Берлин, Прага, Брюссель, Антверпен, Лодзь и др.) показало почти полное отсутствие наносов в этих коммуникациях. Напротив, в аналогичных сооружениях Москвы (и других городов постсоветского пространства) активно накапливаются песчано-гравийные толщи. В Москве с 1 км² застроенной территории за год через ливнесточную сеть транспортируется порядка 60–90 м³ смытого с улиц материала (Болысов и др., 2017). Сопоставимые данные приводятся в (Доклад..., 2015) для территории внутри МКАД: в 2010 г. — 193 тыс. т; в 2011 г. — 179 тыс. т; в 2012 г. — 225 тыс. т. Такое колоссальное поступление наносов через погребенную гидросеть способствует активному заилению русел рек. Например, в Яузе в створе водовыпусков подземных рр. Хапиловки и Рыбинки глубины, измеренные автором, составили всего 40–50 см, а выше по течению — более 2 м.

Засыпка гидросети приводит к увеличению средней мощности *техногенных отложений*. Если на междуречьях их прирост происходит медленно за счет формирования “культурного слоя” (фоновые мощности в центральной части Москвы составляют 2–4 м, исключая склоны, эрозионные формы и засыпанные карьеры (Геоморфология..., 2017; Котлов, 1962)), то в пределах эрозионных форм — очень интенсивно. В течение 1–2 лет, необходимых на заключение водотока в коллектор, мощность техногенных грунтов возрастает до 8–12 м. Техногенные грунты состоят из разнородного материала — строительного мусора (кирпичи, бетон, бревна, металлоконструкции и т.д.) и изымаемых при строительстве горных пород почв. Они отличаются повышенной вибровосприимчивостью, коррозионной активностью и динамической неустойчивостью (Город..., 1997).

После засыпания долины начинается процесс уплотнения техногенных грунтов, длящийся несколько десятилетий. Его интенсивность в первые годы максимальна, а просадки крайне нерав-

номерны из-за неоднородности грунтов. Осадки сооружений на техногенных грунтах могут достигать катастрофических величин — 20–30 см и более при скорости оседания до 2–3 см/год (а в первые годы, видимо, — до 10 см/год) (Москва..., 1997, с. 260). Благодаря структурной неоднородности техногенных грунтов в пределах засыпанных долин и оврагов развивается суффозия, проявляющаяся на поверхности локальными просадками, обычно тяготеющими к контурам инженерных сооружений и зданий.

Нередко на бортах засыпанных долин продолжают склоновые процессы, которые могут активизироваться под влиянием дополнительной нагрузки со стороны расположенных на склонах зданий (Геоморфология..., 2017, с. 76), что, в свою очередь, приводит к повреждениям последних. В условиях слабых грунтов особенно опасно строительство с сооружением глубоких котлованов и подземных выемок из-за вероятности возникновения плывунов.

Техногенные грунты, заполняющие погребенные долины, отличаются гораздо меньшей вибрационной устойчивостью (к динамическому воздействию транспорта, строительной техники и т.п.) и более склонны к тиксотропному разжижению (уменьшению вязкости при механическом воздействии), чем естественные. Техногенные грунты также подвержены более интенсивному морозному пучению, которое проявляется в виде локальных деформаций асфальтового и плиточного покрытия, особенно — вдоль коллекторов и зданий (Геоморфология..., 2017). Масштабы просадок обычно не превышают нескольких десятков сантиметров, но они приносят заметный ущерб городскому хозяйству.

Очевидно, что засыпка эрозионной сети в городе через некоторое время (ориентировочно 0.5–1.5 года) вызывает кардинальную *перестройку подземного стока*. Крайне медленный сток грунтовых вод продолжается по технопогребенным долинам “по старой памяти” (рис. 1). Напомним, стоки, текущие в коллекторах, в штатном режиме не имеют связи с грунтовыми водами. С середины XIX в. общая протяженность эрозионной сети Москвы в пределах МКАД [подсчитана по (Геологический..., 2010)] сократилась примерно с 570 до 430 км, или на 25%. Соответственно, среднее расстояние между эрозионными формами на территории увеличилось с 1.6 до 2.1 км (в центральных частях города — до 3–4 км). Однако протяженность эрозионных форм с постоянными водотоками (в ненарушенных условиях) была несколько меньше — около 450 км; из них было погребено около 150 км, или 33% (Москва..., 1997, с. 165–166).

Грунтовый сток технопогребенных долин формируется за счет протечек из водонесущих

коммуникаций (видимо, основная статья прихода), поступления технических вод, используемых для полива зеленых насаждений, и фильтрации атмосферных осадков (включая таяние сугробов). Накопление слабопроницаемых, часто цементированных, техногенных илов в руслах открытых водотоков также уменьшает естественную разгрузку грунтовых вод. Исследования (Москва..., 1997, с. 156) показывают, что слой инфильтрационного питания для территории Московской области (без Москвы) составляет в среднем менее 100 мм/год при среднегодовых осадках 640 мм, а для территории города внутри МКАД — 200 мм/год. По системам водопровода в Москву поступает около 6.5 млн м³/сут воды. Даже если потери в водонесущих коммуникациях соответствуют нормативам и составляют только 4% от этого количества (а на самом деле гораздо больше из-за износа труб), то в грунт попадает около 440 тыс. м³/сут воды. Соответственно, при площади около 1000 км² слой потерь составит 0.5 мм/сут, или около 180 мм/год, что уже больше фонового значения.

Так как скорость грунтового стока в погребенной долине невелика, происходит накопление и подъем вод в относительно рыхлых техногенных отложениях. Подземные сооружения дополнительно перегораживают поток подземных вод (барражный эффект). Насыщение тела погребенной долины движущимися грунтовыми водами неизбежно приводит к поддержанию оседания грунта и локальным суффозионным явлениям даже спустя 100–150 лет после засыпки. До конца 2010-х годов в осевой части Цветного бульвара можно было наблюдать линейное возвышение шириной 2.5 м и высотой 20–25 см. Это результат оседания поверхности по обеим сторонам от построенного в 1860-х годах коллектора р. Неглинной (он опирается на естественные грунты и потому не просел). При этом Цветной бульвар реконструировали в 1947 г., и на фотографиях начала 1950-х годов отчетливо видно отсутствие линейного возвышения. Поэтому вклад этого процесса в оседание дневной поверхности нами оценивается не более чем в 2–3 мм/год.

Изменение в структуре подземного стока и вызванное им поднятие уровня грунтовых вод приводят к развитию площадного процесса, поражающего даже междуречья, — *подтопления*. Подтопленными считаются участки территории, где первый от поверхности водоносный горизонт поднимается к поверхности земли до глубины менее 3 м. “Максимальное повышение УГВ (уровня грунтовых вод — В.Н.) характерно для северных территорий г. Москвы в районе пересечения Дмитровского шоссе с Окружной железной дорогой. Здесь абсолютные отметки уровенной поверхности в настоящее время на 3–10 м выше,



Рис. 1. Внутригрунтовый сток засыпанного оврага, вскрытый котлованом при строительстве ст. м. “Лефортово” в Москве. Фото А.В. Попова.

чем в 1933 г. В районе Савеловского вокзала поверхность грунтовых вод повысилась на 2–4 м (в районе ст. м. “Аэропорт” – до 4–6 м)” (Москва..., 1997). Все эти территории находятся между засыпанными оврагами и речками. В среднем подтоплено до 30–40% территории Москвы (Кофф и др., 1997).

Утечки из водонесущих коммуникаций усложняют общий водообмен и становятся причиной ряда *физико-химических процессов*. Загрязненные воды, попадая в грунт, оказывают отепляющее воздействие, вызывают окислительно-восстановительные реакции, коррозию и т.д. Основная часть водонесущих коммуникаций (ливнесточная сеть и бытовая канализация) прокладывается вдоль тальвегов засыпанных рек для создания самотечных условий. Коррозионное воздействие сильно загрязненных и агрессивных городских грунтовых вод приводит к преждевременному износу подземных сооружений и фундаментов зданий. В среднем для Москвы, из-за антропогенного влияния минерализация грунтовых и подземных вод увеличена в 10 раз, а в отдельных случаях – в 20 и более раз (до 10 г/л) (Москва..., 1997).

С функционированием заключенных в коллекторы водотоков связан комплекс процессов специфического *подземного морфолитогенеза*, наиболее острый из них – деструкция обделки тонне-

лей. В отличие от природного русла, коллектор – это русло замкнутое, ограниченное стенками, поэтому в подземных реках наблюдается напорное течение. При нарушенной гидроизоляции труб вода под давлением вымывает полости в легкоразмываемых грунтах с дальнейшим обрушением коллектора и деформациями дневной поверхности.

Полевые наблюдения показали, что “исторические” кирпичные тоннели намного устойчивее современных бетонных (хотя разрушаются и кирпичные тоже). Окончательные деформации обделки тоннеля приводят к довольно быстрому размыву грунта и обрушениям, что характерно, например, для Киева (рис. 2); для Москвы – в меньшей степени. Ливневые паводки приводят к разрушению днищ коллекторов, в таких местах формируются промоины, уходящие на полметра в грунты. Нарушение целостности бетонных коллекторов наблюдается чаще, хотя они в 2–4 раза “моложе” кирпичных (Болысов, Неходцев, 2016).

В коллекторах подземных рек развиты и иные, менее аварийноопасные процессы морфолитогенеза – аккумулятивно-карстовые (Неходцев, 2019), биофлювиальные, значительно отличающийся от естественных рек транспорт наносов, образование ледяных форм зимой.

Геоэкологические проблемы и опасности, связанные с засыпкой гидросети, весьма разнообраз-



Рис. 2. Провал глубиной около 10 м на месте разрушения коллектора р. Сырец в Киеве в 2014 г. Фото Н.В. Коробко.

ны. Подъем уровней грунтовых вод (подтопление) приводит к заболачиванию почвы, смене в ней окислительно-восстановительной обстановки; меняются состав, разнообразие и биомасса почвенной флоры и фауны; снижается аэрация корнеобитаемого слоя, и часть деревьев погибает, существенно изменяется видовой состав кустарников и травянистой растительности; увеличивается влажность приземного слоя воздуха, что негативно сказывается на здоровье людей (Геоэкология..., 1996).

Из-за объемного поступления материала с улиц подземные водотоки становятся яркими примерами коллекторов загрязняющих веществ. При этом количество загрязнителя в подземных

водостоках, особенно в центральных частях городов, оказывается феноменально высоким. В устьях подземных рек Москвы ПДК отдельных загрязнителей превышены в 10–15 раз (нефтепродукты, железо, марганец, цинк). Однако в целом за 2001–2016 гг. отмечается устойчивая динамика снижения загрязнения подземных рек (Болысов и др., 2016; Доклад..., 2008; Доклад..., 2015).

Помимо растворенных веществ, в подземные реки в больших объемах могут поступать (в основном нелегально и со строек) твердые загрязнители. Например, в 2009–2010 гг. сброс в московскую подземную р. Таракановку бентонита (природный гидроалюмосиликатный глинистый минерал), привел, по наблюдениям автора, к об-

разованию литифицированной толщи мощностью около 1.5 м, что уменьшило сечение коллектора (следовательно, и его пропускную способность) в 2 раза.

В геолого-геоморфологических условиях Москвы в долговременной перспективе уничтожение городской гидросети вызывает развитие *карстово-суффозонных процессов*. Их активизация объясняется гидрогеологической связью грунтового стока технопогребенных долин с карстующимися породами в местах отсутствия водонепроницаемых отложений (юрские глины). Эрозионные окна в этих отложениях оставлены водотоками задолго до засыпки долин; в них совмещаются наиболее загрязненные грунтовые воды и региональные надъяурский и каменноугольный горизонты подземных вод. Повышенная в пределах долин закарстованность скальных и нарушенность вышележащих водоупорных пород обеспечивают активный водообмен между горизонтами подземных вод. При преобладании нисходящих токов (при активной откачке подземных вод) в движение вовлекается тонкодисперсная составляющая рыхлых грунтов, которая аккумулируется в прежде существовавших кавернах и карстовых полостях. Развивается карстово-суффозионный процесс, проявляющийся в образовании воронок на поверхности, многие из которых приводят к разрушению зданий (Иксанова, 2005; Кочев и др., 1991).

В начале 1960-х годов в Москве не наблюдалось проявление активного карста. "...Карст в условиях Москвы нельзя считать угрожающим физико-геологическим явлением, каким он является в активных карстовых областях", "оживление карста не представляет непосредственной угрозы городу, целостности и устойчивости его сооружений" (Котлов, 1962, с. 121, 127). В первой половине 1960-х годов на западе Москвы (районы Беговой, Хорошевский и Хорошево-Мневники, Щукино) были заключены в подземные коллекторы ручьи Студенец, Ермаковский и Слободской, Соболев овраг, р. Таракановка и ее приток Ходынка. Таким образом территория между Ленинградским проспектом, Москва-рекой, современными ст. м. "Щукинская" и Третьим транспортным кольцом лишилась естественного дренажа грунтовых вод (уничтожено более 20 км гидросети). Здесь распространены преимущественно аллювиальные отложения 3-й надпойменной террасы Москвы-реки, лежащие поверх каменноугольных карбонатов. Начатая еще раньше эксплуатация каменноугольных водоносных горизонтов привела к снижению их пьезометрического уровня и создала условия для нисходящей фильтрации надкаменноугольных вод (раньше напор собственно каменноугольных вод препятствовал этому).

С середины 1960-х годов на этой территории, по данным Е.А. Иксановой (2005), произошло более 50 крупных карстовых провалов, разрушивших порядка 25 жилых домов. Кроме того, автором, по данным (Геологический..., 2010; Кочев и др., 1991), подсчитано, что разной степени деформации к настоящему времени подвержено еще более 60 домов. На территории, ставшей самым карстоактивным районом Москвы, при функционирующей гидросети не наблюдалось карстово-суффозионных процессов. Всего за 4–5 лет уничтожение гидросети кардинальным образом изменило геолого-геоморфологические условия строительства на 50 км² территории города.

Последствия техногенной засыпки долин в городах (в платформенных условиях) можно представить в виде схемы процессов (рис. 3). На ней дана предварительная оценка времени развития каждого из указанных процессов для условий Москвы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для территории г. Москвы (в пределах МКАД) показано, что антропо-техногенное погребение гидросети приводит к существенным изменениям компонентов природной среды города. Меняется структура поверхностного стока: с конца XIX в. он увеличился на 200–280%; в несколько раз возрос твердый сток с территории – до 60–90 м³/год с 1 км²; как следствие, отмечается усиленная аккумуляция в принимающих водотоках и водоемах (вплоть до частичного тампонирувания русел и заиления прудов). В первые годы интенсифицируются просадочные, суффозионные и осадочные процессы. Формируется линейный грунтовый сток в теле погребенных долин, что по крайней мере в течение 150–200 лет поддерживает суффозионно-осадочные процессы в пределах засыпанных долин на уровне до 2–3 мм/год. Происходит подъем уровня грунтовых вод, развитие верховодки, а на значительных территориях интенсифицируются процессы подтопления. На порядок повышается минерализация грунтовых вод в пределах засыпанных долин; эти воды становятся агрессивными для подземных коммуникаций. Процессы в коллекторах подземных рек, коррозия, внешняя вибрационная и динамическая нагрузка приводят к деструкции этих коллекторов и аварийным провалам земной поверхности. Ухудшается экологическая обстановка; малые реки (особенно их подземные части) становятся коллекторами загрязняющих веществ. Из-за изменения грунтового стока и загрязнения грунтовых и подземных вод в некоторых районах города произошла активизация карстово-суффозионных процессов, которые прежде не фиксировались.



Рис. 3. Организация процессов—последствий техногенного уничтожения гидросети городов на платформенных территориях (на примере Москвы).

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование проводится в рамках темы госзадания № АААА-А16-116032810089-5 “Эволюция природной среды, динамика рельефа и геоморфологическая безопасность природопользования”.

FUNDING

The work was carried out within the framework of the state-ordered research theme АААА-А16-116032810089-5 “Evolution of the Environment, Relief Dynamics and the Geomorphological Safety of the Nature Management.”

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Болысов С.И., Неходцев В.А. Субрельеф и субтерральные процессы как фактор эколого-геоморфологической опасности в городах // Вестн. РГУ им. С.А. Есенина. 2016. № 1(50). С. 87–105.
- Болысов С.И., Неходцев В.А. Концепция субрельефа — рельефа подземных полостей // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5. География. 2020. № 2. С. 13–22.
- Болысов С.И., Неходцев В.А., Харченко С.В. Подземный рельеф Москвы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: География. 2017. № 2. С. 59–73.
- Геологический атлас Москвы (в 10 томах с пояснительной запиской). Масштаб 1 : 10000. М.: ГУП Мосгоргеотрест, 2010.

Геоморфология городских территорий: конструктивные идеи / под ред. Э.А. Лихачевой. М.: Медиа-ПРЕСС, 2017. 176 с.

Геоэкология урбанизированных территорий // Сб. тр. Центра практической геоэкологии / под ред. В.В. Панькова, С.М. Орлова. М.: ЦПГ, 1996. 108 с.

Город — экосистема / Э.А. Лихачева, Д.А. Тимофеев и др. М.: Медиа-Пресс, 1997. 336 с.

Доклад о состоянии окружающей среды в городе Москве в 2008 году. [https://www.mos.ru/upload/documents/oiv/2008_\(51\).pdf](https://www.mos.ru/upload/documents/oiv/2008_(51).pdf) (дата обращения 06.07. 2018).

Доклад “О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2014 году” / под ред. А.О. Кульбачевско-го. М.: ДПиООС; НИА-Природа, 2015. 384 с.

Илев А.П. Под улицами города. М.: Изд-во Мин. ком-мун. хоз-ва РСФСР, 1954. 48 с.

Иксанова Е.А. Вклад докайнозойского карбонатного карста в развитие современных просадочных процессов в г. Москве: Дис. ... канд. геогр. наук. М., 2005. 155 с.

Козлова Н.М. Особенности формирования состава воды реки Москвы в нижнем течении и перспективы улучшения качества воды // Гидрологические исследования и водное хозяйство в бассейне р. Москвы. М., 1983. С. 27–70.

Коронкевич Н.И., Бибикина Т.С., Долгов С.В., Кашутин Е.А., Мельник К.С., Ясинский С.В. Гидрологические последствия хозяйственной деятельности на водосборах // Водные ресурсы: но-

- вые вызовы и пути решения. Новочеркасск: Лик, 2017. С. 78–84.
- Коронкевич Н.И., Мельник К.С. Антропогенные воздействия на сток реки Москвы. М.: Макс Пресс, 2015а. 168 с.
- Коронкевич Н.И., Мельник К.С. Трансформация стока под влиянием ландшафтных изменений в бассейне реки Москвы и на территории города Москвы // Водные ресурсы. 2015б. Т. 42. № 2. С. 159–169.
- Котлов Ф.В. Изменение природных условий территории Москвы под влиянием деятельности человека и их инженерно-геологическое значение. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 263 с.
- Котлов Ф.В. Изменения геологической среды под влиянием деятельности человека. М.: Недра, 1978. 264 с.
- Кофф Г.Л., Петренко С.И., Лихачева Э.А., Котлов В.Ф. Очерки по геоэкологии и инженерной геологии Московского столичного региона / под ред. Н.А. Богданова, А.И. Шеко. М.: РЭФИА, 1997. 174 с.
- Кочев А.Д., Зайяц И.Л., Мамонтов В.В. Отчет по изучению инженерно-геологических условий на участках возможного проявления карстово-суффозионных процессов в западной части Москвы (зона А). М.: Гидропедгеология, 1991. 499 с. (Инв. № 459287 “Росгеолфонд”).
- Кротков П.В. Исторический очерк инженерных сооружений г. Москвы. М.: Городская типография, 1896. 34 с.
- Львович М.И. Мировые водные ресурсы и их будущее. М.: Мысль, 1974. 448 с.
- Львович М.И. Вода и жизнь: Водные ресурсы, их преобразование и охрана. М.: Мысль, 1986. 254 с.
- Москва. Геология и город / под ред. В.И. Осипова и О.П. Медведева. РАН, Ин-т геоэкологии; Мосгоргеотрест. М.: Московские учебники и Картолитография, 1997. 398 с.
- Насимович Ю.А. Аннотированный список названий рек, ручьев и оврагов Москвы. М.: ВИНТИ РАН, 1996. 114 с.
- Неходцев В.А. Обзор травертиногенеза в подземных реках Москвы // Спелеология и спелестология. 2019. № 10. С. 296–303.
- Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 334 с.
- Ясинский С.В. Геоэкологический анализ антропогенных воздействий на водосборы малых рек // Изв. РАН. Сер. геогр. 2000. № 4. С. 74–82.
- Arnold C.L., Gibbons C.J. Impervious surface coverage: the emergence of a key environmental indicator. Am. Planners Assoc., 1996. P. 243–258.
- Paul M.J., Meyer J.L. Streams in the Urban Landscape // Annual Rev. of Ecol. and Syst. 2001. V. 32. P. 333–365.

Consequences of Man-Made Burial of Rivers in Cities (Case of Moscow)

V. A. Nekhodtsev*

Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia

*e-mail: baban.n@mail.ru

This article reviews the consequences of man-made burial of river valleys in urban areas. Deep analysis of above-mentioned sources enabled to reveal the consequences of river system destruction in urban areas, located on platforms. Backfilling of the river valleys leads to the following negative changes: surface runoff increases by 200–280%, sediment load increases up to 60–90 m³ per year by 1 km², suffusion and land subsidence begin to develop within man-made buried valleys (2–3 mm per year). Subsurface flow changes cause progressive groundwater flooding and growing level of water mineralization. Total dissolved solids index grows, these waters become aggressive which results in drainage destruction and damaging of urban infrastructure, such as pipelines and sewerage. Destruction of urban river system leads sharp to the environmental issues: small rivers (including storm drain) accumulate various pollutants and deplete flora and fauna. Karst processes were activated in Moscow a few years after backfilling of the river valleys due to subsurface flow changes.

Keywords: buried relief, karst, city, dangerous processes, ecology, environmental geology, runoff, subsurface flow, urban geomorphology

REFERENCES

- Arnold C.L., Gibbons C.J. Impervious surface coverage: The emergence of a key environmental indicator. *J. Am. Plann. Assoc.*, 1996, vol. 62, no. 2, pp. 243–258.
- Bolysov S.I., Nekhodtsev V.A. Concept of subrelief – relief of the underground cavities. *Vestn. Mosk. Univ. Ser. 5. Geogr.*, 2020, no. 2, pp. 13–22. (In Russ.).
- Bolysov S.I., Nekhodtsev V.A. Subrelief and underground processes as environmental and geomorphologic threats in urban areas. *Vestn. RGU im. S.A. Esenina*, 2016, vol. 50, no. 1, pp. 87–105. (In Russ.).
- Bolysov S.I., Nekhodtsev V.A., Kharchenko S.V. Underground landforms of Moscow. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5. Geogr.*, 2017, no. 2, pp. 59–73. (In Russ.).
- Doklad o sostoyanii okruzhayushchei sredy v gorode Moskve v 2008 godu* [Report on the Environmental Situation in Moscow in 2008]. Moscow: Dep-t Prirodopol'zovaniya i Okhrany Okruzh. Sredy Moskvy, 2009. 209 p.

- Doklad o sostoyanii okruzhayushchei sredy v gorode Moskve v 2014 godu* [Report on the Environmental Situation in Moscow in 2014]. Kul'bagevskii A.O., Ed. Moscow: DPiOOS, NIA-Priroda Publ., 2015. 384 p.
- Geoekologiya urbanizirovannykh territorii* [Geoecology of Urban Areas]. Pan'kov V.V., Orlov S.M., Eds. Moscow: Tsentr Prakt. Geokol., 1996. 108 p.
- Geological Atlas of Moscow*, scale 1 : 10 000 (with explanatory note), in 10 vols. Moscow: Mosgorgeotrest, 2010. (In Russ.).
- Geomorfologiya gorodskikh territorii: konstruktivnye idei* [Urban Geomorphology: Constructive Ideas]. Likhacheva E.A., Ed. Moscow: Media-Press Publ., 2017. 176 p.
- Iksanova E.A. Influence of pre-Cenozoic carbonate karst on the modern subsidence processes extension in Moscow. *Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Moscow State Univ., 2005. 155 p.
- Ivlev A.P. *Pod ulitsami goroda* [Under the City's Streets]. Moscow: Ministerstvo Kommun. Khoz-va RSFSR, 1954. 48 p.
- Kochev A.D., Zaiyants I.L., Mamontov V.V. *Otchet po izucheniyu inzhenerno-geologicheskikh uslovii na uchastkakh vozmozhnogo proyavleniya karstovo-suffuzionnykh protsessov v zapadnoi chasti Moskvy (zona A)* [Research Report of Geo-engineering Conditions of Karst-Suffusion Possible Processes in Western Part of Moscow (zone A)]. Moscow: Gidrospegeologiya Publ., 1991. 499 p.
- Koff G.L., Petrenko S.I., Likhacheva E.A., Kotlov V.F. *Ocherki po geoekologii i inzhenernoi geologii Moskovskogo stolichnogo regiona* [Essays on Geoecology and Engineering Geology of the Moscow Capital Region]. Bogdanov N.A., Sheko A.I., Eds. Moscow: REFIA Publ., 1997. 174 p.
- Koronkevich N.I., Bibikova T.S., Dolgov S.V., et al. Hydrological effects of economic activities in catchment area. In *Vodnye resursy: novye vyzovy i puti resheniya* [Water Resources: New Challenges and Solutions]. Novocherkassk: Lik Publ., 2017, pp. 78–84. (In Russ.).
- Koronkevich N.I., Mel'nik K.S. *Antropogennyye vozdeistviya na stok reki Moskvy* [Anthropogenic Impacts on the Flow of the Moskva River]. Moscow: Media-Press Publ., 2015. 168 p.
- Koronkevich N.I., Mel'nik K.S. Runoff transformation under the effect of landscape changes in the Moskva R. Basin and in the territory of Moscow City. *Water Resour.*, 2015, vol. 42, no. 2, pp. 159–169.
- Kotlov F.V. *Izmenenie prirodnykh uslovii territorii Moskvy pod vliyaniem deyatel'nosti cheloveka i ikh inzhenerno-geologicheskoe znachenie* [Changes of Natural Conditions of Moscow Area under Anthropogenic Influence and their Engineering Significance]. Moscow: Akad. Nauk SSSR, 1962. 263 p.
- Kotlov F.V. *Izmeneniya geologicheskoi sredy pod vliyaniem deyatel'nosti cheloveka* [Changes of Geological Environment under Human Activities]. Moscow: Nedra Publ., 1978. 264 p.
- Kozlova N.M. Features of water composition formation of the Moskva River in the lower course and prospects for improving water quality. In *Gidrologicheskie issledovaniya i vodnoe khozyaistvo v basseine r. Moskvy* [Hydrological Research and Water Management in the Basin of the Moskva River]. M., 1983, pp. 27–70. (In Russ.).
- Krotkov P.V. *Istoricheskii ocherk inzhenernykh sooruzhenii g. Moskvy* [Historical Essay about Engineering Structures of Moscow]. Moscow: Gorodskaya Tipografiya Publ., 1896. 34 p.
- L'vovich M.I. *Mirovye vodnye resursy i ikh budushchee* [World Water Resources and Their Future]. Moscow: Mysl' Publ., 1974. 448 p.
- L'vovich M.I. *Voda i zhizn': Vodnye resursy, ikh preobrazovanie i okhrana* [Water and Life: Water Resources, Their Transformation and Protection]. Moscow: Mysl' Publ., 1986. 254 p.
- Likhacheva E.A., Timofeev D.A. et al. *Gorod – ekosistema* [City – Ecosystem]. Moscow: Media-Press Publ., 1997. 336 p.
- Moskva: geologiya i gorod* [Moscow: Geology and the City]. Osipov V.I., Medvedev O.P., Eds. Moscow: Moskovskie Uchebniki i Kartolitografiya Publ., 1997. 398 p.
- Nasimovich Yu.A. *Annotirovannyi spisok nazvanii rek, ruch'ev i ovragov Moskvy* [Annotated List of Moscow Rivers, Streams, and Ravines Names]. Moscow: VINITI RAN, 1996. 114 p.
- Nekhodtsev V.A. The review of speleothems formation in Moscow drains. *Speleologiya i spelestologiya*, 2019, no. 10, pp. 296–303. (In Russ.).
- Paul M.J., Meyer J.L. Streams in the urban landscape. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 2001, vol. 32, no. 1, pp. 333–365.
- Shiklomanov I.A. *Vliyanie khozyaistvennoi deyatel'nosti na rechnoi stok* [Influence of Economic Activity on River Runoff]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1989. 334 p.
- Yasinskii S.V. Geoeological analysis of anthropogenic impacts on catchments of small rivers. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2000, no. 4, pp. 74–82. (In Russ.).

УДК 551.510.42

БРИОГЕОХИМИЧЕСКОЕ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕВЕРНОЙ УКРАИНЫ

© 2021 г. Ю. Г. Тютюнник^{а, *}, А. В. Шабатура^б, О. Б. Блюм^с, П. Даунис-и-Эстаделья^д

^аИнститут эволюционной экологии НАН Украины, Киев, Украина

^бКиевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина

^сНациональный ботанический сад им. Н.Н. Гришко НАН Украины, Киев, Украина

^дУниверситет Жироны, Жирона, Испания

*e-mail: yulian.tyutyunnik@gmail.com

Поступила в редакцию 10.07.2020 г.

После доработки 30.11.2020 г.

Принята к публикации 22.12.2020 г.

Методом бриогеохимической индикации с использованием в качестве индикатора мха *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. на территории Северной Украины изучены закономерности поступления в приземную атмосферу, миграции и седиментации в ней К, Са, S, Mg, Al, P, Fe, Mn, Na, Zn, Ba, Ti, Sr, В, Cu, Pb, Ni, Cr, V, Se, Cd, Со. Для каждого элемента составлены карты уровней содержания в образцах мха. База данных этих содержаний (131 точка пробоотбора) изучена с помощью методов факторного анализа и биplot. Это позволило выявить основные причины поступления в воздух атмосферных поллютантов, их миграции в нем и седиментации на дневную поверхность. Для изучения особенностей пространственного распределения уровней содержания химических элементов во мху *P. schreberi* был использован метод вариограммного анализа. Установлено, что согласно наиболее общим закономерностям этого распределения изученные химические элементы объединяются в четыре группы: Fe, Mn, Se; Mg, Zn, Cu, Cr, Cd, Со; К, P, Ba, Ti, Sr, Ni, Pb; Са, S, Al, Na, В, V. Группы отличаются по особенностям размещения пятен-аномалий в пространстве, по размерам аномалий и по их контрастности, а также — анизотропностью и изотропностью конфигурации поля концентрации химических элементов в образцах мха.

Ключевые слова: бриогеохимическая индикация, приземная атмосфера, техногенез, факторный анализ, биplot, вариограммный анализ

DOI: 10.31857/S258755662102014X

Целью настоящей работы является: оценка состояния атмосферного загрязнения северной части Украины методом бриогеохимической индикации, выявление причин и факторов, обуславливающих накопление мхом-индикатором химических элементов из атмосферы, и характеристика пространственного распределения их содержания в приземной атмосфере.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Бриогеохимическая индикация является одним из методов планшетного геохимического мониторинга атмосферы. В ее основе лежит установленный многочисленными исследованиями факт, что между содержаниями химических элементов в приземном слое воздуха и их концентрациями в живых мохообразных образуется хорошая корреляционная зависимость. Поэтому, определяя содержание химических элементов в индикаторах, можно давать, хотя и косвенную, но эффектив-

ную и достоверную оценку химического состава воздушной среды.

Пользуясь любым — не только “брио-” — методом бриогеохимической индикации, следует помнить об особенностях поглощения химических элементов растениями разных эволюционных и таксономических групп. В планшетном мониторинге атмосферного загрязнения наибольшую популярность приобрели брио- и лишеноиндикационные (т.е. с использованием лишайников) методы. Считается, что эти растения в связи с отсутствием проводящей системы и всасыванием воды и газов всей поверхностью практически не поглощают химические элементы из твердых субстратов, на которых произрастают, и больше — из атмосферных осадков и непосредственно из воздуха.

Бриогеохимическая индикация сегодня не просто популярна. С ее помощью в 36 странах Европы осуществляется постоянно действующая программа ICP Vegetation (Moss Surveys) Евро-

пейской экономической комиссии ООН (одним из координаторов программы является Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, Российская Федерация). Созданы и регулярно обновляются карты оценок воздушного загрязнения Европы. В рамках этой программы получены результаты, лежащие в основе данной статьи.

Программой ICP Vegetation (Moss Surveys) рекомендуется (Heavy..., 2015) использовать несколько видов устойчивых к атмосферному загрязнению и широко распространенных в Европе мхов. В условиях Украины практически наиболее удобным оказался вид *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.

Образцы мха *P. schreberi* отбирались с поверхности почвы, опада и отпада, просушивались и очищались согласно методическим рекомендациям (Heavy..., 2015). Объем одного образца мха составлял примерно 1 л. Затем биоматериал высушивался до абсолютно сухого состояния и подвергался мокрому озолению в азотной кислоте (ОСЧ) в микроволновой печи MWS-2 (Berghoff, Германия). Полученный раствор анализировался методом плазменно-эмиссионной спектроскопии на спектрометре ICAP 6300 DUO (Thermo-Fisher Co., США). Определялись K, Ca, S, Mg, Al, P, Fe, Mn, Na, Zn, Ba, Ti, Sr, B, Cu, Pb, Ni, Cr, V, Se, Cd, Co. Конечные концентрации химических элементов в образцах мха пересчитывались на микрограммы на грамм *абсолютно сухого веса* мха, что равнозначно $n \times 10^{-4}\%$ (далее по тексту размерности концентраций упоминаться не будут).

Регион исследования. Образцы *P. schreberi* были отобраны в пределах Ровенской, Житомирской, Киевской, Черниговской и Сумской областей Украины. Единичные точки отбора проб располагались на самом севере Винницкой (1 точка), Тернопольской (2) и Хмельницкой (1) областей. В зональном отношении территория была приурочена к полесьям – Малому, Волынскому, Житомирскому, Киевскому, Черниговскому, Новгород-Сиверскому (*полесские пробы*) и северной лесостепи (*лесостепные пробы*). В секторальном отношении территория отбора проб была разделена на правобережную – *правобережные пробы* (Днестровско-Днепровская физико-географическая провинция + Малое + Волынское + Житомирское + Киевское полесья) и левобережную – *левобережные пробы* (Черниговское + Новгород-Северское полесья + Левобережно-Днепровская физико-географическая провинция). Физико-географическое районирование территории исследования принято по (Физико-географическое..., 1968). Помимо привязки пунктов проб отбора к схеме физико-географического районирования Украины, они объединялись также в группы по степени развития на территории про-

цессов техногенеза. Эти группы обозначены как “фон”, “полуфон” и “техноген”¹.

Пробы были отобраны в 131-м пункте, географические координаты которых определялись в поле с помощью GPS-навигатора.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Представление, моделирование и геостатистический анализ полученных данных проводились следующими способами: а) картографирование фактических концентраций химических элементов в образцах мха и эмпирический анализ карт; б) эмпирический анализ индивидуальных и усредненных по группам точек (полесские, лесостепные, правобережные, левобережные, фоновые, полуфоновые, техногенные пробы) данных о концентрации химических элементов в образцах мха; в) выявление и оценка причин, формирующих атмогеохимическое поле, методами факторного анализа и биplot; г) вариограммный анализ пространственного распределения уровней содержания химических элементов в образцах мха. Главная задача работы – осуществить пространственный анализ атмогеохимического поля в региональном масштабе, используя разные подходы и способы, начиная с самого простого и традиционного вербального “обсуждения” значений концентраций и заканчивая достаточно абстрактными моделями вариограммного анализа.

Картографирование данных по содержанию химических элементов в *P. schreberi* было проведено с помощью классического метода локализованных значков. Для каждого элемента были построены шкалы значков и соответственно созданы “свои” карты – всего 22. В рамках статьи нет возможности ни опубликовать, ни обсудить каждую карту; ограничимся тремя “модельными” (рис. 1). Карта содержания в пробах мха Al показывает нам распределение в приземном слое воз-

¹ “Техноген”: точка находилась в зоне непосредственного воздействия производственных, транспортных и коммунально-бытовых источников выбросов. Обычно это окраины городов, поселков городского типа, больших сел, а также территории, подверженные воздействию шлейфов высоких атмосферных выбросов в местах их оседания и мигрирующих воздушных масс, загрязненных низкими выбросами транспорта. “Фон”: точка удалена на значительное расстояние от любых местных источников выбросов и не подвержена непосредственному воздействию воздушных масс, загрязненных ими. “Полуфон”: точка расположена в зоне воздействия слабых источников выбросов (например, сел с печным отоплением) либо на дальнем радиусе ореолов рассеяния крупных источников. Строгой формальной методики разграничения местоположений “техноген”, “полуфон”, “фон” нет. Оно проводилось, исходя из полевого опыта и интуиции исследователей, визуального изучения территории по маршруту, а также с учетом картографических материалов (топокарты 1 : 250000; отраслевые карты, если таковые имелись; космоснимки, доступные в сети Интернет). Понятия “техноген” и “полуфон” в статье используются в рабочем порядке.

духа Северной Украины природной *терригенной пылью* (алюминий рассматривается как элемент для нее наиболее типичный из всех определявшихся). Карта содержания S показывает распределение *газовой составляющей* техногенеза (выбросы и воздушная миграция SO₂). Карта концентраций в *P. schreberi* Pb демонстрирует распределение в приземном слое воздуха *мелкодисперсных аэрозолей конденсации*, поступивших в атмосферу в результате *пирогенеза*². Свинец — типоморфный для техногенеза химический элемент, связанный преимущественно с мельчайшими твердыми фракциями пирогенных атмосферных выбросов — с так называемыми аэрозолями конденсации (Геохимия..., 1990). Повышенные концентрации в образцах мха, а значит и в атмосфере, алюминия наблюдаются вдоль границы между лесостепью и Полесьем, а также на северо-востоке в районах, примыкающих к отрогам Среднерусской возвышенности (см. рис. 1). В первом случае это может быть связано с зональной переменной ветрового режима, меньшей залесенностью и большей распаханностью лесостепных участков (все это причины более сильного пыления и насыщения воздуха терригенной пылью). Во втором случае, по-видимому, играет роль сильная эрозионная расчлененность юго-западных отрогов Среднерусской возвышенности, что также способствует насыщению воздуха терригенной пылью. Повышенные концентрации S более свойственны Левобережью, особенно в пределах севера Сумской и юга Черниговской областей: это регион с развитой химической промышленностью и нефтедобычей. Наибольшие концентрации Pb приурочены к северным пунктам отбора проб, к полесским участкам. Мы связываем это с более высокой влажностью воздушных масс, которая способствует формированию мелкодисперсных аэрозолей — основных “носителей” техногенного свинца, поступающего в приземную атмосферу от автотранспорта.

Эмпирический анализ численных данных традиционен. Усредненные данные о содержании химических элементов в пробах приведены в табл. 1.

Ряд накопления химических элементов во мху по всей выборке проб таков: K > Ca > S > Mg > Al > P > Fe > Mn > Na > Zn > Ba > Ti > Sr > B > Cu > Pb > Ni > Cr > V > Se > Cd > Co. На основе литературных данных (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989, с. 22–23; Solomons, Forstner, 1984, р. 114) мы произвели приблизительную оценку содержания большинства из изучавшихся элементов в приземной атмосфере над Европой в условиях наиболее близких к тем, в которых осуществлялся наш

отбор проб. Получился следующий ряд накопления химических элементов в пыле-аэрозольной фракции воздуха: Na > K ≈ Ca > Zn > Al ≈ Mg > Fe > Pb > Ti > Cu > Mn > V > Ni > Cr > Cd > Se > Co. Большая часть S и P содержится в воздухе в форме газов, поэтому их не учитывали. Нетрудно видеть, что ряды накопления химических элементов для *P. schreberi* и для твердой фазы приземной атмосферы имеют важные отличия, хотя в общих чертах и похожи. Отличия касаются, прежде всего, таких элементов, как Na, Zn, Pb и Mn. Обусловлены они, на наш взгляд, формами миграции этих элементов в приземной атмосфере, а также биогеохимическими особенностями поглощения их мхом из растворимой (осадки, гидрометеоры, туман) и нерастворимой (сухие аэрозоли и пыль) фаз атмосферного воздуха. Эти особенности следуют иметь в виду при оценке уровней содержания и пространственного распределения химических элементов в атмосфере по данным бриогеохимической индикации.

При сравнении совокупностей проб, сгруппированных по разным физико-географическим и антропогенным условиям формирования атмогеохимического поля, ряд накопления химических элементов, который был характерен для всей выборки проб мха-индикатора, строго не выдерживается (см. табл. 1). Но и те вариации в расположении химических элементов в рядах накопления, которые возникают, не принципиальны.

В условиях Полесья в ряду накопления в *P. schreberi* меняются местами Al↓³ и P↑, а в условиях лесостепи заметно относительное в сравнении с Cd и Co уменьшение концентрации Se. В ряду поглощения для правобережных проб наблюдается перемена местами Sr↑ и Ti↓↓ (расположенный между ними В имеет ту же концентрацию, что и в общей выборке) и заметно уменьшаются концентрации Cd, что сдвигает его в конец ряда.

В ряду для левобережных проб меняются местами В↑ и Sr↓↓, а также Se↓↓, Cd↑↑ и Co↓, что свидетельствует о своеобразии атмо- и биогеохимической обстановки на этой территории (см. рис. 1). Что касается рядов накопления по группам “техноген” — “полуфон” — “фон”, то в первых двух группах по отношению к ряду выборки они полностью выдерживаются. А в последней “фоновой” группе перестановки касаются в основном Al↓ и P↑. Изменения в относительных содержаниях Se, Cd, Co мало показательны, хотя абсолютное уменьшение концентрации селена в группе “фоновых” проб и существенно. Из сказанного следует, что: а) ряд накопления химических элементов по всей выборке отражает преимущественно те геохимические условия, кото-

² Пирогенез — техногенные процессы, сопровождаемые сжиганием твердого, жидкого и газообразного топлива (Тютюнник, Горлицкий, 2000).

³ “↑” — увеличение и “↑↑” — сильное увеличение содержания; “↓” — уменьшение и “↓↓” — сильное уменьшение содержания.

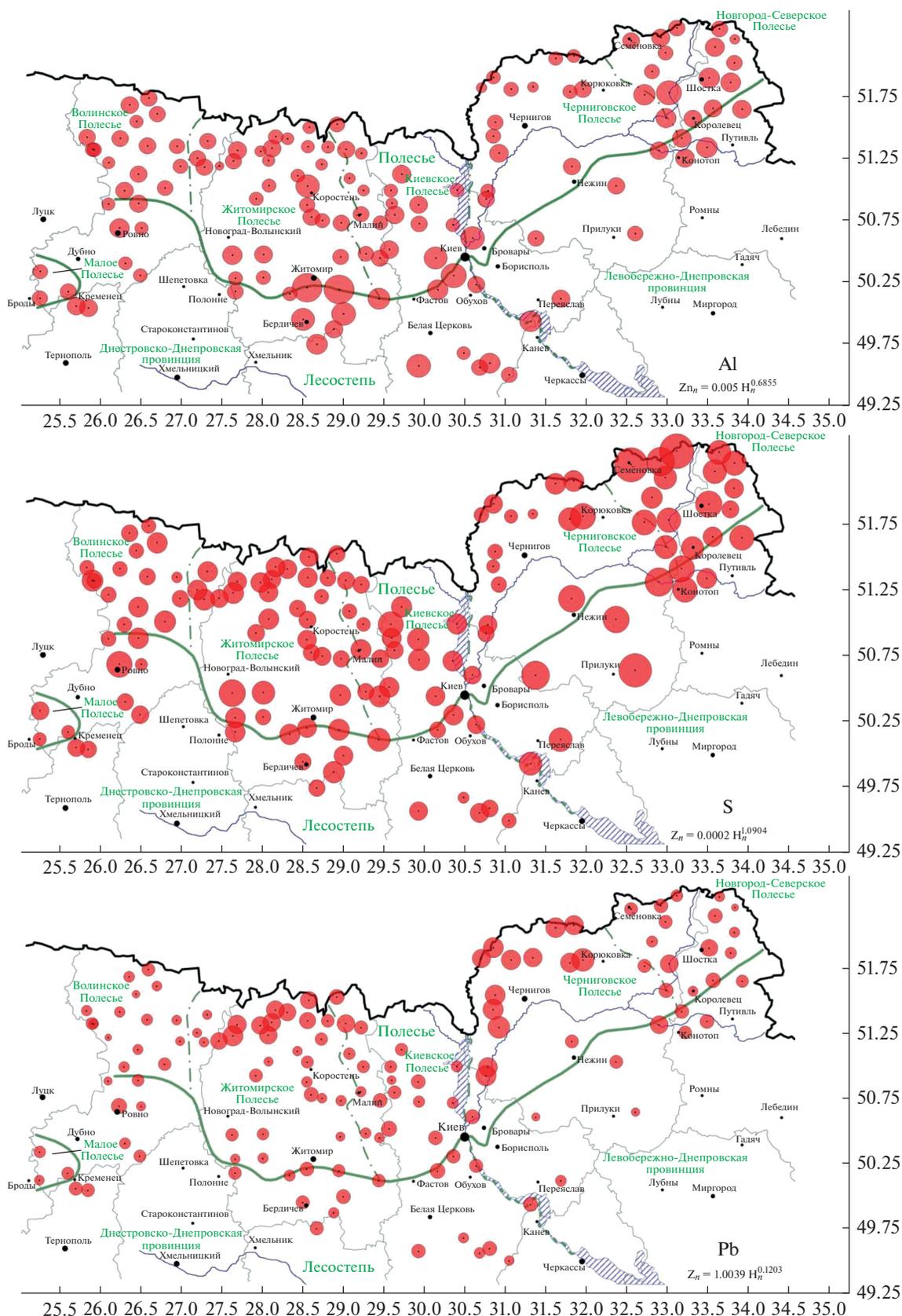


Рис. 1. Содержание Al, S и Pb в пробах мха *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., отобранных на севере Украины. Z_n – диаметр кружка, H_n – концентрация элемента во мху ($n \times 10^{-4}\%$). По вертикали – градусы северной широты, по горизонтали – градусы восточной долготы.

Таблица 1. Усредненное содержание химических элементов в образцах мха *Plagiozium schreberi* (Brid.) Mitt., отобранных в пределах Северной Украины, мг/г абсолютно сухого веса

Группировка точек		Химические элементы и их содержание во мху																						
		Вся обследованная территория																						
		K	Ca	S	Mg	P	Al	Fe	Mn	Na	Zn	Ba	Ti	Sr	B	Cu	Pb	Ni	Cr	V	Se	Cd	Co	
Все пункты пробоотбора, 131 точка		6665	3598	1404	1233	793	781	646	525	358	37.0	23.9	21.2	13.8	12.7	10.0	4.5	3.5	2.32	1.79	0.44	0.39	0.38	
	Полесье, 100 точек																							
			6584	3461	1371	1193	759	717	617	535	341	37.3	23.2	19.6	11.7	11.15	9.5	4.66	3.5	2.23	1.59	0.49	0.41	0.37
Лесостепь, 31 точка																								
		6930	4040	1511	1364	1039	856	741	491	412	36.1	26.4	26.2	20.5	17.7	11.3	3.98	3.7	2.58	2.44	0.40	0.35	0.29	
		По провинциям																						
Правобережье, 91 точка																								
		6608	3544	1250	1211	784	611	599	551	420	36.1	22.3	16.1	12.7	12.2	10.6	3.90	2.7	2.57	1.92	0.46	0.38	0.29	
Левобережье, 40 точек																								
		6449	3563	1493	1156	1089	769	678	437	211	40.1	24.2	21.3	10.0	8.3	7.8	4.6	3.7	1.64	1.6	0.46	0.34	0.30	
		По природным и техногенным условиям формирования атмосферического поля																						
Фон, 51 точка																								
		6707	3605	1389	1183	832	774	590	534	329	36.0	23.6	18.7	13.6	13.3	9.2	4.34	3.6	2.23	1.74	0.38	0.38	0.38	
Полуфон, 50 точек																								
		6552	3521	1397	1279	831	788	684	479	364	35.9	23.9	23.4	14.3	12.8	10.6	4.51	3.4	2.36	1.92	0.48	0.40	0.38	
Техноген, 30 точек																								
		6783	3715	1441	1242	764	685	679	587	396	40.6	24.5	21.8	13.1	11.4	10.3	4.76	3.7	2.40	1.67	0.47	0.40	0.38	

рые характерны для условий “техноген” и “полуфон”; б) геохимические условия накопления химических элементов в *P. schreberi* в Полесье близки к таковым для мха, отобранного на фоновых территориях.

О максимальных содержаниях в *P. schreberi* наиболее важных из определявшихся загрязнителей воздуха можно сказать следующее. Наибольшие (>3000) содержания S отмечены в Черниговской области: а) в окрестностях г. Семёновки (Полесье, далее – П; техноген, далее – т); б) около с. Лесное (лесостепь, далее – Л; полуфон, далее – пф); в) к югу от с. Бучки (П; фон, далее – ф). Наибольшие (>2000) концентрации Fe – южнее с. Смелое Черниговской области (П, ф). Mn: 1) >2800: в лесном массиве в Коростенском районе Житомирской области (П, ф); 2) >1800: с. Сидоровичи Киевской области (П, т). Zn: 1) >90 в лесном массиве к югу от трассы Ровно–Луцк, на границе Ровенской области (Л, ф); 2) >60 в окрестностях г. Костополь (П, т) и к югу от с. Сошенка (П, ф) Ровенской области; около г. Сновск Черниговской области (П, т). Cu > 25: в лесном массиве к югу от с. Кодра (П, пф), в лесном массиве к западу от с. Шпили (П, пф) и в лесном массиве к западу–юго-западу от с. Капитановка (Л, пф) Киевской области. Pb > 10: около г. Сновск (П, т), на въезде на танковый полигон около пос. Гончаровское (П, т) и южнее с. Ведельцы (П, пф) Черниговской области. Ni: > 25 – к северу от с. Хлопяники Черниговской области (П, ф); >10 – около г. Шостки Сумской области (П, т). Sr: > 7 – в лесном массиве между селами Дулинское и Рудня Житомирской области (П, ф); >6 около с. Зеленый Гай (П, пф) и к югу от с. Соболёвка (П, ф) Житомирской области. V: > 6 к югу от с. Соболёвка Житомирской области (П, ф) и между селами Черниевка и Катюржинцы на границе Житомирской и Хмельницкой областей (Л, пф); >5 к юго-востоку от с. Киянка (Л, ф) и к востоку от с. Тетерка (П, пф) Житомирской области. Cd: > 1.8 – танкодром около пгт Десна Черниговской области

(П, т); >1.5 между пгт Радуль и с. Новосёлки Черниговской области (П, ф). Большая часть максимальных концентраций важнейших из определенных нами загрязнителей атмосферы приурочена к полесским пробам (22 против 5 лесостепных), при этом они тяготеют либо к фоновым участкам (9), либо к участкам в условиях техногенеза (8). Это говорит о том, что максимальные содержания во мху-индикаторе этих поллютантов зависят не только от локальных выпадений продуктов техногенеза, но и от воздушной миграции последних в региональном масштабе.

Факторный анализ и биplot. Эти статистические методы анализа данных помогают понять **причины**, по которым химические элементы концентрируются в индикаторных образцах (не только мхов). Интерпретация результатов факторного анализа и биplotа носит принципиально вероятностный (предположительный) характер. Это не мешает их использованию в геохимии окружающей среды. Факторный анализ используется широко, он популярен и уже традиционен, поэтому останавливаться на его характеристике не будем.

Биplot родственен факторному анализу, но алгоритм моделирования и способы представления его результатов – иные. Общая характеристика метода дана в (Greenacre, 2010), его целенаправленная адаптация к геохимическим исследованиям в (Тютюнник и др., 2005; Martín-Fernández et al., 2004), а опыт моделирования методом биplot данных бриогеохимической индикации изложен в (Тютюнник и др., 2006; Шабатура и др., 2018). Графическое представление модели “биplot” дано на рис. 2. Оно показано своеобразным графиком (“звезда биplot”): пучок лучей группы химических элементов, более или менее плотно объединяющихся в ассоциацию, указывает на геохимическую причину или совокупность генетически родственных причин, обуславливающих эту ассоциацию. Четкость, целенаправленность, вероятности действия причины, ее выраженность на фоне иных факторов оцениваются по углам между

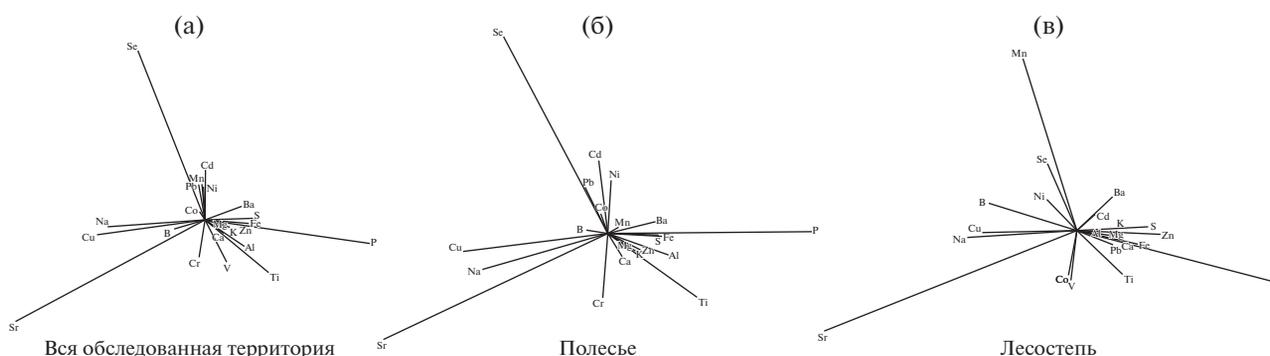


Рис. 2. Результаты изучения методом биplot базы данных о содержании химических элементов в образцах мха *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., отобранных на севере Украины – графики биplot.

лучами пучка. Эти углы зависят от величины дисперсии логарифмов отношений концентраций двух соседних лучей-элементов ($\lg[EL_1]/[EL_2]$). Сила же влияния причины, ответственной за накопление того или иного элемента, оценивается по длине его луча. И углы между лучами, и длины лучей рассчитываются в гиперпространстве факторов и причин. Длины лучей характеризуются величинами средней вариабельности дисперсий. Количественные выражения длин лучей и углов между лучами могут быть даны в виде отдельной таблицы (Тютюнник и др., 2006). Таблица (в тексте не приводится) помогает правильно интерпретировать “звезду”, которая является проекцией гиперпространства геохимических факторов и причин на двумерную плоскость. При проецировании углы между лучами и длины лучей могут искажаться, и поэтому интерпретация “звезды” требует определенных навыков. Подчеркнем, что нами использована модификация метода биplot – биplot композиционный. В геохимических исследованиях она более эффективна (Тютюнник и др., 2014; Martín-Fernández et al., 2004).

Как следует из табл. 2, наиболее сильный геохимический фактор F_1 репрезентируется ассоциацией Fe/Ti/Al/Ba/P⁴. В исследованиях других авторов, подвергавших факторному анализу данные о концентрации химических элементов в различных видах мхов-индикаторов, F_1 связывается с такими ассоциациями: Al/Fe/V/Cr/As/Ni – вся Европа (Harmens et al., 2015); Ca/Mg/Fe – Житомирская и Киевская области Украины (Шабатура и др., 2018); Ni/Fe/V/As/Cr – Украина (Карпаты, Прикарпатье и Закарпатье)

⁴ Обычно при интерпретации результатов факторного анализа данных биогеохимической индикации коэффициенты факторных нагрузок (КФН) по тому или иному химическому элементу, которые считаются значимыми и позволяют включать этот элемент в ассоциацию, принимаются равными 0.7 и выше. Однако при большом количестве исходных данных допускается снижение коэффициентов, подлежащих интерпретации. Это влечет увеличение числа химических элементов, принимающих участие в формировании ассоциации по тому или иному фактору. Так, в (Harmens et al., 2015) при моделировании массива данных по всей Европе КФН учитывались при значениях 0.5 и выше. Анализируя массив информации, включающий 131 пункт отбора проб, мы сочли возможным учитывать КФН 0.6 и выше. Обратим внимание, что некоторыми исследователями допускается неоправданное занижение порога значений КФН, учитываемых при интерпретации результатов факторного анализа. В (Lazo et al., 2018) всего лишь при 48 точках отбора проб значения коэффициентов факторных нагрузок, годных для интерпретации, понижались до 0.4. Это ошибка. В геохимическом плане она приводит к чрезмерному разрастанию ассоциаций. Ассоциации, состоящие из очень большого количества химических элементов, малоинформативны и плохо интерпретируются. Дабы не исказить первоисточники, мы приводим их в том виде, в каком они даются авторами цитируемых работ, но о сделанном замечании следует помнить. Элементы в ассоциациях записываются в той последовательности, в которой уменьшаются величины их КФН.

(Тютюнник и др., 2005); Al/Sc/Ta/Tb/Th/Ce/La/Yb/Cr/Sm/U/Hf/As/Mg/Cs/Co – Тульская область России (Ермаков и др., 2002); Yb/Tb/Mg/Ca/Fe/Sm/V/Sc/Cr/Ce/La/Ta/Ba – Россия (Южный Урал) (Frontasyeva et al., 2002); La/Th/Ce/Fe/Ti/Fe/Sc/Cr/Eu/Na/Al/V/Mg/Sm/Ba/Cs – Румыния (Трансильвания, окрестности г. Байя-Марэ) (Culicov et al., 2002); Zr/Ba/Rb/Hf/Cs/Fe/Ni/Sr/Sc/Th/Co/Cr – Румыния (Северо-Западная Трансильвания) (Solomons, Forstner, 1984); Th/Ce/La/Hf/Yb/Sc/Cs/U/Zr/Ti/V/Li/W/Al/Mn/Ba/Rb/Fe/Co/Sr/Ta/Se – Албания (Lazo et al., 2018), Ga/La–Lu/V/In/Al/Zr/Fe/Hf/Li/Be/Cr/Ge/Tl/Co/Y/Ta/Bi/Rb/As/Te/Ni/Sc/Ru–Pt/Sr/Ba – Македония (юго-запад, котловина Пелагония) (Dimovska et al., 2014). Далее по тексту, при рассмотрении факторов – F_2, F_3, \dots – перечисленные регионы исследования цитируемых авторов повторяться не будут, для каждого источника они остаются теми же.

Несмотря на то, что использовались разные виды мхов-индикаторов и разные аналитические методы (атомная абсорбция, плазменно-эмиссионная спектрометрия, нейтронная активация и др.), что обуславливало разные списки определяемых элементов, практически все исследователи сходятся на том, что F_1 – это *влияние терригенной пыли*. С этим, в принципе, следует согласиться. Но нужно иметь в виду два важных момента. Во-первых, состав терригенной пыли напрямую связан с петрографическими, минералогическими и геохимическими особенностями исследуемой территории. Поэтому F_1 прямо или косвенно, но всегда будет отражать ее геологическую дифференциацию и особенности процессов гипергенеза. Во-вторых, мхи как живые организмы весьма специфичны в биогеохимическом отношении. В частности, они являются активными концентраторами таких важных породообразующих элементов, входящих в состав терригенной пыли, как Fe, Al и Ti (особенно Fe), и активными деконцентраторами таких не менее важных породообразующих элементов, как K, Ca и Mg. Этим можно объяснить тот факт, что Fe в терригенной ассоциации (F_1) у разных исследователей присутствует почти всегда, а Ca и Mg часто из нее выпадают.

Таким образом, F_1 как геохимический фактор может иметь тройную интерпретацию: а) влияние седиментации терригенной пыли, б) зависимость от местных геолого-геохимических условий, в) биогеохимические особенности мхов как живых организмов. Обобщенно можно сказать так: F_1 – это природно-геохимический фактор, в котором различаются составляющие (подпричины) групп “а”, “б” и “в”. По следующим факторам (F_2, F_3) они могут дивергировать и проявлять себя каждая как отдельная причина.

Таблица 2. Результаты факторного анализа (варимакс) данных о содержании химических элементов в 131 образце мха *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., отобранном на территории Северной Украины

Элемент	Коэффициенты факторной нагрузки						
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7
K	0.26	0.02	-0.07	0.28	0.75	0.15	0.28
Ca	0.42	0.24	-0.21	0.60	0.01	-0.16	0.25
S	0.58	-0.02	-0.08	-0.01	0.19	-0.29	0.13
Mg	0.50	0.03	0.02	0.64	0.29	0.04	0.17
Al	0.63	0.31	0.07	-0.11	0.17	0.30	-0.09
P	0.60	-0.24	-0.21	-0.35	0.05	-0.39	0.16
Fe	0.81	0.06	0.13	0.25	-0.18	-0.05	0.05
Mn	-0.08	0.19	0.03	-0.08	0.67	0.01	-0.20
Na	0.05	0.15	-0.04	0.81	0.01	0.20	-0.11
Zn	0.06	-0.14	0.10	-0.07	-0.02	-0.05	0.87
Ba	0.62	-0.06	0.20	0.26	0.18	0.21	0.05
Ti	0.71	0.00	-0.23	-0.07	-0.20	0.35	-0.16
Sr	0.04	0.79	-0.16	0.21	-0.04	0.22	-0.14
B	0.14	0.77	0.14	-0.01	0.32	0.08	0.02
Cu	-0.24	0.79	0.35	0.14	0.10	0.06	0.02
Pb	-0.06	0.19	0.83	0.13	-0.10	0.00	0.16
Ni	0.25	0.10	0.71	-0.14	0.18	0.06	-0.29
Cr	-0.04	0.05	-0.01	0.09	0.27	0.74	-0.15
V	0.24	0.35	-0.10	-0.12	-0.17	0.68	0.22
Se	-0.13	0.03	0.22	0.71	-0.02	-0.12	-0.09
Cd	-0.07	0.13	0.83	0.07	-0.03	-0.09	0.12
Co	0.07	0.70	0.23	0.06	-0.01	-0.01	-0.09
Исчерпанная дисперсия, %	19.6	15.5	9.8	8.9	6.1	5.5	4.9

Примечание: Полужирным выделены коэффициенты факторных нагрузок, учитываемых по данному фактору.

Это подтверждается биплотом (см. рис. 2а). В правой части графика наблюдается пучок лучей Ti, Al, Ca, K, Mg, P, Fe, S, Ba. Это элементы минеральной фракции терригенной пыли (породообразующие элементы). Большая их часть – Ti, Al, Mg, P, Fe, S, Ba – входит в выявленную ассоциацию по фактору F_1 . “Кооптирование” в пучок луча цинка отчасти можно объяснить искажением угла при проектировании луча Zn из гиперпространства на плоскость. Пучок лучей Ti, Al, Ca, K, Mg, P, Fe, S, Ba достаточно рыхл – углы между лучами значительны. Это указывает на комплексный характер проявления F_1 , состоящего из вышеназванных подпричин.

В характеризуемом пучке можно различить три группы пучков второго порядка (подпучков). С “подпучком” Ti, Al, Ca наиболее тесно связана составляющая “а”. Значительная роль титана обусловлена тем, что в Житомирской области находятся россыпи ильменитовых песков, разрабатываемые как месторождения титановых руд. В подпучке K, Mg, Fe, P сосредоточены типичные биогенные элементы. Очевидно, это составляющая “в”. Группировка из Ba и S связана, скорее всего, с какими-то минералогическими “тонкостями” пыли, то есть с составляющей “б”. Отметим, что в (Stain et al., 2001) фактор влияния терригенной пыли авторы связывают не с одним первым фактором (F_1), а с двумя: F_1 –

Zr/Ba/Rb/Hf/Cs/Fe/Ni/Sr/Sc/Th/Co/Cr и F_2 – Sm/La/Al/U/Mg/V/Na/Ce/Th, т.е. то, что у нас фигурирует как составляющие F_1 , эти авторы считают отдельными факторами.

Ассоциация по F_2 (это второй по силе воздействия фактор), выделенная нами, такова: Sr/Cu/V/Co. Ассоциация очень четкая, поскольку КФН по всем ее элементам – не менее 0.7, а следующее после 0.7 значение КФН, по V, равно уже 0.35 (неинформативно). В литературе по бриогеохимической индикации F_2 связывается с разными ассоциациями: Cd/Pb/Zn (Harmens et al., 2015), Zn/Cd (Тютюнник и др., 2005), K/Ca/Cl/Sr/Br/Zn/Rb (Ермакова и др., 2002), Zn/Cu/Sb/Fe/Ag/Cd/Cl/K/Hf (Dimovska et al., 2014), As/Sb/Cu/Se/Pb (Culicov et al., 2002), Hg/Sb/Zn/Mo/Ca/Pb/Cu/Rb (Lazo et al., 2018), Cd/Ag/Pb/Zn/Sn/Hg/Cu (Dimovska et al., 2014), однако похожей на выявленную нами нет. Заметим, что ранее при бриогеохимических исследованиях в Киевской и Житомирской областях по F_2 нами была выявлена эта же ассоциация – Cu/V/Co/Sr, но менее четко выраженная (Шабатура и др., 2018).

Фактор F_2 связывают чаще всего с влиянием техногенеза и воздушной миграции его продуктов в региональном масштабе. Техногенез, однако, сложное явление, на разных территориях с разной хозяйственной специализацией он проявляется по-разному, и эти различия, безусловно, отражаются на составе тех ассоциаций, которые с техногенезом связаны. Что можно сказать в нашем случае?

Во-первых, форма техногенеза, которая обусловила ассоциацию Sr/Cu/V/Co, для обследованной территории весьма существенна (F_2 – сильный фактор).

Во-вторых, она захватывает весь изученный регион. В-третьих, это довольно “узкая” форма техногенеза, она связана с каким-то одним его проявлением или несколькими, но генетически близкими между собой. Об этом говорит то, что значения КФН для элементов ассоциации по F_2 резко отделены от значений для всех прочих элементов. Учитывая перечисленные моменты, можно прийти к выводу, что формой техногенеза, репрезентируемой вторым фактором, является *атомная энергетика и обращение с радиоактивными отходами*.

На крайнем западе и крайнем востоке обследованная территория попадает соответственно в зоны воздействия Ровенской и Курской АЭС. В центральной части – в зоны воздействия Хмельницкой и Чернобыльской АЭС. Последняя, хотя и остановлена, но вместе с сопутствующей поставарийной радиационной инфраструктурой – объект “Укрытие”, пункты временной локализации

(ПВЛРО) и захоронения (ПЗРО) радиоактивных отходов, пылящие радиационно-загрязненные территории – продолжает оставаться важным источником радиогеохимического влияния на окружающую среду. Техногенез в ядерной энергетике легко объясняет триплет Sr/V/Co. Соединения бора добавляются в теплоноситель – воду – в качестве замедлителя нейтронов, а при ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС они использовались также при тушении пылающего реактора. Sr^{89} ($T_{1/2}$ 50.5 сут) и Sr^{90} ($T_{1/2}$ 28.1 лет) являются одними из самых массовых осколочных радионуклидов атомной энергетики, причем, в отличие от стабильного стронция, они при миграции в атмосфере тяготеют к мелкодисперсным аэрозолям конденсации. Co^{58} ($T_{1/2}$ 70.86 сут) и Co^{60} ($T_{1/2}$ 5.27 лет) являются важными коррозионными продуктами наведенной активности; они тяготеют к мелкодисперсным аэрозолям дезинтеграции и поступают в атмосферу иначе, чем Sr^{89} и Sr^{90} .

Поскольку плазменно-эмиссионная спектроскометрия изотопов не различает, нестабильные изотопы стронция и кобальта определены в сумме со стабильными. Таким образом, часть ассоциации, представленная Sr– $Sr^{89, 90}$ /V/Co– $Co^{58, 60}$, хорошо объяснима: влияние на обследованную территорию трех работающих атомных станций. С медью – проблема. Как она попала в ассоциацию? Среди продуктов нейтронной активации АЭС есть изотоп Cu^{64} , но время его жизни коротко ($T_{1/2}$ 12.7 ч), а объемы поступления в окружающую среду малы. Вряд ли участие в ассоциации меди можно связать с Cu^{64} . А вот приуроченность металла к поставарийным объектам (“Укрытие”, ПВЛРО, ПЗРО) Зоны отчуждения Чернобыльской АЭС вполне реальна. Возможно, медь на них и указывает. Однако это предположение требует проверки, нужны дополнительные исследования.

Биplot (см. рис. 2а) также дает нам ассоциацию Sr/V. То, что луч Co отодвинулся в сторону от пучка Sr–V, говорит о специфике его поступления в окружающую среду как дезинтеграционного продукта нейтронной активации (коими Sr и V не являются). Малая длина луча кобальта говорит о том, что уровни накопления его во мху-индикаторе невысоки. Что касается луча меди, то кажущаяся близость луча Cu к лучу Na обусловлена искажением угла при проецировании гиперпространства на плоскость.

Фактор F_3 . Прежде всего, обратим внимание на то, что процент исчерпанной дисперсии, отражающий силу влияния фактора, по F_3 довольно резко снижается (см. табл. 2). F_3 индицируется ассоциацией Pb/Cd/Ni. При этом разрыв между значениями КФН для членов ассоциации и прочих химических элементов, как и в случае F_2 , ве-

лик (0.71 и выше против 0.35 и ниже). Это значит, что F_3 ассоциацией Pb/Cd/Ni маркируется очень четко. Биплот это подтверждает: углы между лучами Pb, Cd и Ni малы, лучи собраны в компактный пучок (см. рис. 2а).

В литературе с F_3 связываются такие ассоциации: Ni/Cu и Cu (Тютюнник и др., 2014), V/Ti/S/Ba (Шабатура и др., 2018), Na/Ni/Cs/Co/Ba (Ермакова и др., 2002), Th/U/Na/La/Ce/Sm (Frontasyeva et al., 2002), Br/Cl/Ca (Culicov et al., 2002), Mg/Ni/Cr/Co/K/Fe/Zn/P (Lazo et al., 2018), Mo/As/Cu/Se/Au/Sb/Ag (Stain et al., 2001), K/P/Na/Ca/Mg/B (Dimovska et al., 2014). Объясняются они чаще всего влиянием местных и узко-региональных проявлений техногенеза. Эти проявления различны на разных территориях, поэтому и “пестрота” ассоциаций по F_3 закономерна. В общем случае F_3 отражает влияние техногенеза вариабельно – с учетом его местных особенностей и специфики природных условий миграции и седиментации атмосферных поллютантов. Важным доводом в пользу техногенной интерпретации F_3 являются выявленные в (Lazo et al., 2018) отрицательные значения по нему коэффициентов факторных нагрузок для K и P. В биогеохимии давно известно, что эти биогены в условиях техногенеза начинают накапливаться растениями менее интенсивно – отсюда и отрицательные значения КФН.

Что касается “нашей” ассоциации Pb/Cd/Ni, то Pb мы рассматриваем как маркер низких местных пироженных выбросов мелкодисперсных аэрозолей (обычно свинец связывают с выхлопными газами автотранспорта); Cd – как индикатор мелкодисперсных продуктов техногенеза, мигрирующих в составе воздушных потоков регионального и глобального масштаба; Ni – как что-то среднее – в смысле геохимической причинности – между свинцом и кадмием. Умеренные длины лучей “Pb”, “Cd” и “Ni” на графике биплота (см. рис. 2а) свидетельствуют о том, что в региональном плане геохимическое воздействие F_3 на территорию слабее, нежели воздействие на нее F_2 (ср. с длинами лучей Sr, Cu и V).

Таким образом, в нашем случае F_3 можно интерпретировать как *общее воздействие техногенеза, обусловленное поступлением в атмосферу и наличием в ней мелкодисперсных аэрозолей конденсации.*

В отношении природы четвертого фактора единого мнения исследователей нет. F_4 , F_5 , F_6 связывают с различными геохимическими причинами регионального и локального порядка: местные выбросы, природные геохимические аномалии, морские аэрозоли, микроклиматические условия атмосферной миграции и седиментации пыле-аэрозолей, окислительно-восстановительные и щелочно-кислотные параметры среды и др.

Следует иметь в виду, что F_4 , F_5 , F_6 – факторы с малыми величинами исчерпания дисперсии, а значит и причины, ими отражаемые, менее существенны, чем те, которые связаны с F_1 , F_2 , F_3 .

В настоящей работе по F_4 образуется ассоциация Na/Se/Mg/Ca. Группа Na/Mg/Ca связана, скорее всего, с *крупнодисперсной карбонатной пылью полигенетического происхождения*, т.е. образующейся как при выветривании природных известковых горных пород, так и в результате производства стройматериалов, строительных работ. Наличие в ассоциации селена не вполне ясно; нужны дополнительные исследования. Биплот (см. рис. 2а) не дает пучка Na–Se–Mg–Ca. Лучи Se и Na имеют высокую степень индивидуальности, а лучи Mg и Ca уходят в пучок терригенной ассоциации, никак не проявляя свою связанность именно с карбонатными субстанциями. F_5 представлен ассоциацией K/Mn. Ее можно объяснить попаданием на образцы мха *капельножидкой фазы* – атмосферных осадков, тумана, гидрометеоров: K – хороший водный мигрант и биоген, а Mn – чуткий индикатор Eh и pH водной среды. На биплоте пучка K–Mn нет. Короткий луч калия видим в пучке маркеров терригенной пыли (возможно, частички слюды и калиевых полевых шпатов?), а луч марганца – среди ТМ, тяготеющих к техногенным мелкодисперсным аэрозолям конденсации (в которых Mn также может содержаться). F_6 репрезентируется ассоциацией Sr/V. Sr и V объединяет то, что оба химических элемента являются тугоплавкими металлами, и их соединения при разных степенях окисления в окружающей среде мигрируют по-разному. В подвижных формах Sr и V токсичны для живых организмов. О ванадии известно также, что он – типоморфный химический элемент высоких теплоэнергетических выбросов (сжигание угля и мазута). Sr, хотя и не относится к типоморфным элементам пирогенеза, также в таких выбросах всегда присутствует. Учитывая названные моменты геохимического “родства” V и Sr, можно предположить, что F_6 – фактор *высоких локальных выбросов от отопительных и промышленных систем.* Их распределение на обследованной территории носит точечный характер, оно не густо, но повсеместно.

На графике биплота (см. рис. 2а) лучи Sr и V соседствуют; хотя угол между ними довольно велик, геохимическая общность, тем не менее, просматривается. F_7 ассоциирован с Zn, который одновременно является и биогенным, и типичным представителем воздушных поллютантов группы тяжелых металлов. Мы интерпретируем F_7 как фактор влияния на процессы поглощения тяжелых металлов мхом биохимических и биогеохимических особенностей этого растительного организма (*фактор биогенеза*). На биплоте

(см. рис. 2а) луч Zn попадает в пучок терригенной ассоциации, однако это, как уже говорилось, можно частично объяснить эффектом искажения углов лучей при проецировании их из гиперпространства на плоскость. В то же время видно, что к лучу цинка близки лучи других важных биогеоносов — Р и S. Косвенно это подтверждает заключение о том, что цинк в нашем случае связан, прежде всего, с биогеогенезом.

Заметим, что факторный анализ и биplot информативно дополняют друг друга, особенно в области действия причин малой силы. Что упускается из виду одним статистическим методом, подмечается другим. Поэтому эти два способа интерпретации геохимических данных целесообразно использовать совместно.

В заключение обратим внимание на то, что графики биplotа, построенные для выборок по Полесью и лесостепи (см. рис. 2б, 2в), хотя в целом и схожи, но имеют и заметные отличия. Это говорит о том, что причины, определяющие поступление химических элементов в воздух, их миграцию в приземной атмосфере, седиментацию на дневную поверхность и поглощение мхом *P. schreberi*, в природных условиях зон смешанных лесов и лесостепи заметно различаются по интенсивности своих проявлений.

Вариограммный анализ пространственного распределения концентраций химических элементов во мхах заключается в построении для каждого из них особых графиков — *вариограмм* и эмпирической интерпретации этих графиков. Это типичный геостатистический метод, его теоретические основы изложены в (Cressie, 1991). Эффективность применения вариограммного анализа в геохимии показана в (Olea, 1999; Paz-Ferreiro et al., 2009). Метод позволяет устанавливать то, как и в согласии с какими статистически значимыми закономерностями показатели концентраций распределяются по территории. Выявляя эти закономерности, можно косвенно судить о причинах, обуславливающих пространственное распределение химических элементов, а сами элементы типизировать по особенностям поведения в пространстве.

Вариограммы были построены для каждого из 22 химических элементов. Затем графики были разбиты на группы — типизированы. Сходство и различие графиков легко определяется визуально (наглядность — одно из достоинств вариограммного анализа). Разумеется, полного тождества между графиками внутри каждой группы нет, но различия между ними внутри группы меньше, чем различия между графиками разных групп. Сравнение графиков по сходству–различию позволило выделить четыре группы химических элементов, а именно: 1) Fe, Mn, Se; 2) Mg, Zn, Cu, Cr, Cd, Co; 3) K, P, Ba, Ti, Sr, Ni, Pb; 4) Ca, S, Al, Na,

V, V. Наиболее типичные для каждой группы графики показаны на рис. 3.

Группа 1 (см. рис. 3, Mn). Вариограммы данного типа свойственны химическим элементам, не имеющим статистически значимой закономерности распределения концентраций в образцах мха в пространстве. Начиная с шага примерно в 10 км, для элементов этой группы наблюдается отсутствие каких-либо правил в распределении по территории. Они распределены произвольно и равномерно в виде пятен аномалий разных размеров. Размеры пятен аномалий колеблются от минимальных (равных наименьшим расстояниям между точками отбора проб) до крупных (для Mn — с шагом до 20 км). Но преобладают мелкие пятна аномалий. Внутри них разбросы уровней концентраций химических элементов в образцах мха схожи. Колебания уровней содержания элементов в образцах в крупных аномалиях в 3–4 раза больше, чем в мелких.

В целом модель может быть интерпретирована так. 1. Незначительные локальные выпадения загрязнителей, содержащих Fe, Mn, Se, формируют на территории исследования изотропную микропятнистость с примерно одинаковым и неконтрастным распределением концентраций в пятнах-аномалиях. 2. Крупные локальные (окрестности городов) и региональные выпадения Fe, Mn, Se, связанные с атмосферной миграцией пыле-аэрозолей, формируют аномалии больших размеров с контрастными (от центра к периферии) содержаниями химических элементов в образцах мха. Совпадение графиков по широтному и меридиональному направлениям говорит о том, что и в том, и в другом случаях данная модель распределения химических элементов в пробах мха “работает” одинаково.

Группа 2 (см. рис. 3, Zn). Диаграммы этого типа говорят о том, что обследованная территория недостаточна, чтобы с удовлетворительной степенью достоверности выявить какую-то пространственную закономерность в распределении концентраций. Но в принципе какие-то закономерности могут существовать. В целом распределение концентраций в образцах химических элементов этой группы в пространстве носит макроанизотропный характер, т.е. анизотропия проявляется на больших расстояниях (для Zn — при шаге 160–170 км). Но на малых расстояниях распределение концентраций элементов в пространстве носит изотропный характер, размеры пятен аномалий невелики и не сильно отличаются друг от друга. В самих аномалиях содержания химических элементов в образцах не имеют большого разброса.

Анизотропность распределения концентраций проявляет себя по-разному в меридиональном и широтном направлениях: на малых расстояниях проявляется слабо, но на больших — в широт-

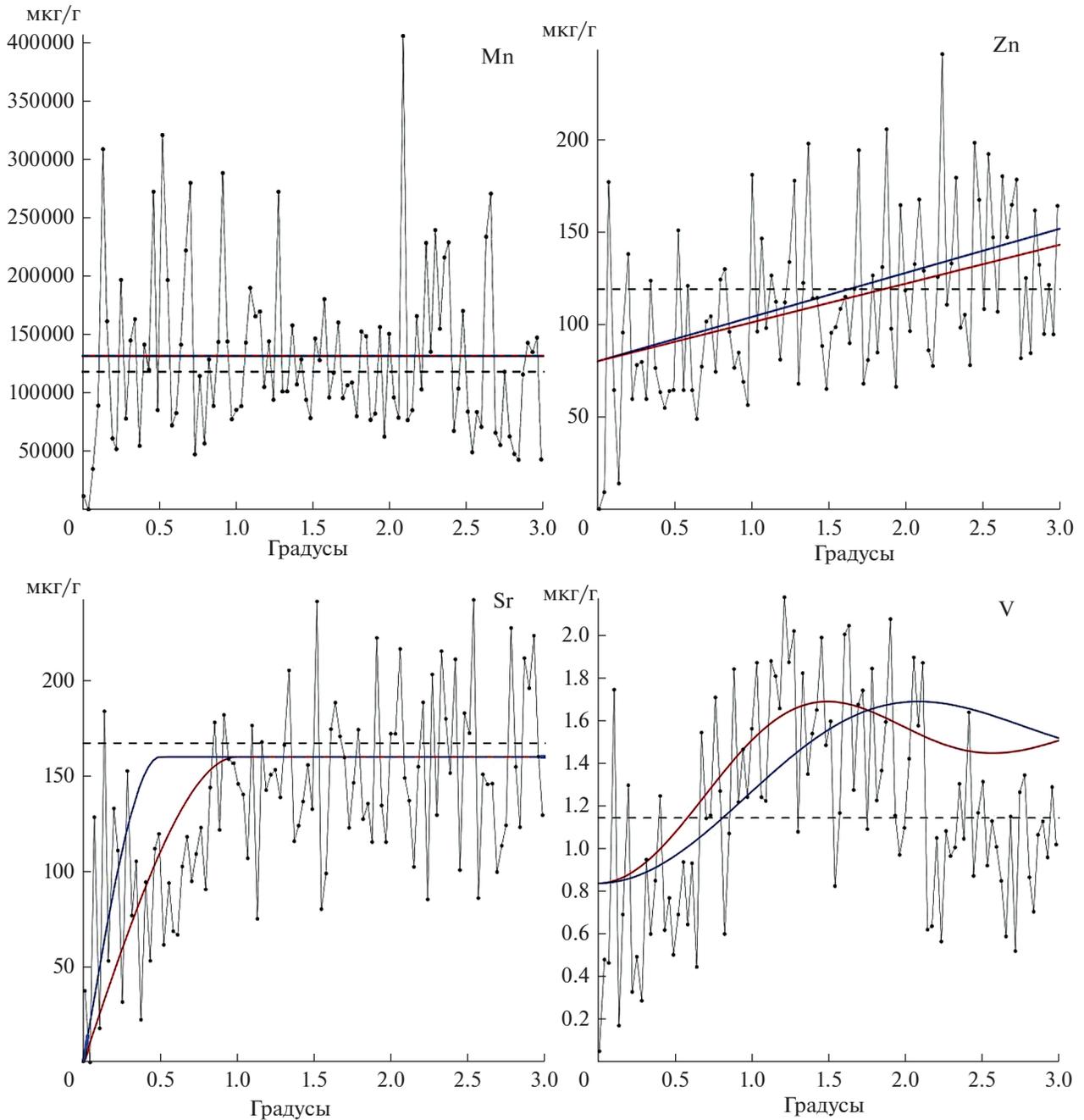


Рис. 3. Типовые вариограммные графики для 4-х групп химических элементов (объяснения в тексте). По вертикали – дисперсии приращения (мкг/г); по горизонтали – расстояние между точками расчета дисперсии (градусы); линия “пунктир с точкой” – график вариограммы для меридионального направления; точечная линия – график для широтного направления.

ном направлении выше, чем в меридиональном (для Zn – на 6%). Это можно интерпретировать как влияние на пространственное распределение концентраций Mg, Zn, Cu, Sr, Cd, Co широтной зональности (т.е. смены полесских условий на лесостепные).

Группа 3 (см. рис. 3, Sr). Графики “стронциевого типа” характерны для химических элементов,

чье пространственное распределение концентраций во мху обладает свойствами макроизотропии и микроанизотропии. В частности, для Sr анизотропия, т.е. неодинаковое распределение концентраций по румбам, проявляет себя до величины шага около 80 км. С увеличением шага анизотропия исчезает и в распределении пятен-аномалий исчезает преобладающее направление.

При этом пятна-аномалии имеют преимущественно малые размеры.

Колебания содержания в образцах мха K, P, Ba, Ti, Sr, Ni, Pb в аномалиях значительны – до 100%, т.е. аномалии элементов 3-й группы контрастнее, чем аномалии элементов двух предыдущих групп.

Мелкие пятна-аномалии имеют примерно в 2 раза лучше выраженную анизотропность в широтном направлении, чем в меридиональном. Распределение больших пятен аномалий, как говорилось, преимущественно изотропно, то есть мало отличается в меридиональном и широтном направлениях. Картина обратная той, которая наблюдалась в группе 2, где широтно-меридиональная анизотропия наблюдалась в аномалиях большого размера, а изотропия – в пятнах малых размеров.

Группа 4 (см. рис. 3, V). Это довольно неоднородная, согласно конфигурации графиков, группа химических элементов. То есть внутри группы закономерности пространственных вариаций содержания во мху разных элементов заметно различаются. Тем не менее всех их объединяет более или менее четко выраженный волнообразный характер графика. Такой график говорит о том, что пространственное распределение Ca, S, Al, Na, B, V в аномалиях и малого, и большого размеров анизотропно, т.е. имеет хорошо выраженные отличия по разным румбам. Распределение V наиболее типично и характеризуется тем, что в пределах шага около 160 км оно хорошо моделируется. В больших масштабах закономерности пространственного распределения концентраций элемента статистически значимо себя не проявляют. По силе проявления анизотропности пространственного распределения концентраций аномалии могут быть разделены на три группы. В первую входят аномалии малых размеров (для V шагом не более 80 км), в которых анизотропность проявляется слабо. Далее идет группа среднеразмерных аномалий (для V 80–160 км) с хорошо диагностируемой анизотропией. Мы полагаем, что именно эта группа аномалий наиболее тесно связана с явлениями и факторами техногенеза, сосредоточенными в пределах обследованной территории. Крупноразмерные (для V более 160 км) аномалии имеют также хорошо выраженную анизотропию, но, как подчеркивалось, в ней трудно уловить какие-то закономерности, а значит, и связать с теми или иными геохимическими причинами. Что касается широтных и меридиональных особенностей в распределении и конфигурации аномалий, то для разных элементов группы они разные: у одних преобладает анизотропия по меридиональному направлению (что можно связать с западным переносом и провинциальными

отличиями в воздушной миграции), у других – по широтному (зональные отличия).

ВЫВОДЫ

1. Бриогеохимическая индикация в пределах Северной Украины с использованием *Pleurozium schreberi* является эффективным методом изучения химических параметров приземной атмосферы (атмогеохимического поля), выявления природных и техногенных причин поступления химических элементов в воздух, их миграции и седиментации на дневную поверхность.

2. Для территории Северной Украины в целом ряд накопления химических элементов в *P. schreberi* таков: K > Ca > S > Mg > Al > P > Fe > Mn > Na > Zn > Ba > Ti > Sr > B > Cu > Pb > Ni > Cr > V > Se > Cd > Co. Наибольшие содержания ($n \times 10^{-4}\%$) в образцах мха-индикатора самых опасных из определявшихся атмосферных загрязнителей таковы: S – 3552, Mn – 2816, Fe – 2115, Zn – 94, Cu – 29.6, Pb – 12.45, Ni – 25.1, Cr – 7.12, V – 6.23, Cd – 1.88.

3. Установлено, что геохимические причины, обуславливающие накопление химических элементов мхом-индикатором из воздуха, таковы: оседание терригенной пыли (F_1); влияние атомной энергетики и обращения с радиоактивными отходами (F_2); воздействие мелкодисперсных техногенных аэрозолей конденсации, поступивших в атмосферу (F_3); воздействие крупнодисперсных аэрозолей дезинтеграции и пыли карбонатного состава, имеющих полигенетическое происхождение (F_4); влияние атмосферных осадков, туманов, гидрометеоров (F_5); воздействие локальных выбросов отопительных и промышленных систем (F_6); влияние биохимических механизмов накопления химических элементов *P. schreberi* (F_7).

4. Для выявления пространственных закономерностей распределения концентраций химических элементов в образцах *P. schreberi* перспективным является вариограммный анализ. С его помощью установлено, что по особенностям этого распределения все изученные химические элементы можно разделить на четыре группы: Fe, Mn, Se; Mg, Zn, Cu, Cr, Cd, Co; K, P, Ba, Ti, Sr, Ni, Pb; Ca, S, Al, Na, B, V. Группы отличаются конфигурациями и порядком размещения пятен-аномалий в пространстве, размерами аномалий и их контрастностью, а также анизотропией поля распределения в образцах мха концентраций химических элементов по меридиональному и широтному направлениям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Геохимия окружающей среды / под ред. Ю.Е. Сагет, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. М.: Недра, 1990. 335 с.

- Ермакова Е.В., Фронтьева М.В., Стейннес Э. Изучение атмосферных выпадений тяжелых металлов и других элементов на территории Тульской области с помощью метода мхов-биоиндикаторов / Препринт. Р14-2002-15. Дубна, 2002. 18 с.
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях / Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 440 с.
- Тютюнник Ю.Г., Андреев М.П., Даунис-и-Эстаделя Дж., Мартин-Фернандес Дж., Блюм О.Б. Биогеохимические исследования атмосферного загрязнения Южных Шетландских островов (Антарктида) // Биосфера. 2014. Т. 6. № 3. С. 167–177.
- Тютюнник Ю.Г., Блюм О.Б., Шабатура А.В. Атмосферное загрязнение мышьяком и тяжелыми металлами Украинских Карпат и предгорных территорий // Геогр. и природ. ресурсы. 2005. № 1. С. 138–146.
- Тютюнник Ю.Г., Горлицкий Б.О. Техногенне забруднення міських ґрунтів України (феноменологічний аналіз) // Доповіді НАН України. 2000. № 6. С. 208–211.
- Тютюнник Ю.Г., Толосана-Дельгадо Р., Павловски-Глан В., Блюм О.Б. Тяжелые металлы – индикаторы причин атмосферного загрязнения в Украинских Карпатах (геостатистический анализ) // Геоэкология. 2006. № 5. С. 433–439.
- Физико-географическое районирование Украинской ССР / Под ред. В.П. Попова, А.М. Маринича, А.И. Ланько. К.: Изд-во Киев. ун-та, 1968. 684 с.
- Шабатура А.В., Блюм О.Б., Тютюнник Ю.Г. Региональные атмогеохимические поля в центральной части северной Украины по данным бриогеохимической индикации // Биосфера. 2018. Т. 10. № 1. С. 23–25.
- Cressie N. Statistics for Spatial Data. N.Y.: John Wiley and Sons, 1991. 900 p.
- Culicov O.A., Frontasyeva M.V., Steinnes E., Okina O.S., Santa Zs., Todoran R. Atmospheric Deposition of Heavy Metal Around the Lead and Copper-Zinc Smelters in Baia Mare, Romania, Studies by the Moss Biomonitoring Technique, Neutron Activation Analysis and Flame Atomic Absorption Spectrometry. Preprint E-14-2002-102. Dubna, 2002. 12 p.
- Dimovska B., Šajn R., Stafilov T., Vačeva K., Tănăselia C. Determination of atmospheric pollution around the thermoelectric power plant using a moss biomonitoring // Air Qual. Atmos. Health. 2014. № 7. P. 541–557.
- Frontasyeva M.V., Smirnov L.I., Steinnes E., Lyapunov S.M., Cherchintsev V.D. A Heavy Metal Atmospheric Deposition Study in the South Ural Mountains. Preprint D14-2002-69. Dubna, 2002. 14 p. [http://www1.jinr.ru/Preprints/2002/069\(D14-2002-69\)e.pdf](http://www1.jinr.ru/Preprints/2002/069(D14-2002-69)e.pdf) (дата обращения 10.04.2020).
- Greenacre M. Biplots in Practice. Bilbao: Fundación BBVA, 2010. 240 p.
- Harmens H., Norris D.A., Sharps K., Mills G., Alber R., Aleksiyenak Y., Blum O., Cucu-Man S-M., Dam M., De Temmerman L., Ene A., Fernandez J.A., Martinez-Abaigar J., Frontasyeva M., Godzik B., Jeran Z., Lazo P., Leblond S., Liiv S., Magnússon S.H., Mankovski B., Pihl Karlsson G., Piispanen J., Poikolainen J., Santamaria J.M., Skudnik M., Spiric Z., Stafilov T., Steinnes E., Stihi C., Suchara I., Thöni L., Todoran R., Yurukova L., Zechmeister H.G. Heavy metal and nitrogen concentrations in mosses are declining across Europe whilst some “hotspots” remain in 2010 // Env. Pollut. 2015. V. 200. P. 93–104.
- Heavy Metals, Nitrogen and POPs in European Mosses: 2015 – Survey Monitoring Manual: International Co-operative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops. Working Group on Effects Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, 2015. 26 p. <https://icpvegetation.ceh.ac.uk/sites/default/files/Moss%20protocol%20manual.pdf> (дата обращения 10.04.2020).
- Lazo P., Steinnes E., Qarri F., Allajbeu Sh., Kane K., Stafilov T., Frontasyeva M.V., Harmens H. Origin and spatial distribution of metals in moss samples in Albania: A hotspot of heavy metal contamination in Europe // Chemosphere. 2018. V. 190. P. 337–349.
- Martín-Fernández J.A., Daunis-i-Estadella J., Tyutyunnik Yu.G. Experiencia del estudio geoestadístico de composición química de suelos, de los indicadores de factores y de las condiciones geoquímicas: Report de Recerca IMA 04-01-RR. Girona: Univ. de Girona, 2004. 50 p.
- Olea R.A. Geostatistics for Engineers and Earth Scientists. Boston: Kluwer Academic Publ., 1999. 303 p.
- Paz-Ferreiro J., Vázquez E., Vieira S. Geostatistical analysis of a geochemical dataset // Bragantia. 2009. V. 69. P. 121–129.
- Solomons W., Förstner U. Metals in the Hydrocycle. Berlin–Heidelberg–N.Y.–Tokio: Springer-Verlag, 1984. 349 p.
- Stain O.A., Licaciu A., Frontasyeva M.V., Steinnes E. New results from air pollution studies in Romania // Radio-nuclides and Heavy Metals in Environment. NATO Science Series (Ser. IV: Earth and Environmental Series). Dordrecht: Springer, 2001. V. 5. P. 179–190.

Briogeochemical and Geostatistic Study of North Ukraine Atmospheric Pollution

Yu. G. Tyutyunnik¹*, A. V. Shabatura², O. B. Blum³, and P. Daunis-i-Estadella⁴

¹Institute for Evolutionary Ecology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

²Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kiev, Ukraine

³Gryshko National Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

⁴University of Girona, Girona, Spain

*e-mail: yulian.tyutyunnik@gmail.com

By the method of briogeochemical indication using moss *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. as an indicator, on the territory of Northern Ukraine, the features and regularities of the entry into the surface atmosphere, migration and sedimentation in it of K, Ca, S, Mg, Al, P, Fe, Mn, Na, Zn, Ba, Ti, Sr, B, Cu, Pb, Ni, Cr, V,

Se, Cd, Co were studied. For each element, maps of its content in moss are compiled. A database of these contents (131 sampling points) was studied using factor analysis and biplot methods. This made it possible, with a satisfactory degree of reliability, to name the main causes of atmospheric pollutants entering the air, their migration in it, and sedimentation on the day surface. To study the features of the spatial distribution of the levels of chemical elements in *P. schreberi* moss, a variogram analysis method was used. It was established that according to the most general rules of this distribution, the studied chemical elements are combined into four groups: Fe, Mn, Se; Mg, Zn, Cu, Cr, Cd, Co; K, P, Ba, Ti, Sr, Ni, Pb; and Ca, S, Al, Na, B, V. The groups are distinguished by the distribution of anomaly spots in space, the size of the anomalies and their contrast, as well as the anisotropy and isotropy of the configuration of the atmogeochemical field, the distribution of the concentration values along the meridional and latitudinal rhombuses.

Keywords: briogeochemical indication, surface atmosphere, technogenesis, factor analysis, biplot, variogram analysis

REFERENCES

- Cressie N. *Statistics for Spatial Data*. N.Y.: J. Wiley and Sons, 1991. 900 p.
- Culicov O.A., Frontasyeva M.V., Steinnes E., Okina O.S., Santa Zs., Todoran R. Atmospheric deposition of heavy metals around the lead and copper-zinc smelters in Baia Mare, Romania, studied by the moss biomonitoring technique, neutron activation analysis and flame atomic absorption spectrometry. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 2002, vol. 254, no. 1, pp. 109–115.
- Dimovska B., Šajn R., Stafilov T., Bačeva K., Tănăselia C. Determination of atmospheric pollution around the thermoelectric power plant using a moss biomonitoring. *Air Qual. Atmos. Health.*, 2014, vol. 7, no. 4, pp. 541–557.
- Ermakova E.V., Frontas'eva M.V., Steinnes E. Study of atmospheric precipitation of heavy metals and other elements on the territory of the Tula oblast using the moss-biomonitor method. *Ekol. Khimiya*, 2004, vol. 13, no. 3, pp. 167–180. (In Russ.).
- Fiziko-geograficheskoe raionirovanie Ukrainskoi SSR* [Physical and Geographic Zoning of the Ukrainian SSR] Popov V.P., Marinich A.M., Lan'ko A.I. Eds. Kiev: Kiev University Publ., 1968. 684 p.
- Frontasyeva M.V., Perelygin V.P., Vater P., Eds. NATO Sci. Ser. (Ser. IV: Earth and Environmental Series), vol. 5. Dordrecht: Springer, 2001, pp. 179–190. doi 10.1007/978-94-010-0993-5_27
- Frontasyeva M.V., Smirnov L.I., Steinnes E., Lyapunov S.M., Cherkintsev V.D. A heavy metal atmospheric deposition study in the South Ural mountains. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 2004, vol. 259, no. 1, pp. 19–26.
- Greenacre M. *Biplots in Practice*. Bilbao: Fundación BBVA, 2010. 240 p.
- Harmens H., Norris D.A., Sharps K. et al. Heavy metal and nitrogen concentrations in mosses are declining across Europe whilst some “hotspots” remain in 2010. *Environ. Pollut.*, 2015, vol. 200, pp. 93–104.
- Heavy Metals, Nitrogen and POPs in European Mosses: 2015 Survey. Monitoring Manual*. International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops. Working Group on Effects Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, 2015. 26 p. Available at: <https://icpvegetation.ceh.ac.uk/sites/default/files/Moss%20protocol%20manual.pdf> (accessed: 10.04.2020).
- Kabata-Pendias A. *Trace Elements in Soils and Plants*. Boca Raton: CRC Press, 2010. 4th ed. 548 p.
- Lazo P., Steinnes E., Qarri F., Allajbeu Sh., Kane K., Stafilov T., Frontasyeva M.V., Harmens H. Origin and spatial distribution of metals in moss samples in Albania: A hotspot of heavy metal contamination in Europe. *Chemosphere*, 2018, vol. 190, pp. 337–349.
- Martín-Fernández J.A., Daunis-i-Estadella J., Tyutyunnik Yu.G. *Esperiencia del estudio geoestadístico de composición química de suelos, de los indicadores de factores y de las condiciones geoquímicas: Report de Recerca IMA 04-01-RR*. Girona: Universitat de Girona, 2004. 50 p.
- Olea R.A. *Geostatistics for Engineers and Earth Scientists*. Boston: Kluwer Academic Publ., 1999. 303 p.
- Paz-Ferreiro J., Vázquez E., Vieira S. Geostatistical analysis of a geochemical dataset. *Bragantia*, 2009, vol. 69, pp. 121–129.
- Popov V.P., Marinich A.M., Lan'ko A.I., Eds. Kiev: Kiev Univ. Publ., 1968. 684 p.
- Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P., et al. *Geokhimiya okruzhayushchei sredy* [Geochemistry of the Environment]. Moscow: Nedra Publ., 1990. 335 p.
- Shabatura A.V., Blyum O.B., Tyutyunnik Yu.G. Regional atmogeochemical fields in the Central part of Northern Ukraine according to briogeochemical indication data. *Biosfera*, 2018, vol. 10, no. 1, pp. 23–25. (In Russ.).
- Solomons W., Förstner U. *Metals in the Hydrocycle*. Berlin, Heidelberg, New-York, Tokio: Springer-Verlag, 1984. 349 p.
- Stan O.A., Lucaciu A., Frontasyeva M.V., Steinnes E. New Results from Air Pollution Studies in Romania. In *Radionuclides and Heavy Metals in Environment*.
- Tyutyunnik Yu.G., Andreev M.P., Daunis-i-Estadella, J., Martín-Fernández J., Blyum O.B. Biogeochemical studies of atmospheric pollution of the South Shetland Islands (Antarctica). *Biosfera*, 2014, vol. 6, no. 3, pp. 275–284. (In Russ.).
- Tyutyunnik Yu.G., Blyum O.B., Shabatura A.V. Atmospheric pollution with arsenic and heavy metals of the Ukrainian Carpathians and foothill territories. *Geogr. Prir. Resur.*, 2005, no. 1, pp. 138–146. (In Russ.).
- Tyutyunnik Yu.G., Gorlitskii B.O. Technogenic pollution of urban soils of Ukraine (phenomenological analysis). *Dopovidi NAN*, 2000, no. 6, pp. 208–211. (In Ukr.).
- Tyutyunnik Yu.G., Tolosana-Delgado R., Pavlovski-Glan V., Blyum O.B. Heavy metals as the indicators of atmospheric precipitation reasons in the Ukrainian Carpathian mountains (a geostatistical analysis). *Geoekol. Inzh. Geol., Gidrogeol., Geokriol.*, 2006, no. 5, pp. 433–439. (In Russ.).

УДК 911.3:577.4

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ

© 2021 г. З. Г. Мирзеханова*

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия

**e-mail: lorp@ivep.as.khb.ru*

Поступила в редакцию 13.06.2020 г.

После доработки 26.10.2020 г.

Принята к публикации 22.12.2020 г.

На современном этапе для развития Дальнего Востока важное значение имеют территории опережающего развития (ТОР). Их формирование и функционирование predeterminedены необходимостью ухода от экспортно-сырьевой модели развития в процессе диверсификации территориально-отраслевой структуры хозяйства. Особый правовой режим и привлекательные экономические условия создают предпосылки для привлечения инвестиций в широкий диапазон деятельности, между тем экологические аспекты этой деятельности не обозначены ни в официальных документах, ни в эколого-ресурсных регламентах производств. Актуальность задачи состоит в том, что значительная доля производств будет формироваться здесь впервые. При этом развиваться ТОР должны в условиях современных требований мирового развития, обозначенных концептуальными ориентирами модели “зеленая экономика”. На основании анализа 175 предприятий, созданных на ТОР, обозначены основные тенденции развития этих территорий, их отраслевая структура, соответствие приоритетам модели зеленой экономики. Установлено, что значительная доля производств не отвечает положениям модели вследствие сырьевой специализации, недоиспользования ресурсного потенциала для экологически значимых производств, отсутствия “зеленых инноваций”. Отмечены достижения в расширении спектра менее экологозатратных отраслей, обеспечивающих диверсификацию структуры экономики региона. Доминирующими в развитии ТОР являются экономические предпочтения, экологические аспекты их функционирования не в полной мере отражают стремление приблизиться к требованиям зеленой экономики.

Ключевые слова: территории опережающего развития, зеленая экономика, ресурсно-сырьевая модель, экологические аспекты, региональная специфика, предпосылки регионального развития, диверсификация, отраслевая структура

DOI: 10.31857/S2587556621020096

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

На протяжении всего периода освоения российского Дальнего Востока (особенно последние 50 лет) эта территория служит своеобразным полигоном обработки разнообразных моделей развития. По образному выражению С.Н. Леонова, Дальний Восток “выступает региональной лабораторией страны, где апробируются инструменты регулирования регионального развития” (Леонов, 2017, с. 42). В настоящее время наблюдается очередная смена модели, под лозунгами “восточной политики”. В ее основе – создание территорий опережающего развития (ТОР)¹ с особыми

правовыми режимами и привлекательными экономическими условиями для широкого спектра деятельности. ТОР рассматриваются своеобразным локомотивом инициатив по оздоровлению экономической ситуации в регионе, заложенных в “Стратегию социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года”² (Минакир, 2015, 2017; Минакир, Суслов, 2018; Попков, Смирнов, 2015; Сидоров, Сидоров, 2016; Харченкова, 2017, 2018).

Прообразами ТОР были сменяющие друг друга модели “ускоренного” подъема экономики в виде свободных экономических зон (СЭЗ), зон территориального развития, разнообразных “то-

¹ Федеральный закон РФ от 29 декабря 2014 г. № 473-ФЗ “О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации”. <http://www.kremlin.ru/acts/bank/39279> (дата обращения 20.04.2015).

² Федеральный закон от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ “О стратегическом планировании в Российской Федерации”. www.garant.ru (дата обращения 28.05.2016).

чек и полюсов роста” и др. Успех от реализации предшествующих моделей далеко не впечатляющий, детальный анализ результатов их функционирования дан в многочисленных работах (Бакланов, 2014; Леонов, 2017; Минакир, 2015 и др.). Эксперты единодушны в том, что уроки от провала каждой внедряемой модели не извлекались (Горкина, 2017; Заусаев и др., 2015; Медведева, 2015; Минакир, 2017 и др.). Например, негативный опыт создания СЭЗ, среди которых “лишь одна из 270 показала свою эффективность, а 11 были признаны условно эффективными” (Горкина, 2017, с. 141), должен настораживать разработчиков новых моделей и способствовать недопущению ошибок. Между тем отсутствие какого бы то ни было значимого положительного результата ранее предпринимаемых попыток оздоровления экономики региона осталось без “скольконибудь глубокого анализа причин неуспеха” (Минакир, 2015, с. 8). Изменение экологической ситуации в регионе в связи с попытками активизации хозяйственной деятельности также осталось без должного внимания. Редкие работы рассматривали отдельные аспекты трансформации природных комплексов и их элементов в корреляции с проводимой региональной экономической политикой (Мирзеханова, 1992; Мирзеханова, Дебелая, 2007; Мирзеханова и др., 2003; Природопользование..., 2005 и др.).

Сегодня на повестке дня ТОР, они создаются под конкретного инвестора. В отличие от СЭЗ в их пределах для резидентов предложены более благоприятные экономические льготы и условия для ведения бизнеса (Алексеев, 2018; Бакланов, 2014; Попков, Смирнов, 2015 и др.). Но изменились и экологические предпосылки для развития экономики – в направлении ужесточения требований. Они продиктованы необходимостью развиваться в экологических пределах при жестких ориентирах ресурсосбережения (Мирзеханова, 2018). Экологические требования в сочетании с оптимизацией в использовании ресурсов – основополагающие факторы при корректировке развития стран и регионов. Современная мировая модель развития, обеспечивающая рост мировой экономики за счет активизации ресурсопотребления и трансформации экосистем (Бобылев, 2017; Медведева, 2015; Навстречу..., 2011), ненадежна. Этот вывод подтверждается динамикой деградации природных систем и все резче проявляющимися ресурсно-экологическими проблемами. Если развитие будет осуществляться по традиционному сценарию, потребуется увеличение потребления природных ресурсов для обеспечения растущего населения земли в 2050 г. в объеме, эквивалентном 2.3 сегодняшнего объема ресурсов планеты (World..., 2018). На смену действующей экономической модели мировому сообществу предложена модель “зеленой экономи-

ки” (ЗЭ) как усовершенствованная модель устойчивого развития. Идеи модели опираются на долгосрочную устойчивость экономического развития, обеспеченную природным капиталом (Мирзеханова, 2020; Pisano et al., 2012 и др.).

Следуя мировым требованиям, Россия также признала необходимость внедрения политики зеленого роста в национальных и региональных стратегиях. Поэтому формирование ТОР должно осуществляться в формате мировых ориентиров ресурсосбережения и защиты окружающей среды. Специфика дальневосточных территорий проявляется в том, что за счет новых производств, ранее не характерных для региона, необходимо изменить нынешнюю экспортно-сырьевую модель развития на инновационно-производственную с широким воздействием на окружающую среду.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Информационной базой исследований, раскрывающих особенности формирования и развития ТОР, послужили материалы Министерства развития Дальнего Востока, Фонда развития Дальнего Востока, АО “Корпорация развития Дальнего Востока”, данные реестра резидентов ТОР, нормативные документы, определяющие особенности их функционирования. Дальневосточный федеральный округ на момент написания статьи рассматривался в границах, не измененных законом № 194-ФЗ³.

Анализ реализованных в 2015–2018 гг. 175 проектов проведен по следующим параметрам: их дифференциации, исходя из времени ввода в эксплуатацию, видов деятельности, локализации, специфики инвестиционных вложений со стороны национального и иностранного бизнеса, соответствия экологическим требованиям (утилизация и переработка отходов, получение энергии из экологически чистых источников, производство экологически чистой сельскохозяйственной продукции и аквакультуры, туризм и др.). В работе использованы методы экспертных оценок, статистического и библиометрического анализа (методы цитатного анализа, количественной оценки документарного потока и др.).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Дальневосточные ТОР привлекают к себе внимание как производителей, так и ученых. В публикациях рассматриваются преимущественно экономические аспекты формирования этих территорий, реже демографические и социальные

³ Федеральный закон от 18 июля 2019 г. № 194-ФЗ, предусматривающий включение Республики Бурятия и Забайкальского края в состав Дальневосточного федерального округа. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_329291/

(Адушев, 2018), еще реже экологические (Мирзеханова, 2018, 2020; Степанько, Степанько, 2017). Специфика предшествующего развития регионов Дальнего Востока проявляется в организационных, экономических, социальных, инфраструктурных и экологических условиях (как правило, негативных) формирования ТОР. Наследие прошлых периодов развития региона служит своеобразным фоном для формирования этих территорий (табл. 1). Анализ показывает, что ряд важных вопросов, связанных с созданием и функционированием ТОР, в контексте экологических требований новой парадигмы развития остался без должного внимания. Кроме того, в условиях сложной для страны внешней экономической ситуации (санкции, неустойчивость ресурсных рынков и др.) экологические аспекты развития отодвигаются на задний план. Поэтому целесообразно обозначить экологические ориентиры в складывающихся условиях регионального развития, учитывая основные требования, предложенные мировым сообществом в модели ЗЭ. Они в той или иной степени поддерживаются и на национальном уровне⁴, как система мероприятий в единой целевой установке, и предусматривают: 1) поэтапное формирование экономики нового типа на базе структурных реформ с постепенным замещением ресурсоемких и экологозатратных производств на экологощадящие; 2) усиление значимости экосистемной организации хозяйственной деятельности на базе экологического планирования территории и экологического менеджмента производства; 3) апробацию новых подходов к формированию стратегии экономического развития для стран и регионов с высокой долей сырьевых отраслей в структуре хозяйства; 4) максимально полное использование региональных преимуществ (в том числе и экологических), обеспечивающих национальные приоритеты на внутригосударственном и международном уровнях.

Учитывая географические особенности России (размер территории, разнообразие природно-климатических факторов, спектр ресурсной обеспеченности регионов, особенности освоения и современную специализацию), особый смысл приобретает тезис о *ранжировании целей и программных установок* развития регионов в контексте принимаемой парадигмы.

⁴ Основы государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года (указом Президента от 30 апреля 2012 г.); Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 г., утв. Указом Президента РФ от 19 апреля 2017 г. № 176. <http://base.garant.ru/70169264/#ixzz5aZXWadNB>; План действий по реализации Основ государственной политики в области экологического развития РФ на период до 2030 г., утв. распоряжением Правительства РФ от 18 декабря 2012 г. № 2423-р. <http://base.garant.ru/70169264/#ixzz5aZX1dDXF>

Стратегической целью современной восточной политики является обеспечение не только роста экономики Дальнего Востока, но и создание предпосылок интеграции страны в экономику стран Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР) на базе решения комплекса экономических, социальных, демографических, экологических задач. Результаты четырехлетнего периода, с момента принятия закона о ТОР, позволяют судить о сопоставимости результатов с ожиданиями. В течение непродолжительного периода времени в округе созданы и успешно функционируют 18 ТОР и свободный порт Владивосток (СПВ). Они развиваются с различной динамикой, но общие результаты в виде анализа 175 созданных и уже работающих на полную мощность предприятий заслуживают внимания.

При анализе деятельности ТОР прежде всего обращает на себя внимание нарастающая активность инвесторов, в определенной степени основанная на призыве со стороны федеральных структур: “Дальнему Востоку нужны все инвесторы подряд”⁵. Согласно данным АО “Корпорация развития Дальнего Востока”⁶, количество введенных в эксплуатацию объектов возросло с двух в 2015 г. до 92 в 2018 г. Только в Приморском крае в 2018 г. появилось 67 новых предприятий. Согласно перспективному плану, более 2000 резидентов уже планируют на Дальнем Востоке ведение бизнеса с объемом заявленных инвестиций свыше 3.5 трлн рублей⁵. При такой динамике вопрос о значимости экосистемной организации хозяйственной деятельности на базе экологического планирования территории и экологического менеджмента производства остается открытым. Ресурсные лимиты и экологические регламенты не только не успевают корректироваться с позиции совместного функционирования предприятий, но и не вынесены на обсуждение в проектах так называемых якорных инвесторов.

Специализация “якорного” резидента определяет направленность деятельности всей территории в целом. Но ни для одной из них не отмечена целевая направленность на создание основы ЗЭ. В качестве ведущего показателя эффективности деятельности ТОР используется величина привлеченных инвестиций. Поэтому за стремлением привлечь инвесторов из поля зрения выпали не только соответствие выбора производств требованиям “зеленого” роста, но такие важные показатели, как эффективность и комплексность ис-

⁵ Замминистра: Дальнему Востоку нужны все инвесторы подряд // DEITA.RU. 2017. 1 марта. <http://deita.ru/news/economy/01.03.2017/5188171-zamministradalnemu-vostoku-nuzhny-vse-investory-podryad/> (дата обращения: апрель 2017).

⁶ АО “Корпорация развития Дальнего Востока”. <http://erdc.ru> (дата обращения 09.11.2019).

Таблица 1. Эколого-экономические предпосылки формирования ТОР на Дальнем Востоке в контексте современных моделей развития (Мирзеханова, 2018)

№	Сложившиеся условия формирования ТОР	Экологические ограничения	Преимущества/ограничения для экономики региона	Соответствие приоритетным направлениям ЗЭ* (Навстречу..., 2011)	Факторы, требующие внимания при формировании ТОР
1	Ресурсная специализация структуры экономики	Сформированные экологические проблемы, зоны накопленного экологического ущерба	Взаимодополняемость ресурсной базы и полная ее обеспеченность	Ресурсы отрасли не включены в приоритетные направления ЗЭ	Высокая ресурсоемкость производства
2	Инвестиционная привлекательность ресурсных отраслей в перспективных планах развития	Формирование новых экологических проблем в пределах специализированных ТОР при высокой уязвимости природных комплексов	Создание новых точек роста на открываемых объектах минерально-сырьевого комплекса	Субсидирование в ресурсные отрасли противоречит требованиям ЗЭ	Низкие затраты на экологические издержки
3	Завершение эксплуатации наиболее богатых и легкодоступных ресурсных объектов	Трансформация природно-ресурсного потенциала, накопление экологического ущерба	Внедрение новых ресурсоберегающих и инновационных технологий на новых объектах, использование накопившихся отходов в качестве сырья	Ресурсы отрасли не включены в приоритетные направления ЗЭ	Сформированные техногенные месторождения
4	Локализация инвестиционных проектов с позиции востребованности и высоких запасов ресурсов в пределах территорий с экстремальными природно-климатическими условиями	Трансформация природно-ресурсного потенциала в пределах наиболее уязвимых геосистем	Инфраструктурные ограничения, сложность логистической основы для осваиваемых объектов	Ресурсы отрасли не включены в приоритетные направления ЗЭ	Низкая степень комплексной изученности территории
5	Несовершенство энергетической и транспортной инфраструктуры	Ресурсно-экологические издержки эксплуатации сложившихся сетей	Необходимость формирования современного инфраструктурного обеспечения ТОР	Субсидирование сырьевого направления традиционного энергетического сектора противоречит требованиям ЗЭ	Низкий уровень использования возобновляемых источников энергии при их высоком потенциале

Таблица 1. Окончание

№	Сложившиеся условия формирования ТОР	Экологические ограничения	Преимущества/ограничения для экономики региона	Соответствие приоритетным направлениям ЗЭ* (Навстречу..., 2011)	Факторы, требующие внимания при формировании ТОР
6	Низкий уровень диверсификации структуры хозяйства в направлении перерабатывающих и ресурсосберегающих отраслей	Отсутствие в планах развития современных технологий использования отходов	Использование вторичных ресурсов, освоение технологичных месторождений	*Эффективное использование природных ресурсов. Уменьшение загрязнения.	Отсутствие стратегии кластеризации формируемой структуры ТОР
7	Концентрация производства на локальных участках территории – поляризованность территориальной структуры освоения	Созданная инфраструктура выступает фактором потенциального экономического развития, но и экологического риска	Расширение возможностей организации территории, освоения новых странств	*Сохранение и увеличение природного капитала. Сохранение ландшафтного разнообразия. Оказание экосистемных услуг	Риски и ограничения экономического роста, связанные с опасностью загрязнения окружающей среды в зонах усилившейся хозяйственной деятельности, не учтены.
8	Тесные ресурсно-экономические связи со странами Азиатско-Тихоокеанского региона	Обеспечение экологической безопасности в пределах трансграничных территорий	Укрепление внешнеэкономического сотрудничества, совершенствование системы международных экологических регламентов	*Сохранение и увеличение природного капитала. Сохранение ландшафтного разнообразия.	Расширение масштабов эколого-технологической эффективности экономического развития
9	Высокая уязвимость природных комплексов к антропогенной нагрузке	Более высокая степень трансформации природных систем при идентичном воздействии	Высокая степень экологичности экономики	Предотвращение утраты экосистемных услуг.	Возможность развиваться в рамках экологических регламентов в соответствии с принципами ЗЭ

Источник: Авторская разработка.

Таблица 2. Отраслевая принадлежность введенных в эксплуатацию предприятий в пределах ТОР российского Дальнего Востока (2015–2018 гг.)

№ п\п	Специализация	Доля от реализованных предприятий, %	Принадлежность инвестиционных вложений
1	Обрабатывающая промышленность	36	Инвестиции преимущественно региональных резидентов
2	Услуги, в том числе медицинские	16	Инвестиции преимущественно местных резидентов
3	Логистика и транспорт	13	Инвестиции преимущественно региональных резидентов
4	Сельское хозяйство	10	Инвестиции местных и иностранных резидентов
5	Пищевая промышленность	9	Инвестиции местных резидентов
6	Горнодобывающая промышленность	7	Инвестиции преимущественно иностранных резидентов
7	Строительство	3	Инвестиции преимущественно местных резидентов
8	Деревопереработка	3	Инвестиции местных и иностранных резидентов
9	Туризм	2	Инвестиции местных резидентов
10	Энергетика	1	Инвестиции преимущественно региональных резидентов

Источник: составлено автором по данным реестра резидентов ТОР Дальнего Востока.

пользования ресурсов, эколого-функциональное планирование территорий ТОР и прилегающих к ним площадей, а также экологические регламенты деятельности комплекса предприятий.

Анализ введенных в действие предприятий показывает, что преобладающая часть проектов (свыше 80%) ориентирована на дальневосточный рынок или организацию импортозамещения. С одной стороны, это свидетельствует о расширении спектра производимой продукции для потребления внутри региона, а с другой – ставит под сомнение возможность осуществить планируемую интеграцию в экономику АТР путем совместного использования с иностранными инвесторами всех, не только минерально-сырьевых ресурсов Дальнего Востока. “Зеленые стандарты” и кластеризация производства на основе оптимизации ресурсопотребления, когда отходы одного производства становятся сырьем для функционирования других по типу ресурс–отход–ресурс, не являются приоритетом в формировании новых предприятий в пределах ТОР.

Интересно изменение отраслевой структуры экономики в плане усиления значимости несырьевых производств. Так, в первые годы формирования ТОР предварительная структура 200 наиболее успешных с точки зрения реализации предприятий оценивалась таким образом: 40% – производственные предприятия, 20% – транспорт и логистика, 20% – сельское хозяйство, 10% – туризм и сервис, 10% – прочие производства (Мирзеханова, 2018). Структура введенных в эксплуатацию предприятий значительно шире, чем ожидалось, но по основным направлениями она соответствует ожиданиям (табл. 2).

С позиции экологического вектора формирования отраслевой структуры в пределах ТОР оптимизм вызывает показатель, отражающий долю производств, выпускающих продукцию с высокой добавленной стоимостью или способствующих таковым. Он составляет около 40% от всего количества предприятий, что, безусловно, следует расценивать положительно. 16% созданных предприятий относится к сфере услуг, что расширяет спектр экологичной сферы деятельности. Около половины из них используют инноваци-

онные технологии, соответствующие требованиям модели ЗЭ. Прослеживается четко выраженная зависимость между выбором направления инвестирования и величиной созданных предприятий. В сфере услуг, логистике, транспортном обслуживании, пищевой промышленности преобладают (до 90%) мелкие и средние предприятия, преимущественно местного или регионального уровня. Национальные и иностранные компании к этим видам деятельности не проявляют интерес, вероятно, вследствие особого географического положения региона и высоких экономических рисков (Мирзеханова, 2019, 2020). Около 50% проектов, созданных малыми и средними предприятиями, соответствуют частично или в полном объеме требованиям концепции ЗЭ. Таким образом, налицо определенные достижения в изменении структуры хозяйства в направлении роста экологощадящих отраслей вследствие диверсификации производства.

Несмотря на возможность использования собственного варианта воплощения в жизнь принципов ЗЭ (авторы модели не предлагают жестких рамок) для инвестиций рекомендуются в первую очередь те сферы деятельности, которые не снизят природный потенциал территории, имеют шанс “отработать” новые технологии без существенного ущерба окружающей среде и продемонстрируют запланированные результаты. К ним относятся сельское, лесное, водное хозяйство, рыболовство, ЖКХ, энергетика, промышленность, туризм, транспорт, утилизация и переработка отходов. Для каждого направления обозначены доминирующие ориентиры в стратегии достижения результатов “зеленого” роста: в энергетике – постепенный переход к возобновляемым источникам энергии и энергоэффективность в производстве и ЖКХ; в сельском хозяйстве – органическое земледелие; использование отходов в качестве вторичных ресурсов; сохранение и эффективное управление экосистемами и т.д. Рассмотрим, каким образом отражены заявленные приоритеты в складывающейся структуре хозяйства в пределах ТОР российского Дальнего Востока.

Обращает на себя внимание отсутствие интереса к проектам безуглеродной энергетике, потенциальные ресурсные возможности для развития которой в регионе велики. В аутсайдерах по притоку инвестиций находятся ЖКХ, энергетика, промышленность, утилизация и переработка бытовых отходов – важнейшие отрасли, обеспечивающие эффективное развитие населенных пунктов. А если учесть тот факт, что ТОР южной части региона локализованы в крупных центрах (Хабаровск, Владивосток, Комсомольск-на-Амуре, Благовещенск) или тяготеют к ним, то вышеобозначенные направления развития экономики должны быть в приоритете. Их значимость

повышается и в плане реализации компенсационных мер по снижению остроты экологической ситуации, сформированной в предшествующие периоды (Нарбут, Мирзеханова, 2017 и др.).

Для многих стран эффективность зеленого роста оценена, в первую очередь, жителями городов. Например, более 80% средств, выделенных на стимулирование экономики в Южной Корее, были направлены на экологические проекты урбанизированных территорий (чистая энергия, чистая среда, зеленые кварталы и др.) (Korea's..., 2015). Для ТОР в крупных городах Дальнего Востока целевая ориентация на “чистый и умный город” практически отсутствует.

Специфика дальневосточных ТОР проявляется в локализации отраслевого стимулирования отдельных территорий. Пространственный анализ размещения “площадок роста” свидетельствует об усилении поляризованности экономического пространства. Созданный ранее производственно-экономический и инфраструктурный потенциал выступает определенным катализатором последующего развития, усугубляя тем самым дисбаланс в равномерности освоения территории. Возрастание нагрузки на территории, где уже проявились экологические и ресурсные проблемы, осложнит ситуацию.

ТОР северных субъектов региона традиционно ориентированы на ресурсный сегмент экономики. Он активно поддерживается иностранными инвесторами, производства с наиболее высокими объемами инвестиций характерны для минерально-сырьевого сектора. Однако это одно из наиболее экологозатратных направлений хозяйственной деятельности, отличающееся разнообразием и глубиной преобразования природных комплексов. В перспективе в пределах ТОР, специализирующихся на проектах минерально-сырьевой направленности, следует ожидать возрастания экологических нагрузок и угроз. В настоящее время доля реализованных горнодобывающих проектов в формирующейся территориально-отраслевой структуре хозяйства ТОР в округе составляет около 7%.

Активность в создании новых производств, отвечающих в полном объеме формату модели ЗЭ (особенно в отношении ресурсосбережения), пока нельзя признать удовлетворительной (рис. 1). Это в значительной степени предопределено особенностями регионального развития в предшествующие годы (см. табл. 1).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современное развитие российского Дальнего Востока осуществляется в непростых для страны условиях. С одной стороны, экономические санкции со стороны развитых стран не позволяют кардинальным образом изменить сложившуюся экс-

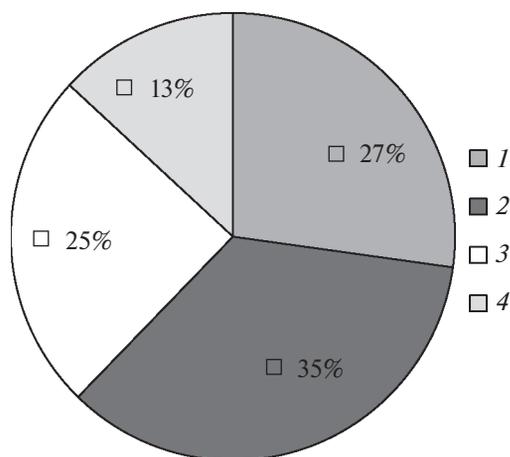


Рис. 1. Соответствие реализованных в пределах дальневосточных ТОР предприятий приоритетным направлениям модели ЗЭ: 1 – не включены в приоритетные направления; 2 – соответствуют только по выбору направления; 3 – частично соответствуют по выпускаемой продукции в обозначенных приоритетных направлениях, 4 – полностью отвечают требованиям ЗЭ (Мирзеханова, 2020).

Источник: по данным реестра резидентов ТОР Дальнего Востока.

портно-сырьевую модель развития региона, опирающуюся на ресурсные отрасли экономики, которые оказывают наиболее сильное воздействие на природные комплексы. С другой стороны, требования экологически сбалансированного развития на фоне увеличения экологического состояния территории не оставляют сомнений в необходимости следовать ориентирам разработанной мировой ЗЭ. Успехи страны в уходе от сырьевой модели экономики зависят от успехов “озеленения” российских регионов. Для Дальнего Востока этот шанс должен быть предоставлен проводимой политикой в формате ТОР.

Анализируя первые результаты деятельности ТОР по уже реализованным проектам, можно заметить как первые ростки ЗЭ, так и полное пренебрежение к использованию опыта мирового “зеленого” роста. На деловом климате Дальнего Востока благоприятно сказывается возрастающий темп ввода в эксплуатацию новых предприятий. С определенной долей уверенности можно говорить об устойчивой тенденции в преобразовании территориально-отраслевой структуры хозяйства в направлении создания перерабатывающих производств, ориентированных на выпуск продукции с высокой добавленной стоимостью, а значит и о реальности снижения влияния хозяйства на экологическую обстановку в регионе. Среди позитивных результатов – наличие предприятий, использующих ресурсосберегающие

инновационные технологии в соответствии с мировыми требованиями.

Негативные результаты и возможные с ними экологические риски предопределены отсутствием ориентиров “зеленого” развития в перспективных планах развития ТОР в целом и предприятий (особенно крупных) в их пределах. Расположение ТОР в пределах уже освоенных зон, сложившимися экологическими проблемами, безусловно, осложнит здесь ресурсную и экологическую ситуацию. Данное обстоятельство требует корректировки региональной экологической политики.

С момента подписания закона о ТОР прошло немного времени, по анализу полученных результатов пока преждевременно делать окончательные выводы об успехах (или их отсутствии) новой модели развития экономики в пределах региона. Но анализ уже складывающихся положительных и отрицательных условий выполнения намеченных программой развития региона задач необходимо принять во внимание для достижения желаемого эффекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Адушев М.Н.* Влияние создания территорий опережающего развития на социально-экономическую ситуацию на Дальнем Востоке Российской Федерации // *Фундаментальные исследования*. 2018. № 7. С. 44–50.
- Алексеев П.В.* Об условиях успешного создания и функционирования территорий опережающего социально-экономического развития на Дальнем Востоке России // *Экономические науки*. 2018. № 4 (161). С. 99–102.
- Бакланов П.Я.* Территории опережающего развития: понятие, структура, подходы к выделению // *Региональные исследования*. 2014. № 3 (45). С. 12–19.
- Бобылев С.Н.* Устойчивое развитие в интересах будущих поколений: экономические приоритеты // *Мир новой экономики*. 2017. № 3. С. 90–96.
- Горкина Т.И.* Территории опережающего развития как этап формирования пространственного развития России // *Многовекторность в развитии регионов России: ресурсы, стратегии и новые тренды* / под ред. Т.А. Корниловой, В.Н. Стрельцова: Материалы сессий Экономико-географической секции МАРС. М.: ИП Матушкина И.И., 2017. С. 139–153.
- Заусаев В.К., Бурдакова Г.И., Кручак Н.А.* Территории опережающего развития: работа над ошибками // *ЭКО. Всероссийский экономический журнал*. 2015. № 2. С. 76–86.
- Леонов С.Н.* Инструменты реализации государственной региональной политики в отношении Дальнего Востока России // *Пространственная экономика*. 2017. № 2. С. 41–67.
- Медведева Л.М.* Территории опережающего социально-экономического развития как инструмент государственной политики // *Вестн. ВГУЭС*. 2015. № 3 (30). С. 59–67.

- Минакир П.А.* Новая восточная политика и экономические реалии // *Пространственная экономика*. 2015. № 2. С. 7–11.
- Минакир П.А.* Ожидания и реалии политики “поворота на Восток” // *Экономика региона*. 2017. Т. 13. Вып. 4. С. 1016–1029.
- Минакир П.А., Суслов Д.В.* Прямые иностранные инвестиции в экономике российского Дальнего Востока // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2018. Т. 11. № 3. С. 41–56.
- Мирзеханова З.Г.* К экологической ситуации в Хабаровском крае // *География и природные ресурсы*. 1992. № 2. С. 38–43.
- Мирзеханова З.Г.* Экологические аспекты современного развития дальневосточных регионов в формате модели “зеленой экономики” // *Региональная экономика: теория и практика*. 2018. Т. 16. Вып. 6. С. 1082–1096.
- Мирзеханова З.Г.* Территории опережающего развития Российского Дальнего Востока: ожидания и действительность // *Региональные проблемы*. № 2. Т. 22. 2019. С. 55–61.
- Мирзеханова З.Г.* Реализация концептуальных положений модели зеленой экономики на Дальнем Востоке России. Экологические предпосылки // *Экономика региона*. Т. 16. Вып. 2. 2020. С. 449–463.
- Мирзеханова З.Г., Дебелая И.Д.* Хабаровский край: тенденции изменения экологического состояния территории статья // *География и экология*. 2007. № 10. С. 17–24.
- Мирзеханова З.Г., Дебелая И.Д., Булгаков В.А.* Тенденции изменения геоэкологической обстановки в Хабаровском крае // *География и природные ресурсы*. 2003. № 1. С. 93–95.
- Навстречу “зеленой” экономике: пути к устойчивому развитию и искоренению бедности – обобщающий доклад для представителей властных структур.* ЮНЕП, 2011. 43 с.
- Нарбут Н.А., Мирзеханова З.Г.* Региональная экологическая политика: роль экологического каркаса городской территории в регионах нового освоения // *Экология урбанизированных территорий*. 2017. № 1. С. 81–86.
- Попков С.Ю., Смирнов В.М.* Условия и перспективы формирования территорий опережающего социально-экономического развития в регионах Дальнего Востока России // *Экономика и управление*. 2015. № 6. С. 95–105.
- Природопользование Дальнего Востока России и Северо-Восточной Азии: потенциал интеграции и устойчивого развития / под ред. А.С. Шейнгауза.* Владивосток; Хабаровск: ДВО РАН, 2005. 528 с.
- Природопользование российского Дальнего Востока и Северо-Восточная Азия / под ред. А.С. Шейнгауза.* Хабаровск: Риотип, 1997. 224 с.
- Сидоров А.С., Сидоров С.А.* Политика опережающего развития Дальнего Востока в контексте безопасности Российской Федерации // *Альманах современной науки и образования*. 2016. № 9 (111). С. 93–98.
- Степанько Н.Г., Степанько А.А.* Экологический аспект формирования территории опережающего развития // *Успехи современной науки*. 2017. Т. 9 № 3. С. 140–145.
- Харченкова Е.В.* Инновационный потенциал ТОСЭР Дальнего Востока России: восточные перспективы // *Изв. ДВФУ. Экономика и управление*. 2018. № 3. С. 34–49.
- Харченкова Е.В.* Эффективное управление территориями опережающего социально-экономического развития Дальнего Востока России // *Изв. СПбГЭУ*. 2017. № 2(104). С. 161–164.
- Korea’s Green Growth Experience: Process, Outcomes and Lessons Learned.* Global Green Growth Institute. Seoul, 2015. 351 p.
- Pisano U., Endl A., Berger G.* The Rio + 20 Conference 2012: Objectives, Processes and Outcomes // *The European Sustainable Development Network (ESDN)*. 2012. http://www.Sd-network.eu/quarterly%20reports/report%20files/pdf/2012-June-The_Rio+20_Conference_2012.pdf (дата обращения 20.01.2016).
- World energy outlook 2018: summary* OECD/IEA 2018, p. 11. <https://webstore.iea.org/download/summary/190?fileName=English-WEO-2018-ES.pdf> (дата обращения 20.03.2019).

Environmental Aspects of the Formation and Development of Priority Development Areas in the Far East of Russia

Z. G. Mirzekhanova*

Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia

**e-mail: lorp@ivep.as.khb.ru*

The modern development of the regions of the Far East of Russia is carried out in the format of priority development areas. Their formation and functioning are predetermined by the necessity of avoiding the export and raw materials model of development in the process of diversification of the territorial and sectoral structure of the economy. A special legal regime and attractive economic conditions create prerequisites for attracting investment in a wide range of activities, while the environmental aspects of this activity are not indicated either in official documents or in the environmental and resource regulations of production. The urgency of the problem lies in the fact that a significant proportion of production will be formed here for the first time. At the same time, the priority development areas should develop in the conditions of modern requirements of world development, designated by the conceptual guidelines of the green economy model.

Based on the analysis of 175 enterprises created in the priority development areas, the main trends in the development of these territories are indicated, the emerging sectoral structure, and the compliance with the priorities of the green economy model are shown. It has been established that a significant share of production does not meet the model's provisions due to raw material specialization of the economy, the underutilization of the resource potential for environmentally significant industries and ignoring the requirements in the application of green innovation. The real achievements in expanding the spectrum of less environment-consuming sectors that provide for the diversification of the structure of the regional economy are noted. Economic preferences are dominant in the development of priority development areas, the environmental aspects of their functioning do not fully reflect the desire to get closer to the requirements of the green economy model.

Keywords: priority socioeconomic development area, green economy, resource and raw materials model, environmental aspects, regional specificity, conceptual basis, advantages, prerequisites for regional development, economic diversification, sectoral composition

REFERENCES

- Adushev M.N. The impact of the creation of priority development areas on the socioeconomic situation in the Far East of the Russian Federation. *Fundamental'nye Issled.*, 2018, no. 7, pp. 44–50. (In Russ.).
- Alekseev P.V. On the conditions for the successful creation and functioning of priority development areas in the Far East of Russia. *Ekonomicheskie Nauki*, 2018, vol. 161, no. 4, pp. 99–102. (In Russ.).
- Baklanov P.Ya. Territories of rapid development: concept, structure, approaches to allocation. *Reg. Issled.*, 2014, vol. 45, no. 3, pp. 12–19. (In Russ.).
- Bobylev S.N. Sustainable development in the interests of future generations: economic priorities. *Mir Novoi Ekonomiki*, 2017, no. 3, pp. 90–96. (In Russ.).
- Gorkina T.I. The territories of priority development areas as a stage in the formation of the spatial development of Russia. In *Mnogovektornost' v razvitiy regionov Rossii: resursy, strategii i novye trendy* [Multiple Vector in the Development of Russian Regions: Resources, Strategies and New Trends].
- Kornilova T.A., Streletsky V.N., Eds. Moscow: I.I. Matushkina Publ., 2017, pp. 139–153. (In Russ.).
- Kharchenkova E.V. Effective management of priority social and economic development areas of the Far East of Russia. *Izv. S.-Peterb. Gos. Ekon. Univ.*, 2017, vol. 104, no. 2, pp. 161–164. (In Russ.).
- Kharchenkova E.V. Innovative potential of PSEDA of the Russian Far East: Eastern perspectives. *Izv. DVFU. Ekonomika i Upravlenie*, 2018, no. 3, pp. 34–49. (In Russ.).
- Korea's Green Growth Experience: Process, Outcomes and Lessons Learned*. Seoul: Global Green Growth Institute, 2015. 351 p.
- Leonov S.N. Tools for the implementation of state regional policy in relation to the Russian Far East. *Prostranstvennaya Ekonomika*, 2017, no. 2, pp. 41–67. (In Russ.).
- Medvedeva L.M. Priority development areas as an instrument of state policy. *Vestn. VGUES*, 2015, no. 3(30), pp. 59–67. (In Russ.).
- Minakir P.A. Expectations and realities of the “turning to the East” policy. *Ekonomika Regiona*, 2017, vol. 13, no. 4, pp. 1016–1029. (In Russ.).
- Minakir P.A. New eastern policy and economic realities. *Prostranstvennaya Ekonomika*, 2015, no. 2, pp. 7–11. (In Russ.).
- Minakir P.A., Suslov D.V. Foreign direct investment in the economy of the Russian Far East. *Ekonomicheskie i Sotsial'nye Peremeny: Fakty, Tendentsii, Prognoz*, 2018, vol. 11, no. 3, pp. 41–56. (In Russ.).
- Mirzekhanova Z.G. Environmental aspects of the modern development of the Far Eastern regions in the format of green economy model. *Reg. Ekonomika: Teoriya i Praktika*, 2018, vol. 16, no. 6, pp. 1082–1096. (In Russ.).
- Mirzekhanova Z.G. Implementation of the conceptual provisions of the green economy model in the Russian Far East. Environmental background. *Ekonomika Regiona*, 2020, vol. 16, no. 2, pp. 449–463. (In Russ.).
- Mirzekhanova Z.G. Territories of advanced development of the Russian Far East: Expectations and reality. *Reg. Probl.*, 2019, vol. 22, no. 2, pp. 55–61. (In Russ.).
- Mirzekhanova Z.G. To the environmental situation in the Khabarovsk krai. *Geogr. Prir. Resur.*, 1992, no. 2, pp. 38–43. (In Russ.).
- Mirzekhanova Z.G., Debelaya I.D. Khabarovsk krai: Trends in the ecological status of the territory. *Geogr. Ekol.*, 2007, no. 10, pp. 17–24. (In Russ.).
- Mirzekhanova Z.G., Debelaya I.D., Bulgakov V.A. Trends in changes in the geo-ecological situation in Khabarovsk krai. *Geogr. Prir. Resur.*, 2003, no. 1, pp. 93–95. (In Russ.).
- Narbut N.A., Mirzekhanova Z.G. Regional environmental policy: The role of the ecological framework of the urban area in the regions of new development. *Ekologiya Urbanizirovannykh Territorii*, 2017, no. 1, pp. 81–86. (In Russ.).
- Pisano U., Endl A., Berger G. *The Rio + 20 Conference 2012: Objectives, Processes and Outcomes*. The European Sustainable Development Network (ESDN) Report no. 25. Vienna, 2012. Available at: https://www.sd-network.eu/quarterly%20reports/report%20files/pdf/2012-June-The_Rio+20_Conference_2012.pdf (accessed: 10.01.2020).
- Popkov S.Yu., Smirnov V.M. Conditions and prospects for the formation of priority development areas in the regions of the Far East of Russia. *Ekonomika i Upravlenie*, 2015, no. 6, pp. 95–105. (In Russ.).
- Prirodopol'zovanie Dal'nego Vostoka Rossii i Severo-Vostochnoi Azii: potentsial integratsii i ustoychivogo razvitiya* [Natural Resource Use of the Russian Far East and Northeast Asia: Potential of Integration and Sustainable Development]. Sheingauz A.S., Ed. Vladivostok, Khabarovsk: DVO RAN, 2005. 528 p.

- Prirodopol'zovanie rossiiskogo Dal'nego Vostoka i Severo-Vostochnaya Aziya* [Natural Resource Use in the Russian Far East and Northeast Asia]. Sheingauz A.S., Ed. Khabarovsk: Riotip Publ., 1997. 224 p.
- Sidorov A.S., Sidorov S.A. The policy of priority development of the Far East in the context of the security of the Russian Federation. *Al'manakh Sovr. Nauki i Obrazovaniya*, 2016, vol. 111, no. 9, pp. 93–98. (In Russ.).
- Stepan'ko N.G., Stepan'ko A.A. Ecological aspect of the formation of the priority development areas. *Usp. Sovr. Nauki*, 2017, vol. 9, no. 3, pp. 140–145. (In Russ.).
- Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. A Synthesis for Policy-Makers*. UNEP, 2011. 43 p.
- World Energy Outlook 2018: Summary*. OECD/IEA, 2018. 11 p. Available at: <https://webstore.iea.org/download/summary/190?fileName=English-WEO-2018-ES.pdf> (accessed: 20.03.2019).
- Zausaev V.K., Burdakova G.I., Kruchak N.A. Territories of accelerated development: Work on the bugs. *ECO*, 2015, vol. 45, no. 2, pp. 76–86. (In Russ.). doi 10.30680/ECO0131-7652-2015-2-76-86

УДК 551.5(571)

ВЛИЯНИЕ ДЕКАДНОГО АТМОСФЕРНОГО УВЛАЖНЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2021 г. О. С. Литвинова*

Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия

*e-mail: olg.litwino2011@yandex.ru

Поступила в редакцию 07.05.2020 г.

После доработки 30.10.2020 г.

Принята к публикации 22.12.2020 г.

В период 1960–2017 гг. (май–сентябрь) в лесостепной зоне юго-востока Западной Сибири отмечается значимое повышение температуры воздуха в третьей декаде августа и первой декаде сентября и уменьшение выпадения атмосферных осадков в первых декадах июня и августа. Для характеристики интенсивности засух и атмосферного переувлажнения рассчитан индекс засушливости Педея (S_i). В годы с высокой и низкой урожайностью избыточно увлажненные условия ($S_i < -1.1$) отмечались в течение двух-трех декад, засухи различной степени интенсивности ($S_i > 1.1$) – в течение двух-четырех декад. Урожайность свыше 16.5 ц/га отмечалась при избыточном атмосферном увлажнении в третьей декаде июня и первой декаде июля; менее 6.4 ц/га – при увеличении засушливости в первой декаде мая, июне, первой и второй декадах августа. Анализ линейных трендов позволил определить общую тенденцию изменения урожайности яровой пшеницы на исследуемой территории (+0.7 ц/га/10 лет). В работе проведен регрессионный анализ между декадными аномалиями атмосферного увлажнения и урожайностью яровой пшеницы. Наиболее тесные связи получены между урожайностью яровой пшеницы и засухой различной степени интенсивности в первой декаде мая, первой и второй декадах августа.

Ключевые слова: температура воздуха, атмосферные осадки, региональная изменчивость климата, индекс засушливости Д.А. Педея, засухи и атмосферное избыточное увлажнение, вегетационный период, Западная Сибирь

DOI: 10.31857/S2587556621020060

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Прогнозируемые изменения климата (растущая повторяемость аномальных природных явлений, в том числе климатических: избыточного увлажнения, атмосферных засух) требуют объективного анализа и оценки их влияния на состояние основных сельскохозяйственных культур. Рост экстремальных климатических явлений может поставить под угрозу продовольственную безопасность во всем мире (Vogel et al., 2019; IPCC..., 2013). Годовые колебания производства зерновых культур, обусловленные колебаниями климата, могут составлять от 1 до 10% по отношению к линии среднего тренда (Борисенков, 1982). В работе (Павлова, Сиротенко, 2012) авторы объясняют тенденцию повышения урожайности зерновых и зернобобовых культур на 1–22% за период 1975–2010 гг. на территории России улучшением климатических условий.

Как отмечается в оценочном докладе об изменениях климата и их последствиях на территории

Российской Федерации, наблюдаемые изменения климата оказывают как положительное, так и отрицательное воздействие на сельское хозяйство (Второй..., 2014). Урожайность сельскохозяйственных культур в XXI в. будет зависеть от регионального изменения климата – повышение среднегодовой температуры на 1°C приведет к росту урожайности пшеницы в отдельных регионах страны. Положительное влияние на сельскохозяйственные культуры в лесостепной зоне юго-востока Западной Сибири оказывают уменьшение продолжительности зимнего сезона на две недели, смещение дат активных температур на более ранние сроки (Литвинова, 2018; Литвинова, Гуляева, 2016).

Основными факторами, определяющими формирование урожайности яровой пшеницы, являются условия тепло- и влагообеспеченности посевов в течение всего периода вегетации (Черникова, Кухарская, 1980). Низкие урожаи яровых зерновых культур на юге Западной Сибири отмечаются при низких показателях тепло и влаго-

обеспеченности (Гуляева, Костюков, 2000). Проблемой изучения засух и избыточного увлажнения исследователи занимаются уже давно, как в России, так и в мире. Сложность проблемы состоит в том, что исследователи применяют различные параметры для характеристики засушливости, трудно сравнимые между собой. Так, повсеместно в мире применяется индекс суровости засухи Палмера (PDSI), который рассчитывается по месячным значениям температуры и осадков и локальным контактам влагоемкости почвы (Dai et al., 2004). Выявление засушливых условий на основе упрощения компонента почвенной влаги в расчетах может достигать нескольких месяцев (Справочник..., 2016). В 2009 г. ВМО рекомендовала стандартизированный индекс осадков (SPI) в качестве основного метеорологического индекса засушливости, являющийся универсальным для любого региона и не требующий введения поправочных коэффициентов. В работе (Уткузова и др., 2015) авторы на основе расчета индекса SPI впервые провели для территории России пространственно-временной анализ эпизодов засушливости и увлажненности, в котором отмечают в последние годы увеличение засушливости в июле над азиатской территорией России.

В России широко применяют комплексные показатели – гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК) (1958), коэффициент увлажнения Н.Н. Иванова (1962) и индекс засушливости Д.А. Педя (1975). Гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова чувствителен к засушливым условиям, характерным для изучаемого климатического режима, обладает достаточной гибкостью и может использоваться в применениях месячного и декадного масштабов, но не принимает во внимание влагозапасы почвы. Коэффициент увлажнения Н.Н. Иванова требует сведений о влажности воздуха, что не всегда возможно получить в свободном доступе.

В данной работе в качестве объективной характеристики засух и избыточного увлажнения использован индекс засушливости Д.А. Педя (S_i), который учитывает разницу аномалий температуры воздуха и атмосферных осадков, и их среднеквадратические отклонения. Н.В. Гуляева и В.В. Костюков (2003) впервые проанализировали повторяемость данного индекса с мая по сентябрь 1950–1999 гг. в лесостепной зоне Западной Сибири. Следует отметить, что значения индекса S_i обусловлены влиянием подстилающей поверхности и особенностями циркуляции атмосферы. На Южном Урале атмосферные засухи средней и сильной степени интенсивности отмечаются при развитии атмосферных процессов форм циркуляции (по Г.Я. Вангенгейму – А.А. Гирсу) – С, С+Е; на юге Западной Сибири – форм W и С (Литвинова, Гуляева, 2017). Настоящая работа является продолжением исследования (Литвинова, 2020),

в котором изучены особенности формирования разной степени интенсивности засушливых и избыточно увлажненных условий, обусловленные атмосферной циркуляцией Северного полушария во взаимодействии с подстилающей поверхностью. Наиболее тесные связи выявлены между засухами и отрицательными циркуляционными индексами NAO, AO, EA; избыточным увлажнением и положительными индексами NAO, AO, EA, отрицательным индексом SCAND. Высокие урожаи яровой пшеницы в европейской части России отмечаются при усилении циклонической активности, в период доминирования зонального ветра в приэкваториальной нижней стратосфере и уменьшении повторяемости сильных засух в мае (Золотокрылин и др., 2016).

Проведение комплексных исследований по определению механизмов, направленных на смягчение влияния атмосферных засух и избыточного увлажнения различной степени интенсивности на урожайность зерновых культур, остается актуальным.

Исследуемый регион охватывает территорию Барабинского района Новосибирской области (рис. 1), для него характерен континентальный климат умеренных широт. Барабинский район расположен в пределах лесостепной зоны юга Западной Сибири. По характеру сочетания увлажнения и теплообеспеченности подстилающей поверхности рассматриваемая территория относится к зоне с оптимальным сочетанием тепла и достаточным, но не устойчивым увлажнением (Мезенцев, 1969). Природные условия и агроклиматические ресурсы лесостепной зоны юго-востока Западной Сибири потенциально благоприятны для возделывания мягких сортов пшеницы (Костюков и др., 2009). Вследствие значительной изменчивости агроклиматических факторов урожайность яровой пшеницы существенно изменяется по годам. Колебания урожайности зерновых культур обусловлены в основном погодными условиями конкретного года. Открытость исследуемой территории на севере и юге способствует свободному проникновению холодных арктических и прогретых континентальных умеренных воздушных масс. Большой урон зерновым культурам наносят и дефицит, и избыточное выпадение атмосферных осадков продолжительностью более двух месяцев.

Целью данной работы является исследование влияния засушливых и избыточно увлажненных условий различной степени интенсивности по декадам на урожайность яровой пшеницы в лесостепной зоне Новосибирской области.

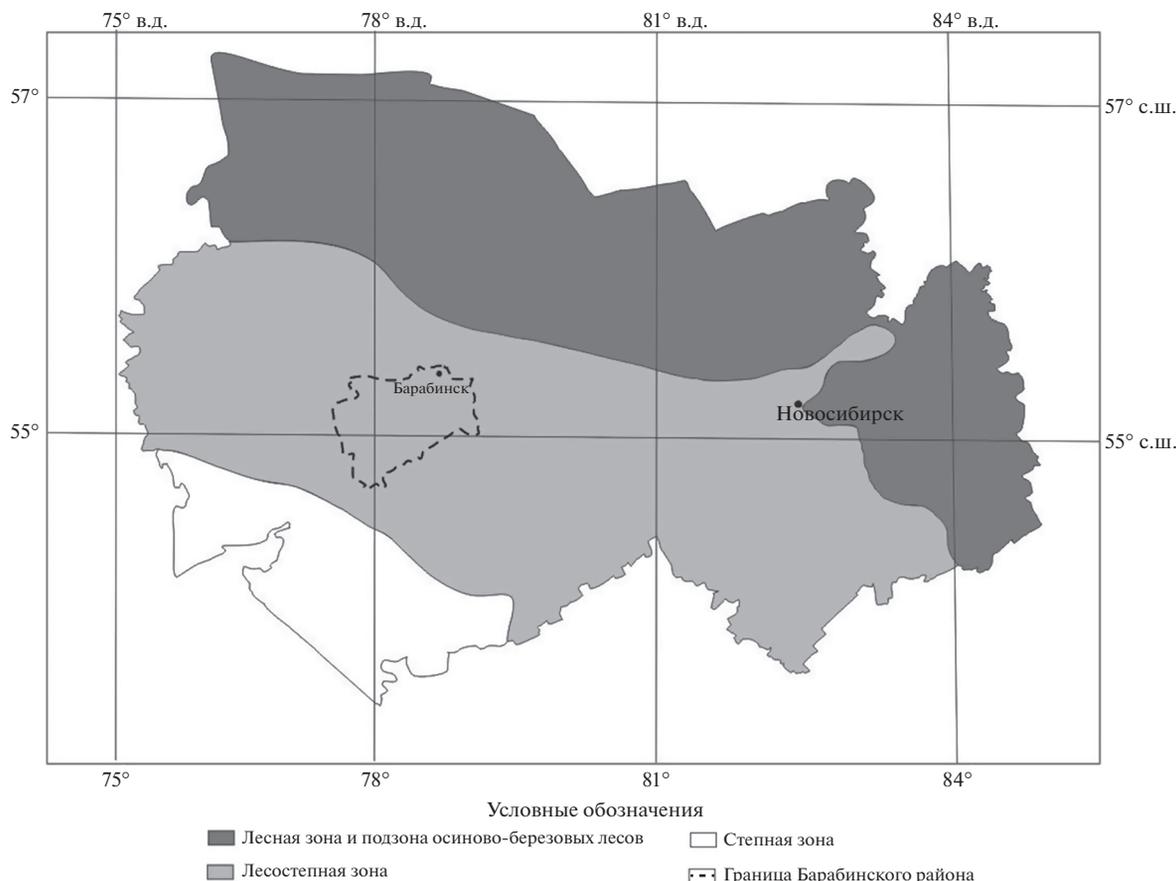


Рис. 1. Картограмма географического положения Барабинского района на территории Новосибирской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для статистических оценок использованы суточные данные по температуре воздуха, атмосферным осадкам с мая по сентябрь¹, материалы многолетних гидрометеорологических наблюдений Западно-Сибирского УГМС и Федеральной службы государственной статистики по урожайности яровой пшеницы с 1960 по 2017 г.²

В качестве индекса увлажнения использовался показатель Д.А. Педея (1975), который характеризует различную степень интенсивности засушливых и избыточно увлажненных условий: $Si \geq 3.1$ – сильная засуха; $2.1 < Si \leq 3.0$ – засуха средней степени; $1.1 < Si \leq 2.0$ – засуха слабой степени; $-1.0 <$

$< Si \leq 1.0$ – нормальное увлажнение; $-2.0 \leq Si < -1.1$ – слабое переувлажнение; $-3.0 \leq Si < -2.1$ – переувлажнение средней степени, $Si \leq -3.1$ – сильное переувлажнение.

В работе составлены каталоги высоких и низких урожаев яровой пшеницы. Высокая и низкая урожайность определялась по сравнению со средними многолетними значениями: в периоде 1960–2017 гг. отбирались годы с урожайностью более 12.6 ц/га (25 случаев) и годы с урожайностью менее 10.5 ц/га (26 случаев).

На основе анализа линейных трендов определялась общая тенденция изменения урожайности яровой пшеницы, по декадам с мая по сентябрь – температуры воздуха, атмосферных осадков и индекса Si ; регрессионного анализа – теснота связи высокой и низкой урожайности яровой пшеницы с засухами и избыточно увлажненными условиями различной степени интенсивности по декадам. Статистическая значимость установленных связей определялась по критерию Стьюдента – $tr \geq 2.0$. При уровне значимости 0.05 значение коэффициента корреляции равно 0.38.

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation> (дата обращения 08.03.2019 г.).

² Посевные площади и валовые сборы сельскохозяйственных культур по районам Новосибирской области. Стат. сб. Новосибирск: Федеральная служба государственной статистики, Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Новосибирской области. 1960–2017; Федеральная служба государственной статистики. <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 31.05.2019 г.).

Таблица 1. Повторяемость засушливых и избыточно увлажненных условий по декадам за 1960–2017 гг., %

Градация	V			VI			VII			VIII			IX		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$Si > 3.1$	3	3	2	—	—	2	2	2	2	2	—	2	—	—	—
$2.1 < Si < 3.0$	5	3	7	9	2	7	5	5	7	5	10	7	10	3	10
$1.1 < Si < 2.0$	14	16	14	21	28	15	21	19	15	15	21	24	24	29	16
$-1.0 < Si < 1.0$	56	55	53	48	40	50	56	51	59	54	43	41	38	37	48
$-2.0 < Si < -1.1$	12	9	19	12	21	15	10	15	9	17	14	14	9	21	9
$-3.0 < Si < -2.1$	5	12	3	5	7	9	3	3	3	5	9	12	16	3	16
$Si < -3.1$	5	2	2	5	2	2	3	5	5	2	3	2	3	7	2

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рассматриваемой территории выявлены статистически значимые тенденции повышения температуры воздуха во второй декаде мая, в третьей декаде августа и первой декаде сентября ($0.4-0.3^\circ\text{C}/10$ лет) (рис. 2). Выпадение атмосферных осадков уменьшается в первых декадах июня и августа ($-1.7...-1.6$ мм/10 лет). Полученные параметры разнонаправленных трендов по остальным декадам статистически не значимы. На фоне значимых изменений температуры воздуха и атмосферных осадков в данные декады отмечается увеличение повторяемости засух различной степени интенсивности (см. рис. 2).

Повторяемость избыточно увлажненных условий различной степени интенсивности по декадам вегетационного периода за 1960–2017 гг. приведена в табл. 1. Нормальное увлажнение наблюдается в 38–55% случаев. На долю сильных засух приходится не более 3% случаев. В июне – первой и второй декадах, в августе – во второй декаде и в сентябре сильные засухи на исследуемой территории не отмечались. Сильное увлажнение отмечалось в 2–7% случаев. Чаще всего сильное увлажнение наблюдалось во второй декаде сентября. Засуха средней степени интенсивности в 10% случаев отмечалась в августе – во второй декаде, в сентябре – в первой и третьей декадах. Переувлажнение средней степени интенсивности было отмечено в 15% случаев в первой и третьей декадах сентября. Чаще всего слабое переувлажнение и засуха слабой степени интенсивности в 21–29% случаев формировались во второй декаде июня и сентября.

На рассматриваемой территории установлено увеличение урожайности яровой пшеницы – на 0.7 ц/га/10 лет (рис. 3). Об изменчивости урожайности яровой пшеницы можно судить по частоте повторяемости лет с высокими и низкими урожаями. В годы с высокой и низкой урожайностью избыточно увлажненные условия ($Si < -1.1$) отмечались в течение 2–3 декад, засухи различной степени интенсивности ($Si > 1.1$) – в течение двух–

четырёх декад. В годы с высоким урожаем (рис. 4) в 44% случаев во второй декаде июня отмечались избыточно увлажненные условия. В 27 случаях урожайность яровой пшеницы в Барабинском районе была выше средних многолетних значений и варьировала от 12.3 до 20.6 ц/га. Урожайность свыше 16.5 ц/га чаще всего отмечалась при избыточном атмосферном увлажнении в третьей декаде июня и первой декаде июля (табл. 2). Самый высокий урожай был получен в 2001 г. – 20.6 ц/га (на 8.9 ц/га больше среднего многолетнего значения). В 1972 г. избыточное увлажнение отмечалось не только в Барабинском районе, но и на всей территории юго-востока Западной Сибири в течение 3–5 мес. В четырех случаях (1980, 1991, 2001 и 2002 гг.) высокие урожаи отмечались при засухах средней и сильной степени интенсивности в мае и первой декаде июня. Во всех четырех случаях осадков выпадало в 1.5–3 раза больше нормы в осенне-зимний период, и почва была хорошо увлажнена к началу проведения весенних полевых работ и сева.

В годы с низким урожаем (см. рис. 4) в 46% случаев в первых декадах июня и сентября отмечалась засуха разной интенсивности ($Si > 1.1$). В 22 случаях урожайность была ниже 10 ц/га, из них в 23% случаев урожайность не превышала 6.5 ц/га – при увеличении засушливости в первой декаде мая, июне, первой и второй декадах августа. Самый низкий урожай был получен в 1967 г. (табл. 3).

Значимые коэффициенты корреляции между урожайностью яровой пшеницы, температурой воздуха, атмосферными осадками и атмосферным увлажнением разной степени интенсивности выявлены лишь в отдельные декады вегетационного периода, тем не менее их вклад может быть существенным.

Рассмотрим влияние температуры воздуха на урожайность яровой пшеницы.

В мае и июне у яровой пшеницы интенсивно развивается корневая система, недостаток влаги и высокие температуры ведут к задержке фазы кущения и уменьшают продуктивность колоса (Ку-

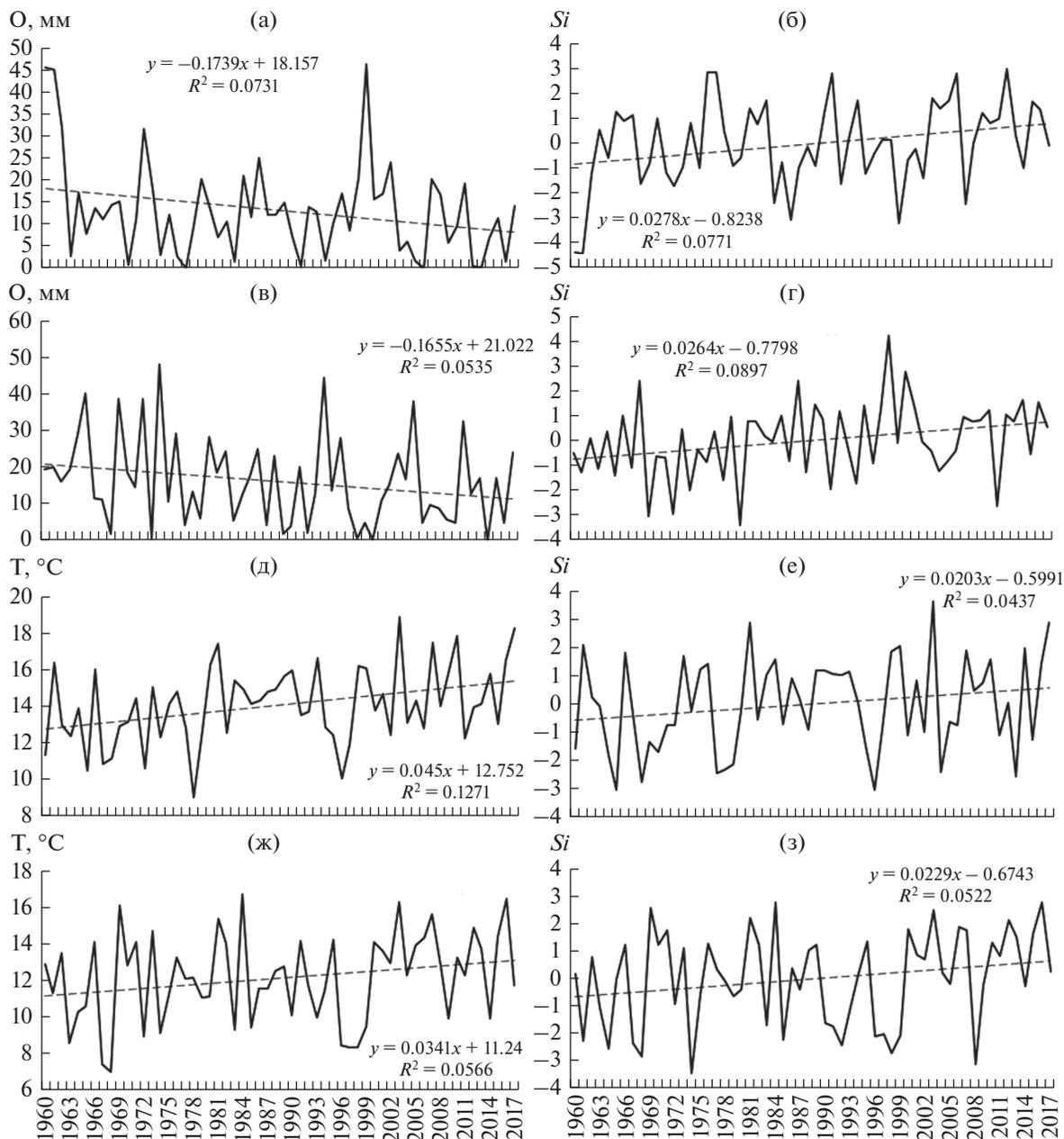


Рис. 2. Динамика и линейные тренды температуры воздуха, атмосферных осадков и индекса Si по декадам вегетационного периода в Барабинске за 1960–2017 гг.: (а) атмосферные осадки первой декады июня, (б) индекс увлажнения первой декады июня, (в) атмосферные осадки первой декады августа, (г) индекс увлажнения первой декады августа, (д) температура воздуха третьей декады августа, (е) индекс увлажнения третьей декады августа, (ж) температура воздуха первой декады сентября, (з) индекс увлажнения первой декады сентября; линейный тренд на графиках показан пунктирной линией.

маков, 1988). Оптимальные условия для кушения +10...+12°C. В июле у яровой пшеницы происходит формирование и налив зерна, высокая температура вызывает преждевременную спелость и щуплость зерна. Оптимальная температура воздуха в период цветения, налива и созревания зерна +20...+24°C.

Наиболее тесные связи получены между низкой урожайностью яровой пшеницы (Y) и десятичными значениями температуры воздуха (t):

$$Y = 0.37t_{3V} - 0.58t_{1VII} + 0.52t_{3VII} + 0.99t_{3VIII} - 8.84, \quad (1)$$



Рис. 3. Динамика и линейные тренды урожайности яровой пшеницы в Барабинском районе за 1960–2017 гг.

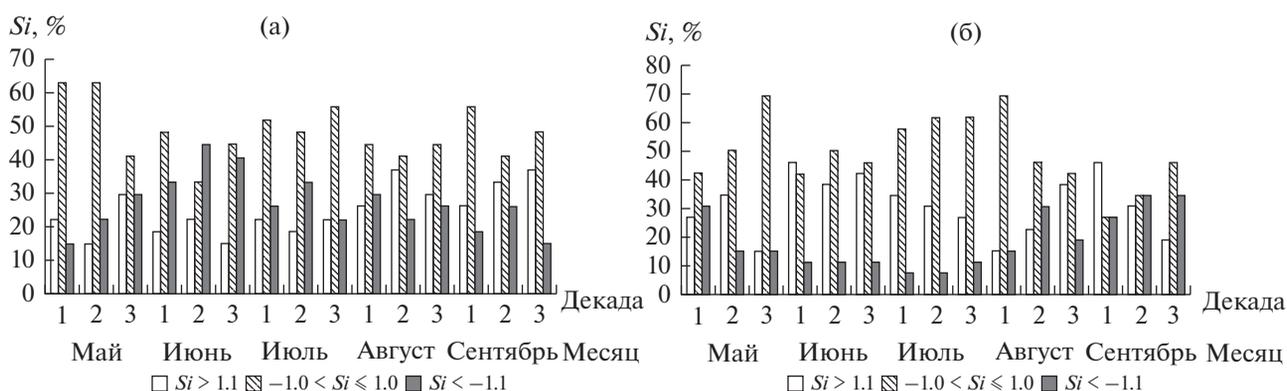


Рис. 4. Повторяемость индекса S_i (%) по декадам: (а) годы с высоким урожаем, (б) годы с низким урожаем.

где t_{3V} – температура воздуха третьей декады мая; t_{1VII} – температура воздуха первой декады июля; t_{3VII} – температура воздуха третьей декады июля; t_{3VIII} – температура воздуха третьей декады августа. Множественный коэффициент корреляции составил 0.82 (R); критерий Стьюдента $tr = 3.28, -4.21, 3.12, 6.01$. При уровне значимости 0.05 значение коэффициента корреляции равно 0.38.

При влиянии атмосферных осадков на урожайность яровой пшеницы получена зависимость между ростом осадков (X) в первых двух декадах июля и увеличением урожайности:

$$Y = 0.04X_{1VII} + 0.05X_{2VII} + 13.39. \quad (2)$$

При выпадении осадков 28 мм в первой декаде июля и 18 мм во второй декаде июля урожай яровой пшеницы составит 15.5 ц/га ($R = 0.62$; $tr = 3.07-2.05$).

Рассмотрим влияние декадного атмосферного увлажнения на формирование урожая яровой пшеницы.

Наибольший вклад в формирование высокого урожая вносит уменьшение атмосферного увлажнения в первой и второй декаде июля:

$$Y = -0.57Si_{1VII} - 0.82Si_{2VII} + 0.66Si_{3VII} + 14.81, \quad (3)$$

где Si_{1VII} – индекс увлажнения первой декады июля; Si_{2VII} – индекс увлажнения второй декады июля; Si_{3VII} – индекс увлажнения третьей декады июля; $R = 0.63$; tr составила $-2.52, -2.55$ и 2.08 соответственно.

Наиболее тесные связи ($R = 0.82$) получены между урожайностью яровой пшеницы и засухой различной степени интенсивности в первой декаде

Таблица 2. Значения индекса S_i по декадам в годы с высоким урожаем яровой пшеницы

Месяц	Декада	1972	1979	1980	1991	1995	2000	2001	2002	2017
V	1	-0.9	0.9	-1.0	2.0	0.6	-0.9	3.6	0.7	0.2
	2	0.3	0.5	1.6	0.6	-2.4	-2.5	0.1	0.1	-0.7
	3	0.1	-1.6	1.6	1.0	0.8	-2.1	3.0	1.3	-1.5
VI	1	-1.7	-0.9	-0.6	2.8	-1.2	-0.6	-0.2	-1.4	-0.1
	2	-4.7	-0.2	2.0	-1.3	-1.9	1.9	0.2	0.8	1.9
	3	-2.3	-2.0	-2.5	-0.8	0.1	1.1	-2.5	-1.2	-0.3
VII	1	-4.6	-5.4	-0.5	-2.9	2.4	1.2	-1.5	-1.7	-0.7
	2	-0.8	1.0	-3.9	0.2	-0.8	0.2	-1.0	-1.1	-1.0
	3	-0.8	2.3	-1.7	2.4	0.2	0.0	-1.1	-0.8	1.2
VIII	1	-3.0	0.9	-3.4	-2.0	1.4	2.8	1.3	-0.1	0.6
	2	-2.6	1.2	0.5	-2.4	2.6	-0.8	1.9	1.2	-0.6
	3	-0.8	-2.1	-0.2	1.1	-1.5	-1.1	0.8	-1.0	2.9
IX	1	-0.9	-0.6	-0.4	-1.7	1.3	1.8	0.8	0.7	0.2
	2	-4.7	1.8	1.3	0.5	-1.2	0.1	-1.1	2.0	-1.2
	3	-0.6	1.4	1.2	0.8	0.9	-2.2	2.3	1.6	-1.0
Урожайность		18.2	18.8	19.9	19.9	17.2	16.8	20.6	17.0	16.5

Таблица 3. Значения индекса S_i по декадам в годы с низким урожаем яровой пшеницы

Месяц	Декада	1963	1965	1967	1969	1976	1982
V	1	-0.1	0.6	1.5	-2.0	0.8	1.5
	2	-0.4	2.3	0.5	-1.3	0.6	1.8
	3	0.0	0.2	0.1	-0.4	-0.7	-0.1
VI	1	0.6	1.3	1.1	-0.8	2.9	0.8
	2	-0.2	2.0	-0.9	0.5	1.5	1.8
	3	1.8	1.3	0.9	2.3	1.7	3.4
VII	1	0.4	2.6	0.7	3.3	0.5	0.3
	2	0.9	2.0	2.7	0.4	-4.6	-0.3
	3	0.0	0.8	-4.5	2.4	-1.0	1.7
VIII	1	-1.1	-1.4	-1.1	-3.1	-0.9	0.8
	2	-1.0	0.2	-1.6	-3.5	-1.4	-1.1
	3	-0.1	-3.0	-0.3	-1.4	1.4	-0.6
IX	1	-1.1	0.0	-2.4	2.6	1.3	1.2
	2	0.8	-0.2	-1.6	-3.5	-1.1	-0.5
	3	0.9	-2.4	-0.4	-0.3	-2.2	0.9
Урожайность		3.9	4.2	1.1	4.6	3.8	6.4

мая, в первой и второй декадах августа, $tr = -3.74$, 4.21 и 2.90 соответственно:

$$Y = -0.68S_{iV} + 1.30S_{iVIII} + 0.68S_{i2VIII} + 8.05, \quad (4)$$

где S_{iV} – индекс увлажнения первой декады мая; S_{iVIII} – индекс увлажнения первой декады августа; S_{i2VIII} – индекс увлажнения второй декады августа.

При уменьшении увлажнения в первой декаде мая, в третьей декаде июня и первой декаде

июля теснота зависимости снижается ($R = 0.64$), $tr = -2.20$, -2.13 и -2.59 соответственно:

$$Y = -0.55S_{iV} - 0.66S_{i3VI} - 0.85S_{i1VII} + 8.99, \quad (5)$$

где S_{iVI} – индекс увлажнения первой декады мая; S_{i3VI} – индекс увлажнения третьей декады июня; S_{i1VII} – индекс увлажнения первой декады июля.

Решение уравнений (4) и (5) показывает, что урожайность не превышает 8 ц/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно проведенному исследованию влияния засушливых и избыточно увлажненных условий различной степени интенсивности на урожайность яровой пшеницы в лесостепной зоне юго-востока Западной Сибири – в Барабинском районе Новосибирской области – можно сделать следующие выводы:

1. На рассматриваемой территории за 1960–2017 гг. выявлено повышение температуры воздуха в третьей декаде августа и первой декаде сентября, уменьшение выпадения атмосферных осадков в первой декаде июня и первой декаде августа, что привело к увеличению повторяемости засух различной степени интенсивности в данных декадах.

2. На исследуемой территории отмечается повышение урожайности яровой пшеницы.

3. Тесные связи низкой урожайности яровой пшеницы получены с засухой различной степени интенсивности в первой декаде мая, в первой и второй декадах августа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Борисенков Е.П.* Климат и деятельность человека. М.: Наука, 1982. 128 с.
- Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. 60 с.
- Гуляева Н.В., Костюков В.В.* Динамика атмосферного увлажнения лесостепной зоны Новосибирской области // Тр. Сиб. рег. науч.-исслед. гидромет. инта. 2003. № 104. С. 60–65.
- Гуляева Н.В., Костюков В.В.* О некоторых особенностях изменчивости агроклиматических ресурсов юга Западной Сибири и прилегающих районов Урала // Тр. Сиб. рег. науч.-исслед. гидромет. инта. 2000. Вып. 103. С. 106–114.
- Золотокрылин А.Н., Черенкова Е.А., Титкова Т.Б., Михайлов А.Ю., Бардин М.Ю., Ширяева А.В., Виноградова В.В.* Изменения урожайности зерновых культур Европейской России, вызванные квазидвухлетней цикличностью атмосферных процессов // Изв. РАН. Сер. геогр. 2016. № 2. С. 90–99. <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2016-2-90-99>
- Иванов Н.Н.* Показатель биологической эффективности климата // Изв. РГО. 1962. Т. 94. № 1. С. 65–70.
- Костюков В.В., Старостина Т.В., Черникова М.И.* Агроклиматические ресурсы и динамика урожайности ранних яровых зерновых культур Западной Сибири. Новосибирск, 2009. 184 с.
- Кумаков В.А.* Биологические основы возделывания яровой пшеницы по интенсивной технологии. М.: Росагропромиздат, 1988. 104 с.
- Литвинова О.С.* Влияние макроциркуляционных условий на атмосферное увлажнение юга и юго-востока Западной Сибири // Геогр. вестн. 2020. № 2 (53). С. 100–110. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2020-2-100-110>
- Литвинова О.С., Гуляева Н.В.* Макроциркуляционные условия атмосферных засух на юге Урала и Западной Сибири в XX – начале XXI вв. // Электронный науч.-методич. журн. Омского ГАУ. 2017. № 1(8) октябрь–декабрь. <http://e-journal.omgau.ru/index.php/vyp-rus/2017-rus/1-8-rus> (дата обращения 26.03.2020 г.).
- Литвинова О.С.* Макроциркуляционные условия зимнего сезона юго-востока Западной Сибири // Геогр. вестн. 2018. № 4(47). С. 67–77. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2018-4-67-77>
- Литвинова О.С., Гуляева Н.В.* Структура фаз летнего сезона на юго-востоке Западной Сибири // Геогр. вестн. 2016. № 4(39). С. 57–69. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2016-4-57-69>
- Мезенцев В.С.* Увлажненность Западно-Сибирской равнины. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 168 с.
- Павлова В.Н., Сиротенко О.Д.* Наблюдаемые изменения климата и динамика продуктивности сельского хозяйства России // Тр. Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2012. № 565. С. 132–151.
- Педь Д.А.* О показателе засухи и избыточного увлажнения // Тр. ГМЦ СССР. 1975. Вып. 156. С. 19–38.
- Селянинов Г.Т.* Происхождение и динамика засух. Л.: Гидрометеиздат, 1958. С. 5–30.
- Справочник по показателям и индексам засушливости. Средства и руководящие указания по комплексной борьбе с засухой. Сер. 2. Всемирная метеорологическая организация и Глобальное водное партнерство, 2016. 60 с.
- Уткузова Д.Н., Хан В.М., Вильфанд Р.М.* Статистический анализ эпизодов экстремальной засушливости и увлажненности на территории РФ // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т. 28. № 1. С. 66–75.
- Черникова М.И., Кухарская В.Л.* Исследование ресурсов климата Западной Сибири на период до 2000 г. для сельского хозяйства // Тр. ЗапСибРНИГМИ. 1980. Вып. 44. С. 78–98.
- Dai A., Trenberth K. E., Qian T.* A Global dataset of Palmer Drought Severity Index for 1870–2002: Relationship with soil moisture and effects of surface warming // J. Hydrometeorol. 2004. V. 5. P. 1117–1130.
- Vogel E., Donat M.G., Alexander L.V., Meinshausen M., Ray D.K., Karoly D., Meinshausen N., Frieler K.* The effects of climate extremes on global agricultural yields // Env. Res. Lett. 2019. V. 14. № 5. P. 1–12.
- IPCC.* Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midgley (Eds.). Cambridge, United Kingdom, N.Y., USA: Cambridge Univ. Press, 2013. 1535 p.

Influence of Decadal Atmospheric Moisture on Spring Wheat Yield in the Forest-Steppe Zone of Novosibirsk Oblast

O. S. Litvinova*

Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia

*e-mail: olg.litwino2011@yandex.ru

In the period 1960–2017 (May to September) in the forest-steppe zone of the South-East of Western Siberia, there is a significant increase in air temperature in the third decade of August and the first decade of September, and a decrease in atmospheric precipitation in the first decades of June and August. To characterize the intensity of droughts and atmospheric waterlogging, the Ped drought index (Si) was calculated. In years with high and low yields, excessively humid conditions ($Si < -1.1$) were observed for two or three decades, droughts of varying intensity ($Si > 1.1$) – for two or four decades. Yields above 16.5 c/ha were observed with excessive atmospheric humidification in the third decade of June and the first decade of July; less than 6.4 c/ha—with an increase in aridity in the first decade of May, June, the first and second decades of August. The analysis of linear trends made it possible to determine the general trend of change in the yield of spring wheat in the study area (+0.7 c/ha/10 years). Regression analysis between decadal anomalies of atmospheric humidification and yield of spring wheat was carried out. The closest links are between spring wheat yields and drought of varying intensity in the first decade of May, the first and second decades of August.

Keywords: air temperature, precipitation, regional climate variability, Ped drought index, droughts, excessive atmospheric moisture, growing season, Western Siberia

REFERENCES

- Borisenkov E.P. *Klimat i deyatel'nost' cheloveka* [Climate and Human Activity]. Moscow: Nauka Publ., 1982. 128 p.
- Chernikova M.I., Kukharskaya V.L. Research of climate resources of Western Siberia for the period up to 2000 for agriculture. Tr. ZapSibRNIGMI, 1980, vol. 44, pp. 78–98. (In Russ.).
- Dai A., Trenberth K.E., Qian T. Global data set of the Palmer drought severity index for 1870–2002: Relationship with soil moisture and the effects of surface warming. *J. Hydrometeorol.*, 2004, vol. 5, no. 6, pp. 1117–1130.
- Gulyaeva N.V., Kostyukov V.V. About some features of variability of agro-climatic resources of the South of Western Siberia and adjacent areas of the Urals. *Tr. Sibir. Reg. Nauchn.-Issled. Gidrometeorol. Inst.*, 2000, vol. 103, pp. 106–114. (In Russ.).
- Gulyaeva N.V., Kostyukov V.V. Dynamics of atmospheric humidification of the forest-steppe zone of the Novosibirsk oblast. *Tr. Sibir. Reg. Nauchn.-Issled. Gidrometeorol. Inst.*, 2003, vol. 104, pp. 60–65. (In Russ.).
- Handbook of Drought Indicators and Indices. Svoboda M., Fuchs B., Eds. Geneva: World Meteorological Organization (WMO), Global Water Partnership (GWP), 2016. 60 p.
- IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M., Eds. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press., 2013. 1535 p.
- Ivanov N.N. Indicator of biological efficiency of climate. *Izv. Russ. Geogr. O-va*, 1962, vol. 94, no. 1, pp. 65–70. (In Russ.).
- Kostyukov V.V., Starostina T.V., Chernikova M.I. *Agroklimaticheskie resursy i dinamika urozhainosti rannikh yarovykh zernovykh kul'tur Zapadnoi Sibiri* [Agro-Climatic Resources and Productivity Dynamics of Early Spring Grain Crops in Western Siberia]. Novosibirsk, 2009. 184 p.
- Kumakov V.A. *Biologicheskie osnovy vozdeleyvaniya yarovoi pshenitsy po intensivnoi tekhnologii* [Biological Bases of Cultivation of Spring Wheat Using Intensive Technology]. Moscow: Rosagropromizdat Publ., 1988. 104 p.
- Litvinova O.S. Macrocirculatory conditions of the winter season in the South-East of Western Siberia. *Geogr. Vestn.*, 2018, vol. 47, no. 4, pp. 67–77. (In Russ.). doi 10.17072/2079-7877-2018-4-67-77
- Litvinova O.S. The influence of macrocircular conditions on atmospheric humidification in the South and South-East of Western Siberia. *Geogr. Vestn.*, 2020, vol. 53, no. 2, pp. 100–110. (In Russ.). doi 10.17072/2079-7877-2020-2-100-110
- Litvinova O.S., Gulyaeva N.V. Macrocirculatory conditions of atmospheric droughts in the South of the Urals and Western Siberia in the 20th – early 21st centuries. *Elektronnyi Nauchn.-Metod. Zh. Omsk. GAU*, 2017, no. 1(8), October–December. Available at: <http://e-journal.omgau.ru/index.php/vyp-rus/2017-rus/1-8-rus> (accessed: 26.03.2020). (In Russ.).
- Litvinova O.S., Gulyaeva N.V. Structure of summer season phases in the South-East of Western Siberia. *Geogr. Vestn.*, 2016, vol. 39, no. 4, pp. 57–69. (In Russ.). doi 10.17072/2079-7877-2016-4-57-69
- Mezentsev V.S. *Uvlazhnennost' Zapadno-Sibirskoi ravniny* [Humidification of the West Siberian Plain]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1969. 168 p.
- Pavlova V.N., Sirotenko O.D. Observed climate changes and dynamics of agricultural productivity in Russia. *Tr. Glavnoi Geofizicheskoi Observatorii im. A.I. Voeikova*. 2012, vol. 565, pp. 132–151. (In Russ.).

- Ped' D.A. On the indicator of drought and excessive moisture. *Trudy GMTs SSSR*, 1975, vol. 156, pp. 19–38. (In Russ.).
- Selyaninov G.T. The origin and dynamics of droughts. In *Zasukhi v SSSR, ikh proiskhozhdenie, povtoryaemost' i vliyaniye na urozhai* [Droughts in the USSR, Their Origin, Recurrence and Impact on Crops]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1958, pp. 5–30. (In Russ.).
- Utkuzova D.N., Han V.M., Vil'fand R.M. Spatio-temporal characteristics of wet and drought extremes over territory of Russia. *Optika Atmosfery i Okeana*, 2015, vol. 28, no. 1, pp. 66–75. (In Russ.).
- Vogel E., Donat M.G., Alexander L.V., Meinshausen M., Ray D.K., Karoly D., Meinshausen N., Frieler K. The effects of climate extremes on global agricultural yields. *Environ. Res. Lett.*, 2019, vol. 14, no. 5, 054010. doi 10.1088/1748-9326/ab154b
- Vtoroi otsenochnyi doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii. Obshchee resyume* [Second Roshydromet Assessment Report on Climate Change and its Consequences in Russian Federation. Summary]. Moscow: Rosgidromet, 2014. 60 p.
- Zolotokrylin A.N., Cherenkova E.A., Titkova T.B., Mikhailov A.Yu., Bardin M.Yu., Shiryaeva A.V., Vinogradova V.V. Change in yields of cereal crops in European Russia caused by the quasi-biennial oscillation of atmospheric processes. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.* 2016, no. 2, pp. 90–99. (In Russ.). doi 10.15356/0373-2444-2016-2-90-99

УДК 551.89

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО ДАТИРОВАНИЯ ЛЁССОВО-ПОЧВЕННЫХ СЕРИЙ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (ОПОРНЫЙ РАЗРЕЗ ЛОЖОК)

© 2021 г. Н. Е. Вольвах^{a, *}, Р. Н. Курбанов^{b, c, **}, А. О. Вольвах^{a, ***}, В. С. Зыкина^a,
Д. Е. Хашцевская^b, Я.-П. Булард^d, Э. С. Мюррей^e

^aИнститут геологии и минералогии им. В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

^bИнститут географии РАН, Москва, Россия

^cМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия

^dТехнический университет Дании, Роскилле, Дания

^eОрхусский университет, факультет наук о Земле, Орхус, Дания

*e-mail: volvakh@igm.nsc.ru

**e-mail: roger.kurbanov@igras.ru

***e-mail: sizikova@igm.nsc.ru

Поступила в редакцию 07.01.2020 г.

После доработки 13.12.2020 г.

Принята к публикации 22.12.2020 г.

В статье представлены первые результаты датирования верхне- и среднеплейстоценовых лёссово-почвенных серий Западной Сибири методом оптически-стимулированной люминесценции (ОСЛ). В опорном разрезе Ложок выделено восемь горизонтов, отражающих основные этапы развития природной среды региона, среди которых три палеопочвы, ранее соотносившиеся в хроностратиграфической схеме Западной Сибири с этапами потеплений МИС 3 и МИС 5. Получена хронология по 15 новым ОСЛ-датам. Датирование выполнено по современной методике с анализом накопленной дозы и возраста по трем сигналам (ОСЛ, IRSL₅₀, pIRIR₂₉₀). Высокая сходимость результатов измерений по протоколам pIRIR₂₉₀/Q и IR₅₀/Q указывает на достаточную засветку зерен полевого шпата и кварца. В соответствии с принятыми в люминесцентном датировании стандартами, полученная серия дат является достоверной, а итоговая хронология – надежной. По результатам датирования определен возраст формирования всех стратиграфических горизонтов. Анализ лёссово-почвенной последовательности верхнего плейстоцена, основанный на люминесцентной хронологии разреза Ложок, показал несовпадение с лёссово-почвенной последовательностью, разработанной на основе детального изучения и прослеживания горизонтов ископаемых почв и лёссов в наиболее полных субэаральных разрезах Западной Сибири. В разрезе выделяется наличие эрозионной границы, продолжительность перерыва в осадконакоплении составила около 95 тыс. лет. Верхний педокомплекс охарактеризован возрастом 123 ± 11 тыс. лет и соответствует МИС 5, а нижний имеет возраст 196–216 тыс. лет и соотносится нами с МИС 7. Анализ условий осадконакопления указывает на резкое увеличение скоростей накопления лёссов в МИС 2, а различие в содержании радионуклидов ²²⁶Ra, ²³²Th и ⁴⁰K отражает смену в источнике материала и возможную перестройку региональной розы ветров. Авторы считают, что полученные результаты на данном этапе имеют дискуссионный характер и требуют дополнительных исследований.

Ключевые слова: лёсс, лёссово-почвенная последовательность, поздний плейстоцен, Западная Сибирь, стратиграфия, ОСЛ-датирование, кварц, полевой шпат, палеопочвы, стратиграфия четвертичного периода

DOI: 10.31857/S2587556621020151

ВВЕДЕНИЕ

Лёссово-почвенная последовательность (ЛПП) плейстоцена Западной Сибири является важным палеоклиматическим архивом, в котором наиболее детально отражены глобальные и региональные изменения палеосреды (Зыкина, Зыкин,

2012). Лёссы Западной Сибири имеют широкое распространение и являются частью Сибирского (Российского) лёссового пояса (рис. 1), входящего в состав Евразийского лёссового пояса (Muhs, 2007). Лёссово-почвенные отложения плейстоцена юга Западной Сибири накапливались в условиях внеледниковой зоны: горизонты лёссов

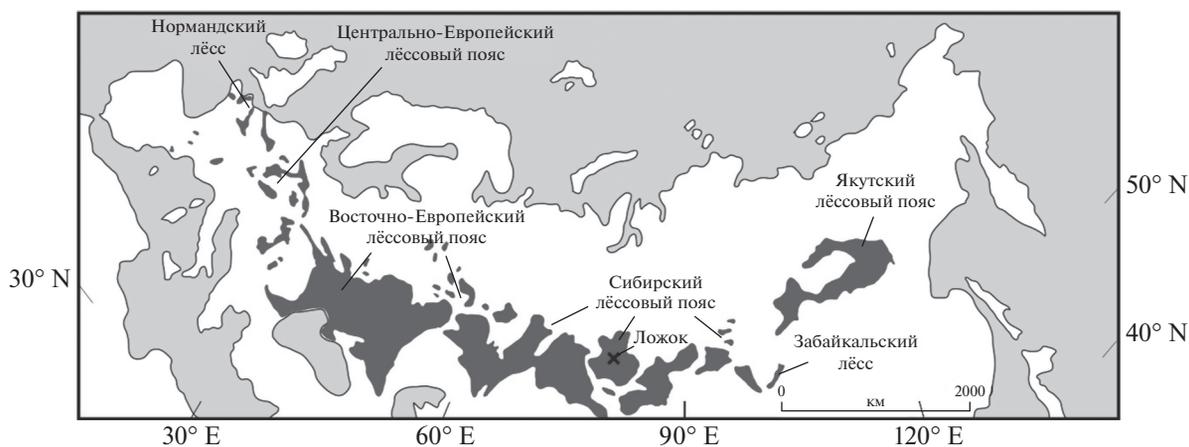


Рис. 1. Распространение лёссовых отложений в Северной Евразии ((Muhs, 2007) с изменениями) и расположение изученного разреза Ложок.

формировались в криоаридных условиях (Сизикова, Зыкина, 2014; Sizikova, Zykina, 2015) в течение стадиялов, а палеопочвы педокомплексов — во время интерстадиялов и межледниковий (Зыкина, Зыкин, 2012).

Отложения лёссово-почвенной формации рассматриваемого региона в разные годы всесторонне изучались различными исследователями. Однако большим пробелом в стратиграфии Западной Сибири является отсутствие надежной абсолютной хронологии для лёссово-почвенной последовательности плейстоцена. В последние десятилетия по всему миру проводится массовое датирование ключевых лёссовых разрезов методами люминесцентного датирования, являющимися признанными и наиболее подходящими для данного типа отложений (Buylaert et al., 2012). В настоящее время получены обширные серии люминесцентных датировок для ряда разрезов лёссово-почвенных отложений китайского Лёссового плато (Buylaert et al., 2015; Stevens et al., 2018), Средней Азии (Frechen, Dodonov, 1998; Youn et al., 2014), бассейна Дуная (Novothy et al., 2011), Ирана (Lauer et al., 2017), которые стали основой для детальных региональных хроностратиграфических схем позднего плейстоцена. Получение данных люминесцентного датирования для лёссовых отложений юга Западной Сибири позволит более обоснованно проводить палеогеографические реконструкции и корреляции с сопредельными регионами.

Стратиграфическое расчленение и палеогеографические реконструкции лёссово-почвенных серий юга Западной Сибири основывались на комплексных исследованиях с применением палеопедологического, седиментологического, геоморфологического, радиоуглеродного, микробиологического и палеомагнитного методов (Зыкина и др., 1981; Зыкина, Зыкин, 2012). Учитывая

ограниченность возрастного интервала датирования радиоуглеродным методом (45–50 тыс. лет (Вагнер, 2006)), достоверно может быть получен возраст только для верхней искитимской почвы каргинского времени (МИС 3), а возраст нижележащих лёссов и палеопочв остается не охарактеризованным.

Существенным преимуществом радиометрических методов (в первую очередь метода оптически-стимулированной люминесценции, ОСЛ) является большой возрастной диапазон — до 500 тыс. лет для аллювиальных отложений и около 200 тыс. лет при изучении лёссовидных пород. Кроме того, люминесцентное датирование не ограничено по материалу, не требуется наличие в отложениях органического материала, измерения выполняются по имеющимся почти в любой породе кварцу и полевым шпатам (Панин, 2014). Для оценки абсолютного возраста лёссово-почвенных отложений докаргинского времени ранее использовалась корреляция маркеров — педокомплексов (МИС 5 и МИС 3) по трансекту от ЛПП Западной Сибири с аналогичными горизонтами ЛПП Средней Сибири (Зыкина, Зыкин, 2012), геохронологическая характеристика которой базируется на детально продатированном ТЛ и ОСЛ-методами разрезе Куртак (Frechen et al., 2005; Zander et al., 2003). Несмотря на сходное строение ЛПП Западной и Средней Сибири, достаточно большая удаленность разреза Куртак от Новосибирского Приобья (порядка 600 км) предполагает использование этих датировок применительно к ЛПП Западной Сибири с осторожностью.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для первого детального датирования лёссово-почвенной формации Западной Сибири выбран разрез Ложок, являющийся одним из наиболее стратиграфически полных ключевых разрезов ЛПП Приобского лёссового плато. Он расположен на территории Новосибирского Приобья, на междуречье рр. Шипунихи и Койнихи, являющихся притоками р. Бердь, впадающей в р. Обь. Разрез расположен на склоне одного из северных увалов Приобского лёссового плато, представляющего собой серию возвышенных вытянутых увалов, ориентированных с юго-запада на северо-восток, расчлененных между собой речными долинами. Плато граничит с Предалтайской равниной на юге, а на севере простирается к району Новосибирска.

Разрез вскрыт в бывшем, ныне задернованном, карьере, в 1.5 км на запад от железнодорожной станции Ложок (54°34'02.5" N, 83°18'31.9" E). Разрез выделен в качестве стратотипического для лёссово-почвенной формации верхнего плейстоцена Новосибирского Приобья (Зыкина и др., 1981; Зыкина, Зыкин, 2012). Ранее для разреза Ложок проводились геоморфологические, стратиграфические и палеопедологические исследования (Волков 1973, 1971; Зыкина и др., 1981), изучение его гранулометрических, геохимических, микроморфологических (Сизикова, Зыкина, 2013, 2014; Sizikova, Zykina, 2015) и петромагнитных (Вольвах и др., 2019; Kravchinsky et al., 2008) характеристик и морфологии кварцевых зерен (Sizikova, Zykina, 2015). Были сделаны первые попытки установить наличие в лёссовой записи разреза короткопериодических климатических осцилляций (Вольвах и др., 2019; Sizikova, Zykina, 2015).

В стратиграфической схеме лёссово-почвенной последовательности юга Западной Сибири (рис. 2) в верхнем плейстоцене выделяются (Зыкина, Зыкин, 2012): баганский лёсс (МИС 2), суминская интерстадиальная палеопочва (МИС 2), ельцовский лёсс (МИС 2), представленный двумя палеопочвами каргинского времени искитимский педокомплекс (МИС 3), тулинский лёсс (МИС 4) и бердский педокомплекс, состоящий из верхней (МИС 5-с) и нижней (МИС 5-е, казанцевское межледниковье) палеопочв. Все стратиграфические горизонты схемы скоррелированы со стадиями изотопно-кислородной шкалы океанических осадков (Bassinot et al., 1994) и другими глобальными климатическими записями (Зыкина, Зыкин, 2012).

Оценка возраста отложений изученного разреза ранее проводилась на основе серии радиоуглеродных дат (табл. 1), полученных для расположенных в этом районе разрезов Мраморный и Ложок. Так, для периода формирования нижней иски-

тимской палеопочвы в Искитимском районе характерны возрасты в интервале 33–38 тыс. кал. л. н., а для верхней – 26–30 тыс. кал. л. н. Из слоя 5 расчистки 2018 г., получена новая ¹⁴C дата 24269 ± 1092 кал. л. н. (СОАН-9703), которая является явно омоложенной по сравнению с имеющимися ¹⁴C датами и не соответствует стратиграфическому расчленению разреза. Небольшая глубина залегания горизонта (2.85–3.1 м) предполагает доступность образца для заражения корнями современных растений. По этим причинам указанная дата считается нами невалидной. Кроме того, сильно омоложенными могут быть, на наш взгляд, представленные в табл. 1 даты из нижней искитимской палеопочвы в разрезе Ложок. Особенностью радиоуглеродного датирования почв является высокая вероятность заражения образцов современным радиоуглеродом, так как почвы являются продуктом непрерывного накопления и разложения почвенного органического вещества и, таким образом, не соответствуют основному критерию “замкнутости системы” для точного радиоуглеродного датирования (Панычев, 1979; Чичагова, 1985; Scharpenseel, 1976; Wang et al., 1996). Даже заражение 1% современным органическим веществом приводит к сильному омоложению, что даже по заведомо древним образцам получаются даты в диапазоне метода (Панычев, 1979; Чичагова, 1985). Таким образом, потенциально омоложенными могут быть все радиоуглеродные даты, полученные по почвам, и их интерпретация требует осторожности.

Детальное послойное описание разреза было неоднократно опубликовано ранее (Зыкина и др., 1981; Сизикова, Зыкина, 2014; Sizikova, Zykina, 2015; и др.). Генетические горизонты ископаемых почв индексированы согласно используемой сейчас в России классификации почв (Классификация..., 2004). В разрезе Ложок сверху вниз выделены следующие стратиграфические подразделения (см. рис. 2):

– *S0* (0–0.9 м) – профиль современной почвы – чернозём выщелоченный (0–0.9 м) состоит из темногумусового АU (0–0.25 м), глинисто-иллювиального В1 (0.25–0.55 м) и аккумулятивно-карбонатного ВСА (0.55–0.9 м) горизонтов.

– *L1* (0.9–1.9 м) – лёссовидный суглинок светло-коричневато-серый, плотный, пористый, карбонатный. Сопоставляется с баганским лёссом ЛПП Западной Сибири (bg; МИС 2).

– *L2* (1.9–2.7 м) – лёссовидный суглинок слабо опесчаненный светло-серовато-коричневый, плотный, пористый, карбонатный, с редким Мп крапом. Сопоставляется с ельцовским лёссом ЛПП Западной Сибири (el; МИС 2).

– *EG* (2.7–2.85 м) – оглеенный серый суглинок, опесчаненный, рассеченный мелкими мерзлотными клиньями, по верхней границе отмечен

№ слоя	Стратиграфические подразделения разреза Ложок по Зыкина и др. 1981, и др.				Геологическое строение разреза	Стратиграфические подразделения разреза Ложок по результатам ОСЛ датирования данного исследования				
	МИС	Слой лёссово-почвенной формации Западная Сибирь	Русская равнина	Ледниковый/ межледниковый горизонт Западной Сибири		Возраст, т.лн.	МИС	Слой лёссово-почвенной формации Западная Сибирь	Русская равнина	Ледниковый/ межледниковый горизонт Западной Сибири
1	1	Современная почва	Голоценовая почва	Сарганский		1	Современная почва	Голоценовая почва	1	7.6 ± 0.8
2	2	Баганский лёсс (L1-2)	Алтыновский лёсс	Сарганский		2	Баганский лёсс (L1-2)	Алтыновский лёсс	2	16.2 ± 1.0
3	3	Ельцовский лёсс (L1-1)	Деснинский лёсс	Сарганский		2	Ельцовский лёсс (L1-1)	Деснинский лёсс	2	17.6 ± 1.6
4	4	Искитимская почва (PC1-1)	Брянская почва	Каргинский		3	Бердский педокомплекс (PC2)	Бердская почва (PC2-1)	5	18.0 ± 1.2
5	5	Тулинский лёсс (L2)	Хотылевский лёсс	Ермаковский		5	Сузунский лёсс (L3)	Московский лёсс	6	29.1 ± 1.6
6	6	Сузунский лёсс (L3)	Московский лёсс	Тазовский		6	Сузунский лёсс (L3)	Московский лёсс	6	115 ± 11
7	7a, 7b, 7e	Бердский педокомплекс (PC2)	Мезинский педокомплекс	Казанцевский		7a, 7b, 7e	Койнихинский педокомплекс (PC3)	Роменская почва	7a, 7b, 7e	146 ± 11
8	8	Сузунский лёсс (L3)	Московский лёсс	Тазовский		8	Чулымский лёсс (L4)	Днепровский лёсс	8	164 ± 9.9

Рис. 2. Стратиграфические подразделения лёссово-почвенной последовательности разреза Ложок. Составлено с использованием стратиграфической схемы Западной Сибири, лёссово-почвенной последовательности Западной Сибири (Зыкина, Зыкин, 2012) и корреляции ЛПП Западной Сибири с ЛПП Русской равнины (Зыкина, Зыкин, 2012). Условные обозначения: 1 – лёссовидный суглинок, 2 – гумусовый горизонт палеопочвы, 3 – песок, 4 – кротовины, 5 – карбонатность, 6 – железистые новообразования, 7 – оглеение, 8 – марганцовистый крап, 9 – клинья.

Таблица 1. Радиоуглеродные даты из лёссово-почвенных разрезов Мраморный и Ложок Новосибирского Приобья

Радио-углеродных л. н.	Калиброванных л. н.	Лаб. номер	Слой	Разрез	Примечание	Источник
19 400 ± 800	23 212 ± 959	СОАН-164	el	Ложок	Линза гумусированного алевролита в основании ельцовского лёсса	(Волков, 1973)
21 700 ± 900	25 982 ± 1061	СОАН-12	el	Ложок	Линза гумусированного алевролита в основании ельцовского лёсса	(Волков, 1973)
26 300 ± 700	30 837 ± 501	ИГАН-167	is ₂	Мраморный	Погребенная почва, гуминовые кислоты	(Зыкина и др., 1981)
20 145 ± 440	24 269 ± 1092	СОАН-9703	is ₁	Ложок	Погребенная почва, гуминовые кислоты	Данное исследование
29 000 ± 450	33 676 ± 1061	ИГАН-168	is ₁	Мраморный	Погребенная почва, гуминовые кислоты	(Зыкина и др., 1981)
30 000 ± 1000	34 358 ± 1066	ИГАН-169	is ₁	Ложок	Погребенная почва, гуминовые кислоты	(Зыкина и др., 1981)
33 100 ± 1600	38 026 ± 1740	СОАН-165	is ₁	Мраморный	Уголь из гумусового горизонта погребенной почвы	(Зыкина и др., 1981)
32 780 ± 670	37 407 ± 714	СОАН-629	над is ₁	Мраморный	По костям носорога шерстистого, лежащим на погребенной почве	(Зыкина и др., 1981)

Примечание. Перевод радиоуглеродных дат в календарные даты производился с использованием программы Radiocarbon calibration program rev 6.0.1. Индексы горизонтов: el – ельцовский лёсс, is₁ – нижняя искитимская почва, is₂ – верхняя искитимская почва.

прослой из суглинка опесчаненного с включениями большого количества мелкой гальки, гравия и дресвы.

– *PC1* (2.85–3.4 м) – чернозём слаборазвитый, состоящий из темногумусового горизонта АУ (2.85–3.1 м) и аккумулятивно-карбонатного горизонта ВСА (3.1–3.4 м). Сопоставляется с нижней почвой искитимского педокомплекса (is₁; МИС 3).

– *L3* (3.4–6.1 м) – лёссовидный суглинок слабо опесчаненный светло-серовато-коричневый, плотный, пористый, карбонатный, ожелезнение, Mn крап, оглеение. Сопоставляется с тулинским лёссом (tl; МИС 4).

– *PC2* (6.35–8.4 м) – представлен в разрезе двумя ископаемыми почвами – чернозёмами. Верхняя почва (6.35–6.75 м) – *PC2-2* – состоит из темногумусового АУ (6.35–6.5 м) и аккумулятивно-карбонатного ВСА (6.5–6.75 м) горизонтов. Сопоставляется с верхней почвой бердского педокомплекса (br₂; МИС 5-с). Нижняя палеопочва – *PC2-1* (6.9–8.4 м), представленная темногумусовым АУ (6.9–7.5 м) и глинисто-иллювиальным В1 (7.5–8.4 м) горизонтами, сопоставляется с нижней почвой бердского педокомплекса (br₁), сформировавшейся во время казанцевского межледниковья (МИС 5-е).

– *L4* (8.4–9.0 м) – лёссовидный суглинок светло-коричневый, плотный, пористый, карбонат-

ный, Mn крап, пятна оглеения. Соответствует сузунскому лёссу (sz; МИС 6).

В расчистке разреза 2018 г., описанной А.О. Вольвах (см. рис. 2), в слое L3 (на глубине 6.2–6.4 м) отмечен слабогумусированный прослой, неравномерно окрашенный от светло-коричневого до коричневого, но заметно темнее выше- и нижележащих лёссовидных суглинков. Он представлен отдельными слабо гумусированными линзами и пятнами, представленными суглинком плотным, карбонатным, пористым, с мелкими угольками, сконцентрированными на одном уровне по простиранию разреза. По нижней границе слоя отмечаются редкие пятна ожелезнения по корнеходам и карбонатный псевдомицелий. Прослой хорошо прослеживается как по фронтальной, так и по боковым стенкам. Его мощность варьирует от 5 до 15 см, в южном направлении канавы слой выклинивается через 2.5 м. По мнению В.С. Зыкиной, прослой не является продуктом инситу почвообразования и не выделялся ранее при хорошей сохранности стенок карьера. Незначительная протяженность линзы, ее цвет, отсутствие в ней оструктуренности исключают наличие горизонта В. Микростроение по образцам 2018 г. характерно для горизонта лёсса, разделяющего искитимский и бердский педокомплексы. А.О. Вольвах этот прослой характеризует как лёссовидный суглинок, преобразованный непродолжительными процессами

инициального почвообразования в некотором локальном углублении палеорельефа. При анализе карбонатности, магнитной восприимчивости, элементных соотношений (Ba/Sr, Sr/Ca, Mg/Sr, Ca/Mg), геохимических индексов выветривания и других параметров образцы из этого прослоя имеют сходные значения скорее с нижележащими почвами и резко отличаются от вышележащего лёсса. В этом месте в разрезе отмечается повышение увлажненности в момент осадконакопления (Вольвах и др., 2019). К сожалению, в данной работе не представляется возможным предоставить все аналитические материалы, по этим данным планируется специальная публикация. Признаков размыва или солифлюкционно-мерзлотного перемещения прослоя не отмечается.

Имеющихся данных абсолютной геохронологии недостаточно для достоверного определения возраста отдельных горизонтов в разрезе Ложок. Необходимость разработки детальной геохронологической схемы определяется значением разреза как типового для бердского педокомплекса юга Западной Сибири, значительным объемом имеющихся по разрезу палеопедологических, литологических и палеогеографических данных. Для выполнения этой задачи нами выполнена зачистка разреза, детальное послойное описание, отбор серии образцов для люминесцентного датирования.

МЕТОД ОПТИЧЕСКИ СТИМУЛИРОВАННОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

ОСЛ-датирование широко применяется в геохронологических исследованиях четвертичных толщ, а лёссово-почвенные отложения являются идеальным источником материала для получения точных хронологических данных для различных палеоклиматических событий. Методология люминесцентного датирования ранее обоснована в множестве работ (Aitken, 1985; Murray, Wintle, 2000, 2003; Scharpenseel, 1976; Wintle, 1993; и др.). Датирование лёссово-почвенных отложений разреза Ложок выполнено в Северной люминесцентной лаборатории Risø Орхусского Университета (Дания). Отбор материала для измерения ОСЛ проводился в светонепроницаемые пакеты, по стандартной методике в темное время суток при исключении засвечивании образца и стенок разреза искусственным или естественным источником света. Образцы для гамма-спектрометрических измерений отбирались отдельно, непосредственно из места отбора пробы на ОСЛ. Пробоподготовка проводилась в лаборатории геологии кайнозоя, палеоклиматологии и минералогических индикаторов климата ИГМ СО РАН по протоколу, разработанному в Орхусском Университете (Дания). Образцы лёссов и почв разреза Ложок имеют механический состав, состоящий преимущественно из алеврита с небольшой примесью пес-

чаной фракции (Sizikova, Zykina, 2015). Материал для измерения ОСЛ был получен методом влажного ситования с отбором фракции тонкого песка (63–90 микрон). Проведена последовательная обработка полученной фракции в 10% растворе перекиси водорода, 10% растворе соляной кислоты и 10% плавиковой кислоте, далее выполнена сепарация кварцевых зерен и зерен полевого шпата в тяжелой жидкости (поливольфрамат калия), а также дополнительная очистка кварца в концентрированной плавиковой кислоте.

Определение эквивалентной дозы (D_e) выполнено по современной методике на основе принципа регенерации единичных аликвот (SAR) с получением хронологических данных по трем протоколам (Murray, Wintle, 2000). Для определения абсолютного возраста отложений лёссово-почвенной последовательности разреза Ложок была отобрана серия из 15 образцов. Измерение люминесценции кварцевых зерен (Q) проводилось по 20–25 аликвотам стимуляцией голубым светом при температуре 125°C и предварительным нагреванием образца до 260°C (Murray, Wintle, 2003). Кривая насыщения строилась по пяти точкам в результате облучения бета-источником фиксированной дозой: 75, 150, 200, 0, 75 Грей. Измерение по полевым шпатам проводилось в инфракрасном свете для 6–12 аликвот (в зависимости от объема полученной навески) по протоколу, включающему два измерения в инфракрасном свете при температурах 50°C (IR_{50}) и 290°C ($pIRIR_{290}$) (Thiel et al., 2011) с построением кривой насыщения по пяти точкам: 150, 350, 800, 0, 150 Грей. Измерения проводились на оборудовании Risø TL/OSL-reader DA-20 с воздействием бета-излучения от источника ^{90}Sr для построения кривой насыщения и определения эквивалентной дозы. Активность радионуклидов для определения скорости накопления дозы в образце рассчитывалась на высокоточном гамма-спектрометре с полупроводниковым детектором на основе особо чистого германия по методике, описанной в (Murray et al., 1987).

Использование при датировании трех протоколов для двух разных минералов позволяет оценить возможную недостоверность определения возраста, связанную с удревнением датировок в результате неполной засветки зерен в ходе геологического транспорта. Непродолжительная засветка зерен при осадконакоплении приводит к неполному обнулению сохраненного в зерне люминесцентного сигнала, полученного в ходе предыдущего цикла, что в свою очередь ведет к увеличению получаемого возраста (Курбанов и др., 2019). Для выявления таких ошибок был предложен метод параллельного датирования кварца и полевого шпата (Murray et al., 2012). Так как максимальный размер накопленной энергии в этих минералах

сильно различен (до 200 Грей у кварца и до 1500 Грей у полевого шпата), то полевому шпату требуется значительно большее время нахождения под воздействием солнечного света для полного обнуления. При этом люминесцентный сигнал $pIRIR_{290}$ считается наиболее стабильным люминесцентным сигналом полевого шпата. Он требует большего времени для полного обнуления, но при этом не подвержен явлению аномального угасания, приводящего к омолаживанию образца. Таким образом, не имея возможности омоложения под действием эффекта аномального угасания, $pIRIR_{290}$ сигнал является наиболее надежным для определения накопленной дозы в полевых шпатах (Vuylaert et al., 2012). С другой стороны, сигнал IR_{50} регистрируется из электронных ловушек, которые быстро высвобождают накопленную энергию, наименее стабильны и подвержены эффекту аномального угасания (Thomsen et al., 2008).

Датирование по кварцу, имеющему почти ментальное время засветки и не подверженному аномальному угасанию, является самым надежным, но вероятность неполной засветки всегда остается ненулевой (Курбанов и др., 2020). Сравнение результатов датирования по трем протоколам (Q , $pIRIR_{290}$, IR_{50}) позволяет провести анализ надежности полученных результатов. Э.С. Мюррей с соавторами (Murray et al., 2012) доказали, что итоговые даты по кварцу являются надежными влестствие полной засветки, когда соотношение $pIRIR_{290}/Q$ находится в пределах 0.9–1.2, а соотношение IR_{50}/Q – в пределах 0.5–0.7. Удревнение люминесцентного возраста нехарактерно для лёссовых отложений по причине самого механизма их формирования – переноса материала в воздушной среде, в связи с чем лёссово-почвенные серии считаются наиболее подходящими для ОСЛ-датирования. Однако нельзя исключать возможности влияния кратковременного локального привноса песчаных зерен, имеющих неполное обнуление люминесцентного сигнала, а также влияние землероев и возможный перенос материала по трещинам. По этой причине и по причине важности разреза Ложок для стратиграфии региона были выполнены более длительные и трудоемкие работы по люминесцентному датированию, включавшие в себя измерения по трем протоколам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО ДАТИРОВАНИЯ

Скорость накопления дозы рассчитана по результатам гамма-спектрометрических измерений активности образцов на (табл. 2). Для всех образцов отмечается характерное для лёссовых отложений высокое содержание ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K , одно-

родное распределение основных радионуклидов по разрезу. Так, содержание ^{226}Ra находится в пределах 30–40 Бк/кг, ^{232}Th – 30–40 Бк/кг, ^{40}K – 500–550 Бк/кг. Резко выделяется пониженной активностью образец 186190 из слоя L4, что, по-видимому, отражает смену источника материала. Мощность дозы не меняется по разрезу, ее средние значения находятся в диапазоне 2.2–3.0 Грей/тыс. лет для кварца и 3.2–3.9 Грей/тыс. лет для полевых шпатов.

Важным критерием в оценке скорости накопления дозы является расчет уровня водонасыщения. Увеличение водонасыщения на 1% ведет к удревнению возраста в среднем также на 1%. Оценка этого параметра для изученных отложений проводилась на основе среднего размера частиц и близости нахождения грунтовых вод. Полученные ранее данные о гранулометрическом составе основных горизонтов (Sizikova, Zykina, 2015) позволили рассчитать содержание фракции глины размером <2 мкм (табл. 1), в соответствии с принятыми стандартами для лёссовидных отложений. Так, для образцов с содержанием фракции <2 мкм в пределах 12.5–17% принята оценка водонасыщения в 15%, для остальных – 10%.

Результаты проведенных измерений и рассчитанные эквивалентные дозы D_e представлены в табл. 3. Измерения по кварцу выполнены для 20–25 аликвот, что определяет высокую точность расчета эквивалентной дозы. Измерения для кварца выполнены по всему разрезу, однако начиная с пробы 186167 (глубина 305 см) образцы оказались в состоянии полного насыщения и достигали предела возможности метода. В изученных пяти образцах отмечается закономерное увеличение D_e с глубиной с 20 до 83 Грей. В образцах 186159 и 186160 наблюдается инверсия в величине эквивалентной дозы, связанная с различиями в мощности дозы, что с учетом доверительного интервала и незначительного расстояния в рамках геологического времени между ними находится в пределах нормы.

Для полевых шпатов основные измерения были выполнены по протоколам $pIRIR_{290}$ и IR_{50} . Распределение эквивалентных доз имеет закономерное увеличение вниз по разрезу. Выделяются две зоны, отличные по размеру накопленной дозы. До глубины 283 см она находится в пределах 116 Грей, далее до глубины 623 см отмечается резкое увеличение доз от 441 до 611 Грей. В образце 186188 D_e достигает 800 Грей, причем из восьми измеренных аликвот три показали дозы близкие к 1000 Грей, что близко к пределу по полевым шпатам. В связи с этим полученный для этого образца возраст может быть омоложен в пределах 10–15%. Отмечается наличие нескольких инверсий, которые связаны с разницей в скорости накопления дозы (особенно в образце 186188 из горизонта па-

Таблица 2. Результаты гамма-спектрометрического анализа. Содержание радиоактивных элементов в образце и скорость накопления дозы для кварца и полевого шпата

№	Лаб. номер	Глубина, см	Слой в разрезе	Содержание фракции глины, <2 мкм, %	WC, %	²²⁶ Ra, Бк/кг	²³² Th, Бк/кг	⁴⁰ K, Бк/кг	Скорость накопления дозы	
									кварц, Грей в тыс. лет	полевые шпаты, Грей в тыс. лет
1	186151	15	S0	16.8	15	39 ± 1.4	43 ± 1.2	589 ± 23	3.0 ± 0.1	3.6 ± 0.1
2	186153	67	L1	16.5	15	27 ± 0.9	32 ± 0.9	434 ± 14	2.2 ± 0.1	2.8 ± 0.1
3	186159	173	L1	9.2	10	30 ± 0.8	38 ± 0.8	527 ± 12	2.7 ± 0.1	3.4 ± 0.1
4	186160	193	L2	9	10	29 ± 7.1	37 ± 0.6	498 ± 9	2.6 ± 0.1	3.2 ± 0.1
5	186165	283	L2	10.8	10	40 ± 1.3	42 ± 1.1	532 ± 21	2.9 ± 0.1	3.5 ± 0.1
6	186167	305	PC1	10.2	10	37 ± 0.6	42 ± 0.5	570 ± 11	2.9 ± 0.1	3.6 ± 0.1
7	186171	403	PC1	9.2	10	32 ± 0.8	40 ± 0.8	510 ± 15	2.6 ± 0.1	3.3 ± 0.1
8	186176	473	L3	10.3	10	34 ± 0.7	40 ± 0.7	534 ± 13	2.7 ± 0.1	3.4 ± 0.1
9	186178	503	L3	9.9	10	38 ± 1.4	42 ± 1.2	563 ± 24	2.9 ± 0.1	3.6 ± 0.1
10	186180	553	L3	9.4	10	35 ± 0.7	39 ± 0.6	532 ± 13	2.7 ± 0.1	3.4 ± 0.1
11	186181	583	L3	7.9	10	35 ± 0.4	41 ± 0.4	544 ± 7	2.8 ± 0.1	3.4 ± 0.1
12	186183	593	L3	13.9	15	40 ± 0.7	44 ± 0.6	557 ± 12	2.8 ± 0.1	3.4 ± 0.1
13	186185	623	PC2	12.5	15	32 ± 0.5	41 ± 0.5	514 ± 10	2.5 ± 0.1	3.2 ± 0.1
14	186188	713	PC2	13.5	15	48 ± 1.3	48 ± 1.1	594 ± 21	3.0 ± 0.1	3.7 ± 0.1
15	186190	853	L4	14.4	15	18 ± 0.7	21 ± 0.7	276 ± 10	1.4 ± 0.1	2.0 ± 0.1

Примечание: WC – водонасыщение.

леопочвы PC2) и, с учетом доверительного интервала, не несут противоречий.

Во всех первых пяти датах, для которых выполнены измерения по трем протоколам, соотношение $pIRIR_{290}/Q$ близко к 1.0 ± 0.1 , а IR_{50}/Q в пределах $0.5-0.6 \pm 0.1$, что указывает на достаточную длительность засветки зерен перед моментом осадконакопления, характерную для лёссовых отложений. Образцы с глубины 305 см измерены только по полевому шпату, так как кварц в них достигает насыщения. Измеренные дозы по кварцу и полевым шпатам практически идентичны, что позволяет говорить о высокой надежности полученных результатов и высокой достоверности датировок по полевым шпатам для остальных образцов. Для всех аликвот отмечается высокая стабильность сигнала.

Основные характеристики люминесценции на примере образца 186165 представлены на рис. 3. Так, кривая насыщения отвечает принятым стандартам, а D_e находится в пределах датирования (рис. 3а – для кварца; рис. 3д – для полевых шпатов). В люминесценции кварца преобладает быстрый компонент (см. рис. 3б), в то время как для полевых шпатов отмечается более длительное выделе-

ние сигнала (см. рис. 3е). Все выполненные измерения отвечают нормам SAR протокола (см. рис. 3в, 3ж).

Распределение измерений по аликвотам (см. рис. 3г, 3з), доверительные интервалы, не превышающие 10% для первых пяти образцов, данные стандартных тестов (восстановление дозы 1.02–1.05) и сходимость результатов по кварцу и полевому шпату указывают на высокую надежность результатов полученной хронологии. Ввиду высокой сходимости для анализа возраста отложений могут использоваться как данные по кварцу, так и по полевому шпату, полученные по протоколу $pIRIR_{290}$.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ДАТИРОВАНИЯ

В основании вскрытой расчистки из слоя L4 получена единственная дата 302 ± 23 тыс. лет по образцу 186190. Из горизонтов палеопочвы PC2 имеется две даты (186185, 186188). Значения эквивалентной дозы данных образцов значительно разнятся, так, дата 186188 имеет дозу 800 ± 55 Грей. Мощность дозы этого образца составляет 3.7 ± 0.1 Грей/тыс. лет, что связано с прямой законо-

Таблица 3. Результаты ОСЛ-датирования для кварца и полевых шпатов и их соотношения

№	Лаб. номер	Номер образца	Глубина, см	Слой в разрезе	Измерения по кварцу (Q)			Измерения по полевым шпатам (Fs)				Возрастные соотношения			
					доза, Грей	возраст, тыс. лет	количество аликвот	прогокол pIRIR ₂₉₀	прогокол IR ₅₀		pIRIR/Q	IR/Q	кварцевые зерна засвечены		
							доза, Грей	возраст, тыс. лет	возраст, тыс. лет	доза, Грей	возраст, тыс. лет				
1	186151	LZH-20	15	S0	20.9 ± 1.5	6.9 ± 0.5	21	30.7 ± 2.6	8.4 ± 0.7	18 ± 1	4.8 ± 0.4	10	1.1 ± 0.1	0.6 ± 0.1	✓
2	186153	LZH-22	67	L1	34.9 ± 1.8	15.7 ± 0.8	20	51.7 ± 1.4	18.1 ± 0.6	29 ± 0	10.1 ± 0.2	8	1.1 ± 0.1	0.6 ± 0.1	✓
3	186159	LZH-27	173	L1	43.7 ± 2.2	16.0 ± 0.8	20	62.8 ± 1.7	18.6 ± 0.6	46 ± 5	13.6 ± 1.4	6	1.0 ± 0.1	0.7 ± 0.1	✓
4	186160	LZH-28	193	L2	45.5 ± 1.8	17.6 ± 0.8	20	61.4 ± 0.6	19.1 ± 0.5	40 ± 3	12.6 ± 0.8	7	1.0 ± 0.1	0.6 ± 0.1	✓
5	186165	LZH-33	283	L2	83.0 ± 2.0	28.6 ± 0.9	25	116 ± 7	32.8 ± 2.1	49 ± 1	13.9 ± 0.3	6	1.0 ± 0.1	0.5 ± 0.1	✓
6	186167	LZH-35	305	PC1				441 ± 40	123 ± 11	289 ± 16	80.3 ± 4.7	13			
7	186171	LZH-39	403	PC1				518 ± 33	157 ± 10	357 ± 9	108 ± 3	7			
8	186176	LZH-17	473	L3				596 ± 26	176 ± 8	372 ± 23	110 ± 7	7			
9	186178	LZH-16	503	L3				634 ± 26	178 ± 8	405 ± 12	114 ± 4	6			
10	186180	LZH-15	553	L3				576 ± 19	170 ± 6	365 ± 10	108 ± 3	6			
11	186181	LZH-14	583	L3				605 ± 24	176 ± 7	352 ± 29	102 ± 8	8			
12	186183	LZH-11	593	L3				712 ± 55	207 ± 16	360 ± 8	104 ± 3	6			
13	186185	LZH-8	623	PC2				622 ± 33	196 ± 11	375 ± 20	118 ± 6	6			
14	186188	LZH-19	713	PC2				800 ± 55	216 ± 15	610 ± 45	165 ± 13	8			
15	186190	LZH-13	853	L4				611 ± 46	302 ± 23	358 ± 17	177 ± 9	8			

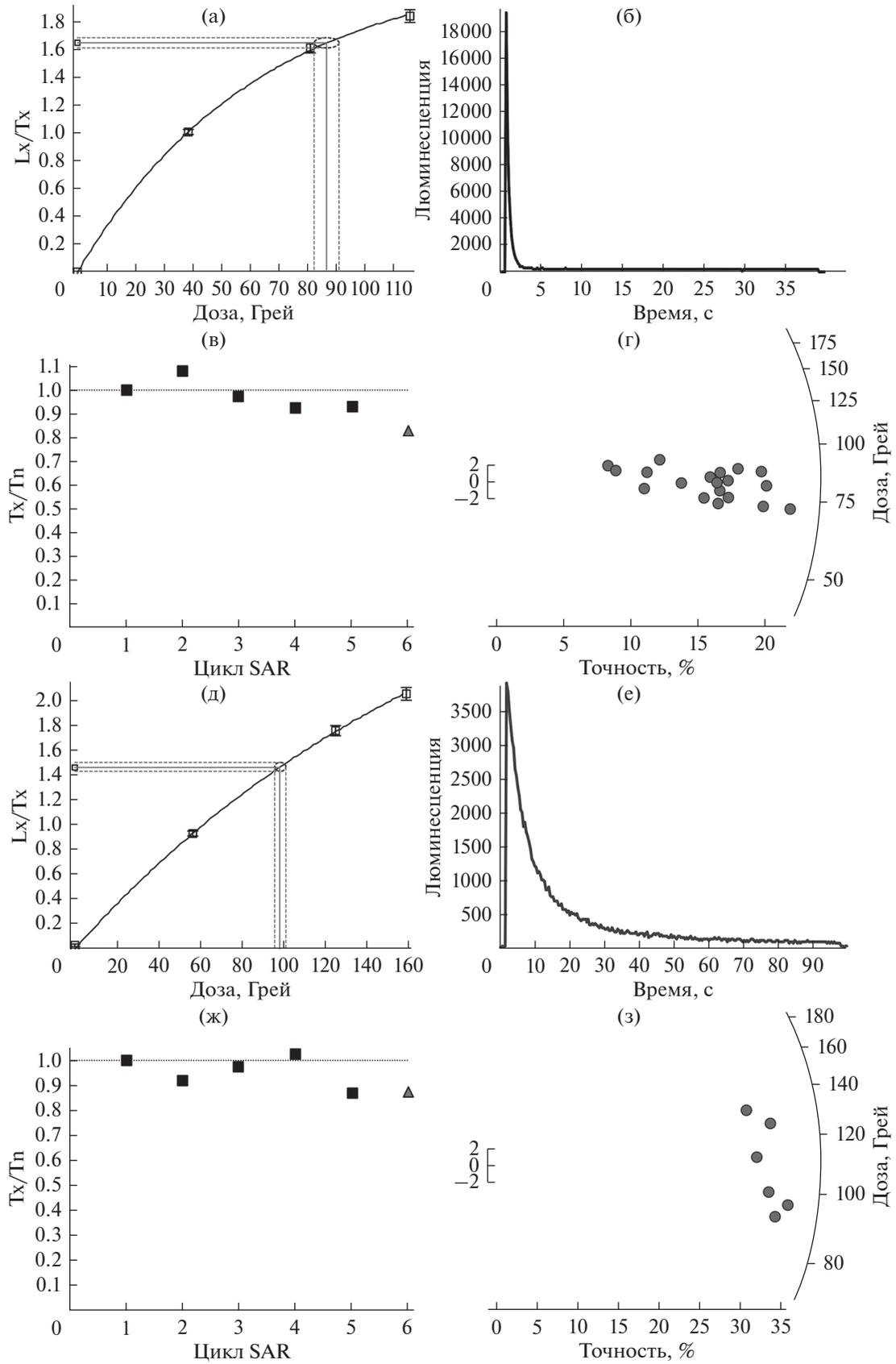


Рис. 3. Люминесцентные характеристики и результаты измерений по кварцу (а–г) и полевым шпатам (д–з) на примере образца 186165.

мерностью увеличения содержания радионуклидов в породах, обогащенных глинистым материалом, и возрастания мощности дозы в палеопочвах. Возраст для этого образца составляет 216 ± 15 тыс. лет и, на наш взгляд, может быть омоложен ввиду наличия одной аликвоты полного насыщения. Вторая дата составила 196 ± 11 тыс. лет.

Таким образом, возраст лёсса L4 по данным люминесцентного датирования соотносится с холодной МИС 8, в то время как возраст палеопочвы PC2 составил 196–216 тыс. лет. В расчистке 2018 г. отмечается наличие двух погребенных почвенных уровней, которые по данным люминесцентного датирования могут быть соотнесены с этапами потепления МИС 7, во время которого на территории юга Западной Сибири формировался койнихинский педокомплекс (Зыкина, Зыкин, 2012). Так, более развитый уровень почвообразования с фазой потепления МИС 7-с, а менее развитый горизонт – с фазой МИС 7-а.

Из лёсса L3 было получено шесть датировок (186171–186181). Эквивалентные дозы образцов находятся в пределах 596–712 Грей, со скоростью накопления дозы в среднем 3.4 ± 0.1 Грей/тыс. лет. Возраст отложений закономерно увеличивается с глубиной, варьируя от 157 ± 10 до 207 ± 16 тыс. лет, и не имеет значимых инверсий. В целом, данный горизонт мощностью 2.5 м сформировался за 50 тыс. лет, а все полученные из данного слоя возрасты укладываются в МИС 6, что в стратиграфической схеме ЛПП Западной Сибири соответствуют сузунскому лёссу (завершению тазовского оледенения).

Образец 186167 из палеопочвы PC1 был отобран из гумусового горизонта погребенной почвы и имеет возраст 123 ± 11 тыс. лет (естественная доза 441 ± 10 Грей, скорость накопления дозы 3.6 ± 0.1 Грей/тыс. лет). Этот результат позволяет отнести палеопочву PC1 с подстадией МИС 5-е, то есть считать ее нижней бердской палеопочвой, сформировавшейся во время казанцевского межледниковья. Необходимо отметить возможное наличие перерыва в осадконакоплении в интервале глубин 305–403 см, где происходит переход возраста от 123 до 157 тыс. лет (рис. 4). Получение дополнительных дат позволит более точно установить продолжительность этого перерыва, либо установить существование этапа с низкими скоростями осадконакопления и стабилизацией рельефа в этот период.

Из лёссов L1 и L2 получены даты по четырем образцам (186153–186165). Для них выполнены измерения эквивалентной дозы по кварцу и полевым шпатам. Так как при датировании по двум протоколам принято отдавать приоритет возрасту, полученному по кварцу, то возраст образцов из L1 и L2 располагается в пределах 15.7–28.6 тыс. лет. Данный диапазон позволяет говорить о сартанском (МИС 2) времени формирования этих сло-

ев, продолжительность осадконакопления горизонтов баганского и ельцовского лёссов составила примерно 13 тыс. лет.

Отмечается наличие значительного по продолжительности перерыва в осадконакоплении (EG) между PC1 (дата в кровле слоя – 123 тыс. лет) и лёссом L2 (дата в подошве слоя – 28.6 тыс. лет), который в разрезе выделяется по наличию прослоя с мелкой галькой и гравием и по результатам датирования составляет около 95 тыс. лет. Дата из S0 получена из гумусового горизонта современной почвы и относится к голоцену – 6.9 ± 0.5 тыс. лет.

Полученные даты показали, что формирование баганского лёсса происходило в период значительного атмосферного осадконакопления пыли в период с 16.0 ± 0.8 по 15.7 ± 0.8 тыс. л. н. Время накопления ельцовского лёсса происходило в более спокойной среде с 28.6 ± 0.9 по 17.6 ± 0.8 тыс. л. н. Даты из кровли ельцовского (17.6 ± 0.8 тыс. лет) и подошвы баганского лёсса (16.0 ± 0.8 тыс. лет) показывают относительно непрерывный процесс лёссонакопления. В стратиграфической схеме ЛПП юга Западной Сибири (Зыкина, Зыкин, 2012) между данными слоями лёссов находится горизонт суминской почвы, его возраст оценивается в пределах ~16.3–19.6 тыс. л. н. (Вольвах и др., 2020, 2019). В данном разрезе он отсутствует, а приведенные даты показывают, что он, скорее всего, не был денудирован, а происходило преобладание атмосферных процессов осадконакопления над почвообразованием. ОСЛ-даты подтверждают накопление лёссов L1 и L2 в течение временного интервала МИС 2 и соответствуют баганскому и ельцовскому лёссам. Установленный возраст ельцовского лёсса также согласуется с имеющимися радиоуглеродными датами из гумусированной линзы в ельцовском лёссе (СОАН-164 и СОАН-12, табл. 1).

Полученные даты из отложений PC1, L3, PC2, L4 не согласуются с ранее установленным стратиграфическим расчленением разреза (Зыкина и др., 1981; Зыкина, Зыкин, 2012; Sizikova, Zykina, 2015; Zykina, Zykin 2015; и др.). Погребенная под ельцовским лёссом палеопочва PC1, ранее выделявшаяся в качестве нижней искимитской почвы (МИС 3) (Зыкина и др., 1981), имеет ОСЛ-дату 123 ± 11 тыс. лет, а возраст подстилающего ее лёсса L3 – 157 ± 10 тыс. лет. Согласно новым датам, данная почва сформировалась в казанцевское межледниковье (МИС 5-е) и, следовательно, соответствует нижней почве бердского педокомплекса Западной Сибири. Полученные ранее материалы палеопочвенных исследований этого разреза (Зыкина и др., 1981; Зыкина, Зыкин, 2012) позволяют надежно коррелировать горизонт почвообразования PC1 со сходным по характеру строения профилей и физико-химическим свойствам горизонтом из разреза в карьере Мраморный (нижняя палеопочва), расположенном, как и Ложок, на левом склоне долины р. Бердь вблизи

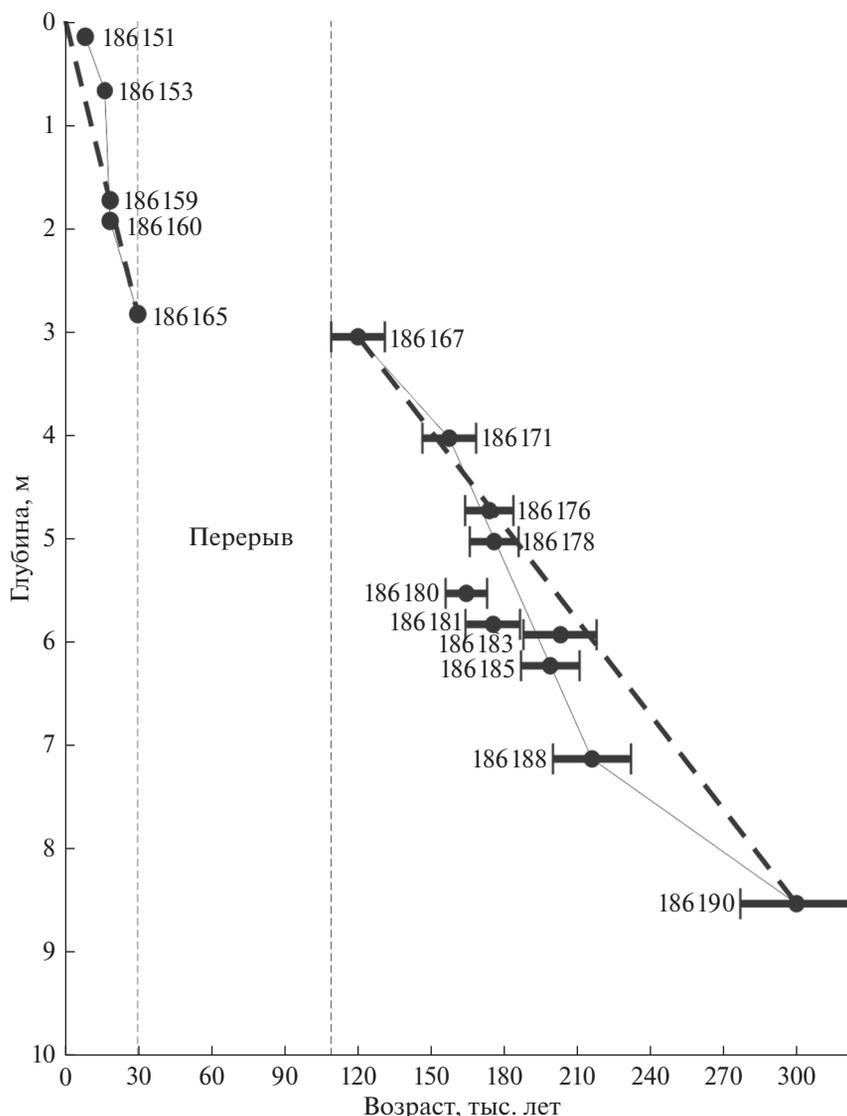


Рис 4. Люминесцентная возрастная модель разреза Ложок. Пунктиром показана усредненная скорость седиментации для интервалов МИС 1–МИС 2 и МИС 5–МИС 8.

г. Искитима. Здесь искимитский педокомплекс представлен двумя ископаемыми слабо развитыми чернозёмами. Для верхней искимитской почвы нехарактерно мерзлотно-солифлюкционное перемещение гумусового материала по склону, однако она также пережила период диагенеза в условиях многолетней мерзлоты. Свидетельством этого являются гумусированные языки-затеки в нижней части аккумулятивного горизонта, рассекающие норы землероев. Почвы искимитского педокомплекса формировались в условиях лесостепной и степной зон суббореального пояса при климате более аридном и прохладном, чем современный. Там же, в разрезе Мраморный, ниже искимитского педокомплекса залегает тулинский лёсс с резкой нижней границей, свидетельствующей о перерыве в осадконакоплении. К основа-

нию увеличивается количество и мощность песчаных прослоев, включающих дресву, появляются глеевые пятна и больше железистых новообразований.

Для искимитского педокомплекса в Мраморном карьере были получены четыре радиоуглеродные даты (Зыкина и др., 1981; Паньчев, 1979). Дата 33100 ± 1600 л. н. (СОАН-165) получена из гумусированного прослоя нижней почвы по кусочкам древесного угля. Радиоуглеродный возраст 32780 ± 670 л. н. (СОАН-629) определен по кости черепа носорога шерстистого, найденного в основании суглинка (Сса), разделяющего почвы. Радиоуглеродный возраст верхней искимитской почвы по гуминовым кислотам из аккумулятивного горизонта был определен в 26300 ± 700 л. н. (ИГАН-167), а нижней – по сумме фракций гуми-

новых кислот – $29\,000 \pm 450$ л. н. (ИГАН-168). Все четыре даты показывают, что искитимский педокомплекс в карьере Мраморный формировался в каргинское время, соответствующее МИС 3. Люминесцентная дата 65 ± 4 тыс. лет (Chlachula, Little, 2011), полученная из нижней части тулинского лёсса, залегающего с перерывом на шипуновском педокомплексе (МИС 9), соответствует возрасту стадии МИС 4, что также подтверждает возраст педокомплекса. Однако в этой же работе (Chlachula, Little, 2011) приведена дата 110 ± 6 тыс. лет из основания второй палеопочвы шипуновского педокомплекса, что противоречит стратиграфии (Зыкина, Зыкин, 2012; Zykin, Zykina, 2015) и устанавливает возраст данного педокомплекса как МИС 5.

Ископаемые почвы искитимского педокомплекса были прослежены от карьера Ложок до карьера Мраморный через связующие их разрезы (Зыкина, Зыкин, 2012; Zykin, Zykina, 2015) по характерным морфотипическим особенностям почв, что позволило определить с учетом имеющихся радиоуглеродных и опубликованных люминесцентных дат возраст палеопочвы РС1 в разрезе Ложок как МИС 3. Педокомплекс является хорошим репером, прослеживаемым в многочисленных разрезах лесостепной и степной зон каргинского интерстадиала Западной и Средней Сибири (Зыкина, Зыкин, 2012; Frechen et al., 2005; Kravchinsky et al., 2008). Сопоставление палеопочвы РС2 с МИС 5, т.е. с нижней бердской почвой Западной Сибири, имеющей хорошо дифференцированный профиль большей мощности, формировавшейся длительный период в течение казанцевской интергляциальной эпохи (МИС 5-е) дискуссионно.

Нельзя исключать, что дата 123 ± 11 тыс. лет характеризует возраст материнского лёсса, на котором после эрозионного перерыва уже в каргинское время сформировался почвенный профиль РС1. Лёсс, в котором сформирована палеопочва РС1, мог образоваться в период МИС 6, затем в результате эрозионного события была образована новая поверхность, на которой стали развиваться почвенные процессы. В результате перемешивания засвеченного материала из приповерхностных слоев (в результате биотурбации, заполнения трещин усыхания и др.) произошло омоложение люминесцентного возраста отложений. Таким образом, в настоящее время недостаточная плотность датировок не позволяет окончательно решить вопрос о возрасте горизонта РС1. Нами предложено три варианта возможной интерпретации результатов:

1. Как было сказано выше, даты указывают на возможное наличие эрозионного контакта между датами 123 ± 11 и 157 ± 10 тыс. лет. Возможно, ранняя фаза МИС 5-е в разрезе не представлена, а РС1 – слабовыраженный эпизод почвообразования самого финала МИС 5-е – начала МИС 5-d, который успел образоваться на вскрытой эрозией

поверхности. Верхи этой почвы и другие возможные уровни педогенеза МИС 5 были эродированы еще одним событием, о чем свидетельствует явный эрозионный контакт с гравием и мелкой галькой.

2. Почва казанцевского времени, возможно, совсем не представлена в разрезе, будучи уничтоженной эрозией (в период между 123 ± 11 и 157 ± 10 тыс. лет), а РС1 – результат почвообразования каргинского времени.

3. ИКСЛ дата 123 ± 11 тыс. лет отображает истинный возраст образования отложений, так как отобрана из верхней части РС1, а геоморфологическое положение не способствовало стабильным процессам почвообразования на участке расположения разреза.

Следующим почвенным репером в лёссово-почвенной последовательности верхнего плейстоцена Западной Сибири является выделенный И.А. Волковым (Волков, 1971) в разрезе Ложок в качестве стратотипа бердский педокомплекс (РС1), залегающий без перерыва в осадконакоплении под тулинским лёссом. Традиционно этот горизонт с хорошо развитым полигенетическим профилем (AU–B1–BCA), строение которого свидетельствует об этапности развития, сопоставляется с казанцевским межледниковьем (МИС 5-е). Нижняя часть гумусовых горизонтов палеопочв характеризуется сетью языков-затек, особенно мощных и глубоко внедряющихся в нижележащие горизонты. Появление последних соответствует этапу вторичного преобразования почвы в условиях влажного и холодного климата. Данный репер-педокомплекс является прекрасным маркером для лёссово-почвенной последовательности Сибири, особенно за счет почвы казанцевского межледниковья.

Для слоя L3, выделяемого ранее как тулинский лёсс (Зыкина и др., 1981), полученные даты показывают, что его накопление приходилось на интервал МИС 6, а не МИС 4, в таком случае данный горизонт будет соответствовать сузунскому лёссу. Для почвы РС2-2, соотносимой ранее с бердским педокомплексом (МИС 5) получена дата 196 ± 11 тыс. л. н., а для РС2-1 – 216 ± 15 тыс. л. н. Согласно полученным возрастам, рассматриваемые почвы соответствуют горизонтам койнихинского педокомплекса Западной Сибири, а не бердского и образовались во время МИС 7, а не в МИС 5.

Для верхней части L4 установлен возраст 302 ± 23 тыс. л. н., что относит время его формирования в течение МИС 8, а не МИС 6, ко времени образования чулымского лёсса, а не сузунского.

В хронологической записи седиментации установлен длительный перерыв в осадконакоплении (EG): основание ельцовского лёсса характеризуется датой 28.6 ± 0.9 тыс. л. н., а нижележащий педокомплекс – 123 ± 11 тыс. л. н. Верхняя

часть горизонта палеопочвы, по-видимому, была денудирована вместе с вышележащими отложениями лёссов и палеопочв, сформировавшимися в течение МИС 4—МИС 3.

Выполненное нами первое детальное геохронологическое исследование методом ОСЛ разреза Ложок подтвердило, что верхняя часть разреза сформировалась в верхнем плейстоцене: баганский (L1) и ельцовский (L2) горизонты лёссов сформировались в период с 28.6 ± 0.9 по 15.7 ± 0.8 тыс. л. н. Этот интервал входит во временные пределы МИС 2 и сартанского горизонта. Время формирования баганского лёсса L1 — 16.0 ± 0.8 — 15.7 ± 0.8 тыс. л. н., ельцовского лёсса L2 — 28.6 ± 0.9 — 17.6 ± 0.8 тыс. л. н. Полученные данные согласуются с имеющими ^{14}C датами и стратиграфией разреза (табл. 1).

Нижележащие отложения характеризуются более древними, чем предполагалось ранее, возрастными. Между горизонтом ельцовского лёсса (L2, МИС 2) и подстилающим его педокомплексом зафиксирован большой перерыв в осадконакоплении (EG): из гумусового горизонта почвы PC1 установлен возраст 123 ± 11 тыс. л. н., что соответствует подстадии МИС 5-е, а не МИС 3, как считалось ранее. Далее вниз по разрезу происходит постепенное и последовательное увеличение возраста отложений со 157 ± 10 до 302 ± 23 тыс. л. н., что соответствует временному интервалу МИС 8—МИС 6. Для ископаемого педокомплекса PC2 в основании разреза, выделяемого ранее как бердский педокомплекс (МИС 5-е, с), определен возраст 216 ± 15 — 196 ± 11 тыс. л. н., для подстилающего его L4 — 302 ± 23 тыс. л. н., а перекрывающего лёсса L3 — 176 ± 7 тыс. л. н. Следовательно, лёсс L3 по полученным данным является горизонтом сузунского лёсса (МИС 6), а лёсс L4 — чулымского (МИС 8). Горизонты PC2 относятся к койнихинскому педокомплексу (МИС 7), где верхняя палеопочва PC2-2 соответствует подстадии МИС 7-а, а нижняя PC2-1 — МИС 7-с. Кроме того, в основании L3 обнаруженный в 2018 г. гумусированный прослой имеет возраст 207 ± 16 тыс. л. н. Его расположение внутри лёсса L3, образовавшегося в холодную стадию МИС 6, и полученный возраст с учетом доверительного интервала хорошо соответствуют интерстадиалу МИС 6-d в начале стадии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученная серия из 15 датировок показала, что люминесцентное датирование является надежным методом определения абсолютного возраста при изучении лёссово-почвенных отложений Западной Сибири. Так, отмечается хорошее соотношение результатов измерений по протоколам $p\text{IRIR}_{290}/Q$ и IR_{50}/Q , что говорит о достаточной засветке зерен полевого шпата и кварца. В со-

ответствии с принятыми стандартами датирования методом ОСЛ (соотношения $p\text{IRIR}_{290}/Q$, распределение аливок для отдельных образцов, закономерное распределение датировок по разрезу, отсутствие инверсий), полученная серия дат является достоверной, а итоговая хронология — надежной.

Анализ полученной хронологии указывает на то, что лёссово-почвенные отложения разреза Ложок, ранее считавшиеся верхнеплейстоценовыми, сформировались в верхнем и среднем плейстоцене, а возраст отдельных горизонтов показал несовпадение с лёссово-почвенной последовательностью, разработанной на основе изучения и горизонтов ископаемых почв, и лёссов в наиболее полных субэкральных разрезах Западной Сибири, а также установленного соответствия структуры ископаемых педокомплексов строению тёплых стадий изотопно-кислородной кривой и других глобальных записей изменения климата с учетом данных радиоуглеродного датирования (Зыкина, Зыкин, 2012).

Результаты датирования позволили определить возраст всех выделенных в разрезе горизонтов:

1. Лёсс L4 — 302 ± 23 тыс. л. н., соотносится с МИС 8;
2. Педокомплекс PC2 — 196—216 тыс. л. н., соотносится с МИС 7, включает два горизонта почвообразования (МИС 7-а и МИС 7-с);
3. Лёсс L3 — 157—207 тыс. л. н., соотносится с МИС 6;
4. Педокомплекс PC1 — 123 тыс. л. н., однако время его формирования остается под вопросом и может быть соотнесено с МИС 5-е, МИС 5e-d, либо с МИС 3;
5. Лёссы L1 и L2 — 15.7—28.6 тыс. л. н., соотносятся с МИС 2;
6. Почва S0 — 6.9 тыс. л. н., соотносится с МИС 1.

Интереснейшим результатом полевых работ и геохронологических исследований стало выявление наличия в разрезе эрозийной границы на глубине 3 м, выраженного в виде тонкого прослоя мелкой дресвы и гравия с резкой нижней границей. Продолжительность этого перерыва в осадконакоплении составила около 95 тыс. лет, т.е. значительная часть верхнеплейстоценовой геологической летописи в разрезе Ложок отсутствует (см. рис. 4). Отмечается возможное наличие перерыва осадконакопления в период 123 ± 11 и 157 ± 10 тыс. л. н.

Стратиграфические подразделения из PC1, L3, PC2, L4 по данным люминесцентного датирования имеют возраст, отличный от ранее принятой стратиграфии данного разреза. Так, нижний педокомплекс, охарактеризованный возрастом накопления отложений, соответствующий МИС 5, имеет возраст, соотносящийся с МИС 7. Подстилающие и перекрывающие педокомплекс гори-

зонты лёссов соответственно относятся к МИС 8 и МИС 6.

Резкое отличие в содержании радионуклидов ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K в горизонте лёсса L4 отражает смену в источнике материала, из которого формировались лёссы и возможную перестройку региональной розы ветров.

Авторы считают, что полученные результаты на данном этапе имеют дискуссионный характер и требуют дополнительных исследований, а массив люминесцентных датировок необходимо дополнить большим количеством измерений и желательнее в разрезах, близко расположенных к разрезу Ложок.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке проектов РФФИ №№ 19-35-50058 мол_нр, 18-45-543007 р_мол_а, 19-35-00040 Аспиранты и 19-05-00513 А; по теме ГЗ № АААА-А16-116032810080-2 и государственного задания ИГМ СО РАН при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны В.С. Зыкину, Д.Г. Маликову, М. Фрехену, А.В. Панину, С.Б. Марковичу, Т. Стивенсу, Н.А. Таратуниной, И.Ю. Овчинникову за консультации и обсуждение полученных результатов.

FUNDING

Work is done on state assignment of IGM SB RAS. This study was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation. The reported research was funded by Russian Foundation for Basic Research and the government of the region of the Russian Federation, RFBR grants nos. 19-35-50058, 18-45-543007, 19-35-00040, 19-05-00513.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to V.S. Zykin, D.G. Malikov, M. Frechen, A.V. Panin, S.B. Markovich, T. Stevens, N.A. Taratunina, I.Yu. Ovchinnikov for consultations and discussion of the obtained results.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вагнер Г.А.* Научные методы датирования в геологии, археологии и истории. М.: Техносфера, 2006. 575 с.
- Волков И.А.* Палеогеографическое значение некоторых радиокарбонных датировок на юге Западной Сибири // Геология и геофизика. 1973. № 2. С. 3–8.
- Волков И.А.* Позднечетвертичная субаэральная формация // М.: Наука, 1971. 254 с.
- Вольвах А.О., Вольвах Н.Е., Овчинников И.Ю., Маликов Д.Г., Щеглова С.Н.* Свидетельства потеплений, записанные в лёссовых отложениях последнего оледенения, и динамика лёссово-накопления в северо-западном Присалаирье (юго-восток Западной Сибири) // Геосферные исследования. 2020. № 3. С. 123–143.
- Вольвах А.О., Вольвах Н.Е., Смолянинова Л.Г.* Палеоклиматические изменения и короткопериодические события позднего плейстоцена в записи лёссовых отложений разреза Ложок, юго-восток Западной Сибири // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2019. № 4. С. 17–27.
- Зыкина В.С., Волков И.А., Дергачева М.И.* Верхнечетвертичные отложения и ископаемые почвы Новосибирского Приобья. М: Наука, 1981. 204 с.
- Зыкина В.С., Зыкин В.С.* Лессово-почвенная последовательность и эволюция природной среды и климата Западной Сибири в плейстоцене // Новосибирск: Акад. изд-во "Гео", 2012. 477 с.
- Классификация и диагностика почв России / ред. Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
- Курбанов Р.Н., Семиколенных Д.В., Таратунина Н.А., Вольвах Н.Е.* Методологические основы оптически стимулированной люминесценции // Актуальные проблемы палеогеографии плейстоцена. Научные достижения Школы академика К.К. Маркова / отв. ред. Т.А. Янина; ред. Н.С. Болиховская, Е.И. Полякова, Т.С. Ключиткина, Р.Н. Курбанов. М.: Географический факультет МГУ, 2020. 689 с.
- Курбанов Р.Н., Янина Т.А., Мюррей Э.С., Семиколенных Д.В., Свистунов М.И., Штыркова Е.И.* Возраст карангатской трансгрессии Чёрного моря // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: Геогр. 2019. № 6. С. 29–40.
- Панин А.В.* Методы палеогеографических исследований: четвертичная геохронология. Учеб. пособие. М.: Географический факультет МГУ, 2014. 116 с.
- Паньчев В.А.* Радиоуглеродная хронология аллювиальных отложений Предалтайской равнины. Новосибирск: Наука, 1979. 104 с.
- Сизикова А.О., Зыкина В.С.* Лёссы верхнего плейстоцена опорного разреза Ложок (юг Западной Сибири), динамика природной среды и климата // Изв. АлтГУ. Сер. Биологические науки, науки о Земле, химия. 2013. № 3/2. С. 132–137.
- Сизикова А.О., Зыкина В.С.* Морфостроение песчаных кварцевых зерен и микростроение верхнеплейстоценовых лёссов юга Западной Сибири, разрез Ложок // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2014. № 1(170). С. 41–50.
- Чичагова О.А.* Радиоуглеродное датирование гумуса почв. Метод и его применение в почвоведении и палеогеографии. М.: Наука, 1985. 158 с.
- Aitken M.J.* Thermoluminescence dating. London: Academic Press, 1985. 359 p.
- Bassinot F.C., Labeyrie L.D., Vincent E., Quidelleur X., Shackleton N.J., Lancelot Y.* The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal // Earth Planet. Sci. Lett. 1994. № 126. P. 91–108.
- Buylaert J.-P., Jain M., Murray A.S., Thomsen K.J., Thiel C., Sohbat R.* A robust feldspar luminescence dating method for Middle and Late Pleistocene sediments // Boreas. 2012. № 41. P. 435–451.
- Buylaert J.-P., Yeo E.Y., Thiel C., Yi S., Stevens T., Thompson W., Frechen M., Murray A., Lu H.* A detailed

- post-IR IRSL chronology for the last interglacial soil at the Jingbian loess site (northern China) // *Quat. Geochronology*. 2015. № 30. P. 194–199.
- Chlachula J., Little E.* A high-resolution Late Quaternary climatostratigraphic record from Iskitim, Priobie Loess Plateau, SW Siberia // *Quat. Int.* 2011. № 240. P. 139–149.
- Frechen M., Dodonov A.E.* Loess chronology of the Middle and Upper Pleistocene in Tadjikistan // *Geol. Rundschau*. 1998. V. 87. № 1. P. 2–20.
- Frechen M., Zander A., Zykina V., Boenigk W.* The loess record from the section at Kurtak in Middle Siberia // *Palaeoogeogr. Paleoclimat. Palaeoecol.* 2005. V. 228. № 3–4. P. 228–244.
- Kravchinsky V.A., Zykina V.S., Zykina V.S.* Magnetic indicator of global paleoclimate cycles in Siberian loess-paleosol sequence // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2008. № 265. P. 498–514.
- Lauer T., Frechen M., Vlamincck S., Kehl M., Lehndorff E., Shahriari A., Khormali F.* Luminescence-chronology of the loess palaeosol sequence Toshan, Northern Iran – A highly resolved climate archive for the last glacial-interglacial cycle // *Quat. Int.* 2017. № 429. P. 3–12.
- Muhs D.R.* Loess deposits, origin and properties // *Encycl. Quat. Sci.* 2007. P. 1405–1418.
- Murray A.S., Marten R., Johnston A., Martin P.* Analysis for naturally occurring radionuclides at environmental concentrations by gamma spectrometry // *J. Radioanalytical Nuclear Chem.* 1987. V. 115. № 2. P. 263–288.
- Murray A.S., Thomsen K.J., Masuda N., Buylaert J.-P., Jain M.* Identifying well-bleached quartz using the different bleaching rates of quartz and feldspar luminescence signals // *Radiation Measurements*. 2012. № 47. P. 688–695.
- Murray A.S., Wintle A.G.* The single aliquot regenerative dose protocol: potential for improvements in reliability // *Radiation measurements*. 2000. V. 37. № 4–5. P. 377–381.
- Murray A.S., Wintle A.G.* The single aliquot regenerative dose protocol: potential for improvements in reliability // *Radiation Measurements*. 2003. № 37. P. 377–381.
- Novothy A., Frechen M., Horvath E., Wacha L., Rolf C.* Investigating the penultimate and last glacial cycles of the Sutto loess section (Hungary) using luminescence dating, high-resolution grain size, and magnetic susceptibility data // *Quat. Int.* 2011. № 234. P. 75–85.
- Roberts R.G.* Luminescence dating in archaeology: From origins to optical // *Radiation Measurement*. 1997. V. 27. № 5–6. P. 819–892.
- Scharpenseel H.W.* Soil fraction dating // *Radiocarbon Dating* / R. Berger, H.E. Suess (Eds.). USA, CA, Berkeley: Univ. of California Press, 1976. P. 277–283.
- Sizikova A.O., Zykina V.S.* The dynamics of the Late Pleistocene loess formation, Lozhok section, Ob loess Plateau, SW Siberia // *Quat. Int.* 2015. № 365. P. 4–14.
- Stevens T., Buylaert J.-P., Thiel C., Ujvari G., Yi S., Murray A.S., Frechen M., Lu H.* Ice-volume-forced erosion of the Chinese Loess Plateau global Quaternary stratotype site // *Nature Communications*. 2018. № 9. P. 1–12.
- Thiel C., Buylaert J.P., Murray A.S., Terhorst B., Hofer I., Tsukamoto S., Frechen M.* Luminescence dating of the Stratzing loess profile (Austria) – testing the potential elevated temperature post-IR IRSL protocol // *Quat. Int.* 2011. № 234. P. 23–31.
- Thomsen K.J., Murray A.S., Jai M., Botter-Jensen L.* Laboratory fading rates of various luminescence signals from feldspar-rich sediment extracts // *Radiation Measurements*. 2008. № 43. P. 1474–1486.
- Wang Y., Amundson R., Trumbore S.* Radiocarbon dating of soil organic matter // *Quat. Res.* 1996. № 45. P. 282–288.
- Wintle A.G.* Recent developments in optical dating of sediments // *Radiation Protection Dosimetry*. 1993. № 47. P. 627–635.
- Youn J.H., Seong Y.B., Choi J.H., Abdrakhmatov K., Ormukov C.* Loess deposits in the northern Kyrgyz Tien Shan: Implications for the paleoclimate reconstruction during the Late Quaternary // *Catena*. 2014. № 117. P. 81–93.
- Zander A., Frechen M., Zykina V.S., Boenigk W.* Luminescence chronology of the Upper Pleistocene loess record at Kurtak in Middle Siberia // *Quat. Sci. Rev.* 2003. № 22. P. 999–1010.
- Zykina V.S., Zykina V.S.* The Middle and Late Pleistocene loess-soil record in the Iskitim area of Novosibirsk Priobie, south-eastern West Siberia // *Quat. Int.* 2015. № 365. P. 15–25.

The First Results of Luminescent Dating of Loess-Paleosol Series in the South of Western Siberia (Lozhok Reference Section)

N. E. Volvakh^{1,*}, R. N. Kurbanov^{2,3,**}, A. O. Volvakh^{1,***}, V. S. Zykina¹, D. E. Khashchevskaya², J.-P. Buylaert⁴, and A. S. Murray⁵

¹*Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Russia*

²*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

³*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia*

⁴*Technical University of Denmark, Roskilde, Riso, Denmark*

⁵*Aarhus University, Department of Earth Sciences, Aarhus, Denmark*

*e-mail: volvakh@igm.nsc.ru

**e-mail: roger.kurbanov@igras.ru

***e-mail: sizikova@igm.nsc.ru

The article presents the first results on luminescence dating of the Upper Pleistocene deposits of the loess-soil series in Western Siberia. In the key section Lozhok, eight horizons were identified, reflecting the main stages of the development of the environment of the region, including three paleosols, previously correlated

in the chronostratigraphic scheme of Western Siberia with the stages of warming MIS 3 and MIS 5. The chronology was obtained from 15 new optically stimulated luminescence (OSL) dates. The dating was carried out according to a modern technique with the analysis of the accumulated dose and age using three signals (OSL, IRSL₅₀, pIRIR₂₉₀). The high convergence of the results of measurements according to the pIRIR₂₉₀/Q and IR₅₀/Q protocols indicates a sufficient bleaching of the feldspar and quartz grains. In accordance with the standards accepted in luminescent dating, the obtained series of dates is reliable, and then the resulting chronology is considered as reliable. Based on the dating results, the age of formation of all stratigraphic horizons was determined. Analysis of the loess-soil sequence of the Upper Pleistocene, based on the luminescence chronology of the Lozhok section, showed a discrepancy with the loess-soil sequence developed based on a detailed study and tracing of horizons of buried soils and loesses in the most complete subaerial sections of Western Siberia. In the section, the presence of an erosion boundary is highlighted; the duration of the hiatus in sedimentation was about 95 thousand years. The upper pedocomplex is characterized by an age of 123 ± 11 thousand years and corresponds to MIS 5, and the lower one is 196–216 thousand years old and correlates with MIS 7. Analysis of sedimentation conditions indicates a sharp increase in the rates of loess accumulation in MIS 2, and the difference in the content radionuclides ²²⁶Ra, ²³²Th, and ⁴⁰K reflect a change in the source of the material and a possible rearrangement of the regional wind rose. The authors believe that the results obtained at this stage are controversial and require additional research.

Keywords: loess-paleosol sequence, Pleistocene, Western Siberia, stratigraphy, OSL dating, quartz, feldspar, paleosols, Quaternary stratigraphy

REFERENCES

- Aitken M.J. *Thermoluminescence Dating*. London: Academic Press, 1985. 359 p.
- Bassinot F.C., Labeyrie L.D., Vincent E., Quidelleur X., Shackleton N.J., Lancelot Y. The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1994, vol. 126, pp. 91–108.
- Buylaert J.-P., Jain M., Murray A.S., Thomsen K.J., Thiel C., Sohbati R. A robust feldspar luminescence dating method for Middle and Late Pleistocene sediments. *Boreas*, 2012, vol. 41, no. 3, pp. 435–451.
- Buylaert J.-P., Yeo E.Y., Thiel C., Yi S., Stevens T., Thompson W., Frechen M., Murray A., Lu H. A detailed post-IR IRSL chronology for the last interglacial soil at the Jingbian loess site (northern China). *Quat. Geochronol.*, 2015, vol. 30, pp. 194–199.
- Chichagova O.A. *Radiouglerodnoe datirovanie gumusa pochv. Metod i ego primeneniye v pochvovedenii i paleogeografii* [Radiocarbon Dating of Soil Humus. Method and its Application in Soil Science and Paleogeography]. Moscow: Nauka Publ., 1985. 158 p.
- Chlachula J., Little E. A high-resolution Late Quaternary climatostratigraphic record from Iskitim, Priobie Loess Plateau, SW Siberia. *Quat. Int.*, 2011, vol. 240, pp. 139–149.
- Frechen M., Dodonov A.E. Loess chronology of the Middle and Upper Pleistocene in Tadzhikistan. *Geologische Rundschau*, 1998, vol. 87, no. 1, pp. 2–20.
- Frechen M., Zander A., Zykina V., Boenigk W. The loess record from the section at Kurtak in Middle Siberia. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 2005, vol. 228, nos. 3–4, pp. 228–244.
- Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and Diagnostics of Soils in Russia]. Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I., Eds. Smolensk: Oikumena Publ., 2004. 341 p.
- Kravchinsky V.A., Zykina V.S., Zykina V.S. Magnetic indicator of global paleoclimate cycles in Siberian loess-paleosol sequence. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2008, vol. 265, nos. 3–4, pp. 498–514.
- Kurbanov R.N., Semikolennykh D.V., Taratunina N.A., Volvakh N.E. *Metodologicheskie osnovy opticheski stimulirovannoi lyuminesentsii*. [Methodological Bases of Optically Stimulated Luminescence]. Actual problems of the Pleistocene paleogeography. Scientific achievements of the School of Academician K.K. Markov. T.A. Yanina, N.S. Bolihovskaja, E.I. Poljakova, T.S. Kljuvitkina, R.N. Kurbanov, Eds. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 2020. 689 p.
- Kurbanov R.N., Yanina T.A., Murray A.S., Semikolennykh D.V., Svistunov M.I., Shtyrkova E.I. The age of the Karangatian (Late Pleistocene) transgression of the Black Sea. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 2019, no. 6, pp. 29–40. (In Russ.).
- Lauer T., Frechen M., Vlamincik S., Kehl M., Lehndorff E., Shahriari A., Khormali F. Luminescence-chronology of the loess palaeosol sequence Toshan, Northern Iran – A highly resolved climate archive for the last glacial-interglacial cycle. *Quat. Int.*, 2017, vol. 429, pp. 3–12.
- Muhs D.R. Loess deposits, origin and properties. In *Encyclopedia of Quaternary Science*. Elias S.A., Ed. Elsevier, 2007, pp. 1405–1418. doi 10.1016/B0-44-452747-8/00158-7
- Murray A.S., Marten R., Johnston A., Martin P. Analysis for naturally occurring radionuclides at environmental concentrations by gamma spectrometry. *J. Radioanal. Nucl. Ch.*, 1987, vol. 115, no. 2, pp. 263–288.
- Murray A.S., Thomsen K.J., Masuda N., Buylaert J.-P., Jain M. Identifying well-bleached quartz using the different bleaching rates of quartz and feldspar luminescence signals. *Radiat. Meas.*, 2012, vol. 47, no. 9, pp. 688–695.
- Murray A.S., Wintle A.G. The single aliquot regenerative dose protocol: potential for improvements in reliability. *Radiat. Meas.*, 2000, vol. 37, nos. 4–5, pp. 377–381.
- Murray A.S., Wintle A.G. The single aliquot regenerative dose protocol: potential for improvements in reliability. *Radiat. Meas.*, 2003, vol. 37, pp. 377–381.
- Novothy A., Frechen M., Horvath E., Wacha L., Rolf C. Investigating the penultimate and last glacial cycles of the Sutto loess section (Hungary) using luminescence

- dating, high-resolution grain size, and magnetic susceptibility data. *Quat. Int.*, 2011, vol. 234, pp. 75–85.
- Panin A.V. *Metody paleogeograficheskikh issledovaniy: chetvertichnaya geokhronologiya. Uchebnoe posobie* [Methods of Paleogeographic Research: Quaternary Geochronology. Textbook]. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 2014. 116 p.
- Panychev V.A. *Radiouglerodnaya khronologiya allyuvial'nykh otlozhenii Predaltaiskoi ravniny* [Radiocarbon Chronology of Alluvial Deposits of the Cis-Altai Plain]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1979. 104 p.
- Roberts R.G. Luminescence dating in archaeology: From origins to optical. *Radiat. Meas.*, 1997, vol. 27, nos. 5–6, pp. 819–892.
- Scharpenseel H.W. Soil fraction dating. In *Radiocarbon Dating*. Berger R., Suess H.E., Eds. Berkeley, CA: Univ. of California Press, 1976, pp. 277–283.
- Sizikova A.O., Zykina V.S. Loesses of the Upper Pleistocene of the Lozhok key section (south of Western Siberia), dynamics of the environment and climate. *Izv. Altai. Gos. Univ., Ser. Biol. Nauki, Nauki o Zemle, Khimiya*, 2013, no. 3/2, pp. 132–137. (In Russ.).
- Sizikova A.O., Zykina V.S. Morphoscopy of sand quartz grains and microstructure of the Upper Pleistocene loesses of the south of Western Siberia, Lozhok section. *Geologiya i Mineral'no-syr'evye Resursy Sibiri*, 2014, vol. 170, no. 1, pp. 41–50. (In Russ.).
- Sizikova A.O., Zykina V.S. The dynamics of the Late Pleistocene loess formation, Lozhok section, Ob loess Plateau, SW Siberia. *Quat. Int.*, 2015, vol. 365, pp. 4–14.
- Stevens T., Buylaert J.-P., Thiel C., Ujvari G., Yi S., Murray A.S., Frechen M., Lu H. Ice-volume-forced erosion of the Chinese Loess Plateau global Quaternary stratotype site. *Nat. Commun.*, 2018, vol. 9, no. 1, pp. 1–12.
- Thiel C., Buylaert J.-P., Murray A., Terhorst B., Hofer I., Tsukamoto S., Frechen M. Luminescence dating of the Stratzing loess profile (Austria) – testing the potential elevated temperature post-IR IRSL protocol. *Quat. Int.*, 2011, vol. 234, pp. 23–31.
- Thomsen K.J., Murray A.S., Jai M., Bøtter-Jensen L. Laboratory fading rates of various luminescence signals from feldspar-rich sediment extracts. *Radiat. Meas.*, 2008, vol. 43, pp. 1474–1486.
- Volkov I.A. Paleogeographic significance of some radiocarbon dating in the south of Western Siberia. *Geologiya i Geofizika*, 1973, no. 2, pp. 3–8. (In Russ.).
- Volkov I.A. *Pozdnechetvertichnaya subaeral'naya formatsiya* [Late Quaternary Subaerial Formation]. Moscow: Nauka Publ., 1971. 254 p.
- Volvakh A.O., Volvakh N.E., Ovchinnikov I.Yu., Malikov D.G., Shcheglova S.N. Warming evidences recorded in loess deposits of the Last Glaciation and dynamics of loess accumulation in Northwestern Cis-Salair (Southeast of Western Siberia). *Geosfernye Issled.*, 2020, no. 3, pp. 123–143. (In Russ.). doi 10.17223/25421379/16/10
- Volvakh A.O., Volvakh N.E., Smolyaninova L.G. Paleoclimatic changes and short-period events of the Late Pleistocene in the record of loess deposits of the Lozhok section, Southeast of Western Siberia. *Geologiya i Mineral'no-syr'evye Resursy Sibiri*, 2019, no. 4, pp. 17–27. (In Russ.).
- Wagner G.A. *Age Determination of Young Rocks and Artifacts. Physical and Chemical Clocks in Quaternary Geology and Archaeology*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1998. 466 p.
- Wang Y., Amundson R., Trumbore S. Radiocarbon dating of soil organic matter. *Quat. Res.*, 1996, vol. 45, pp. 282–288.
- Wintle A.G. Recent developments in optical dating of sediments. *Radiat. Prot. Dosim.*, 1993, vol. 47, pp. 627–635.
- Youn J.H., Seong Y.B., Choi J.H., Abdrakhmatov K., Ormukov C. Loess deposits in the northern Kyrgyz Tien Shan: Implications for the paleoclimate reconstruction during the Late Quaternary. *Catena*, 2014, vol. 117, pp. 81–93.
- Zander A., Frechen M., Zykina V.S., Boenigk W. Luminescence chronology of the Upper Pleistocene loess record at Kurtak in Middle Siberia. *Quat. Sci. Rev.*, 2003, vol. 22, pp. 999–1010.
- Zykin V.S., Zykina V.S. The Middle and Late Pleistocene loess-soil record in the Iskitim area of Novosibirsk Priobye, south-eastern West Siberia. *Quat. Int.*, 2015, vol. 365, pp. 15–25.
- Zykina V.S., Volkov I.A., Dergacheva M.I. *Verkhnechetvertichnye otlozheniya i iskopaemye pochvy Novosibirskogo Priob'ya* [Upper Quaternary Sediments And Buried Soils of Novosibirsk Ob Region]. Moscow: Nauka Publ., 1981. 204 p.
- Zykina V.S., Zykin V.S. *Lessovo-pochvennaya posledovatel'nost' i evolyutsiya prirodnoi sredy i klimata Zapadnoi Sibiri v pleistotsene* [Loess-Paleosol Sequence and Evolution of the Natural Environment and Climate of Western Siberia in the Pleistocene]. Novosibirsk: Geo Publ., 2012. 477 p.

УДК 539.1

КАТАСТРОФИЧЕСКИЕ ПАВОДКИ В БАССЕЙНЕ АНГАРЫ В 2019 ГОДУ: МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ И ВОДНОГО РЕЖИМА РЕК

© 2021 г. Ю. Г. Мотовилов^{а, *}, А. Н. Гельфан^{а, b}, В. О. Полянин^а

^аИнститут водных проблем РАН, Москва, Россия

^бМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия

*e-mail: motol49@yandex.ru

Поступила в редакцию 13.07.2020 г.

После доработки 12.12.2020 г.

Принята к публикации 22.12.2020 г.

Исследованы основные факторы формирования экстраординарных дождевых паводков на левобережных притоках Ангары летом 2019 г., вызвавших катастрофические наводнения в Иркутской области. Для этого на основе информационно-моделирующего комплекса, вычислительным ядром которого является физико-математическая модель формирования речного стока ЕСОМАГ, построена пространственно распределенная гидрологическая модель и проверена по многолетним (35 лет) рядам гидрометеорологических наблюдений на пяти речных бассейнах региона. По статистическим критериям получено удовлетворительное соответствие фактических и рассчитанных гидрографов речного стока и величин максимального стока. По результатам моделирования построены и проанализированы поля характеристик гидрологического цикла (осадков, запасов воды в снеге, влажности почвы) в бассейне верхней Ангары летом 2019 г. и показано, что основными факторами формирования катастрофических паводков на р. Ия являются экстремальные осадки в сочетании с малыми потерями стока на инфильтрацию в переувлажненные перед выпадением осадков почвы. Максимальный рассчитанный расход воды на реке у г. Тулун на 40% превысил исторический максимум и составил 5640 м³/с. Проанализированы пространственно-временные особенности двух волн паводка 2019 г. на исследуемых левобережных притоках Ангары.

Ключевые слова: наводнение, паводок, притоки Ангары, река Ия, Тулун, гидрологическое моделирование

DOI: 10.31857/S2587556621020102

ВВЕДЕНИЕ

Экстраординарные дождевые паводки, сформировавшиеся летом 2019 г. на реках Иркутской области, привели к полному и частичному затоплению (подтоплению) более 70 муниципальных образований, включая 4 города, 67 сел и поселков, около 60 деревень, садоводств и садоводческих товариществ¹. В результате наводнения погибли 25 человек. Ущерб, по некоторым оценкам, составил более 35 млрд руб., в том числе около 500 млн руб. – потери сельского хозяйства².

Паводки затронули в основном левые притоки р. Ангары и Братского водохранилища, на которых были значительно превышены установлен-

ные критические отметки уровня водной поверхности³. Для некоторых рек высота паводковой волны существенно превзошла наибольшие значения предшествующего периода инструментальных наблюдений. Согласно данным Иркутского УГМС, в створе г. Тулун, который больше всего пострадал от наводнения, максимальный уровень воды р. Ия почти на 2.5 м превысил исторический максимум, наблюдавшийся в 1984 г., и составил 13 м 82 см над нулем графика поста.

² Цена наводнения. <http://www.interfax-russia.ru/Siberia/view.asp?id=1058665> (дата обращения 19.01.2020); Более трех тысяч пострадавших от паводка жителей Иркутской области получили из регионального бюджета компенсации за утраченные сельхозугодья. https://irkobl.ru/sites/agro-line/news/766846/?sphrase_id=19871550 (дата обращения 20.01.2020).

³ Здесь и ниже под критическими отметками (уровнями) понимаются уровни воды в реке, при которых происходит выход воды на пойму со значительным затоплением сельскохозяйственных угодий и частичным – населенных пунктов. См., например, (Ресурсы..., 1972).

¹ Постановление правительства Иркутской области “Об установлении описания границ подтопленных (затопленных) зон чрезвычайной ситуации, сложившейся в результате паводка, вызванного сильными дождями, прошедшими в июне 2019 года на территории Иркутской области” от 17 июля 2019 года N 558-пп.

Район распространения наводнения 2019 г. относится к наиболее паводкоопасным в Иркутской области, а экстремальные гидрологические характеристики не являются здесь редкостью (Иркутская..., 1914; Зайков, 1954; Задонина, Леви, 2008; Разумов и др., 2015; Мисюркеев и др., 2019). Если принять во внимание последствия произошедшего стихийного бедствия, становится очевидным, что для рассматриваемой территории опасность высоких паводков остается в настоящее время недооцененной.

В задачах оценки и управления рисками наводнений практический интерес представляет не только определение максимальных расходов воды и их обеспеченностей, но и анализ условий формирования экстраординарных паводков и воспроизведение потенциально возможных характеристик их водности в сложившихся физико-географических условиях в целях создания информационных систем поддержки принятия решений при выборе и повышении надежности комплекса структурных мероприятий (строительства водохранилищ, защитных дамб, изменения морфометрии русел и т.п.) для обеспечения безопасности населения, социальных и производственных объектов.

Методической основой таких систем, как показывает мировой опыт, служат физически обоснованные пространственно распределенные модели формирования речного стока (Мотовилов, Гельфан, 2018). Высокая пространственно-временная изменчивость процессов формирования дождевых паводков в рассматриваемом регионе наряду с разреженностью и неравномерностью сети метеорологического мониторинга затрудняет разработку эффективной (по принятым критериям качества) гидрологической модели. В публикациях, появившихся после катастрофического наводнения лета 2019 г. на р. Ия (Шаликовский и др., 2020; Макарьева, 2020), описаны предварительные результаты моделирования этого явления, но проверке предложенных моделей авторы не уделили должного внимания, из-за чего становится сложным оценить работоспособность моделей в широком диапазоне региональных условий формирования паводков.

В настоящей статье представлена *первая региональная гидрологическая модель формирования речного стока* в бассейнах левобережных притоков верхней Ангары (включая р. Ия). В начале дается краткая характеристика объекта исследований. Затем приводится описание модели, ее информационное обеспечение, результаты испытаний по данным наблюдений за речным стоком в створах рассматриваемых рек за многолетний период до 2019 г. Отдельный раздел посвящен результатам применения модели для исследования пространственного распределения процессов и факторов

формирования экстраординарных дождевых паводков 2019 г. и расчетам гидрографов стока этих паводков в различных створах речной сети.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов моделирования выбраны левобережные притоки Братского водохранилища и р. Ангары в ее верхнем течении – рр. Ия с Киреем, Ока, Белая, Китой и Иркут (рис. 1).

Истоки перечисленных рек лежат в горах Восточного Саяна на высотах 2500–3000 м над ур. м., а бассейны отделены друг от друга его отрогами (Окинским, Бельским, Китойским, Тункинским и др.), отходящими в северо-восточном направлении. На юге исследуемая территория ограничивается хребтом Хамар-Дабан, а на севере – Ангарским кряжем. Ближе к нижнему течению долины рек выходят на широкую Иркутско-Черемховскую равнину. Плоские поверхности междуречий здесь имеют высоту 550–650 м над ур. м., несколько увеличиваясь в районе г. Тулун до 650–730 м над ур. м. В горной части местами разбросаны небольшие наледи и снежники, которые не оказывают существенного влияния на водный режим и максимальный сток исследуемых рек.

Распределение осадков по территории неравномерно и во многом определяется высотой местности и ориентацией склонов. Наименьшее количество годовых осадков выпадает в пределах Иркутско-Черемховской равнины – от 350 мм, наибольшее – на наветренных, большей частью западных склонах Восточного Саяна – 800–900 мм в поясе ниже 2000 м над ур. м. и до 1000–1200 мм – выше. Твердые осадки выпадают с октября по апрель (от менее 25 до 40% годовой суммы), жидкие – с мая по сентябрь (от 60 до 75% и более) (Ресурсы..., 1972; Селиверстов, 2003).

Водный режим рек характеризуется прохождением серий летних дождевых паводков, как правило превышающих по расходам и уровням воды весеннее половодье, и низкой зимней меженью. Наиболее многоводные месяцы июнь–август. Питание рек главным образом дождевое (40–60%). Из-за малоснежных зим в условиях резко континентального климата вклад снегового питания не превышает 20%. На долю подземной составляющей приходится 20–30%. Основные характеристики рек приведены в табл. 1.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве расчетно-аналитического инструмента для оценки условий формирования стока в бассейне р. Ангары (до Братского гидроузла) был использован информационно-моделирующий комплекс (ИМК), вычислительным ядром которого является физико-математическая модель с рас-

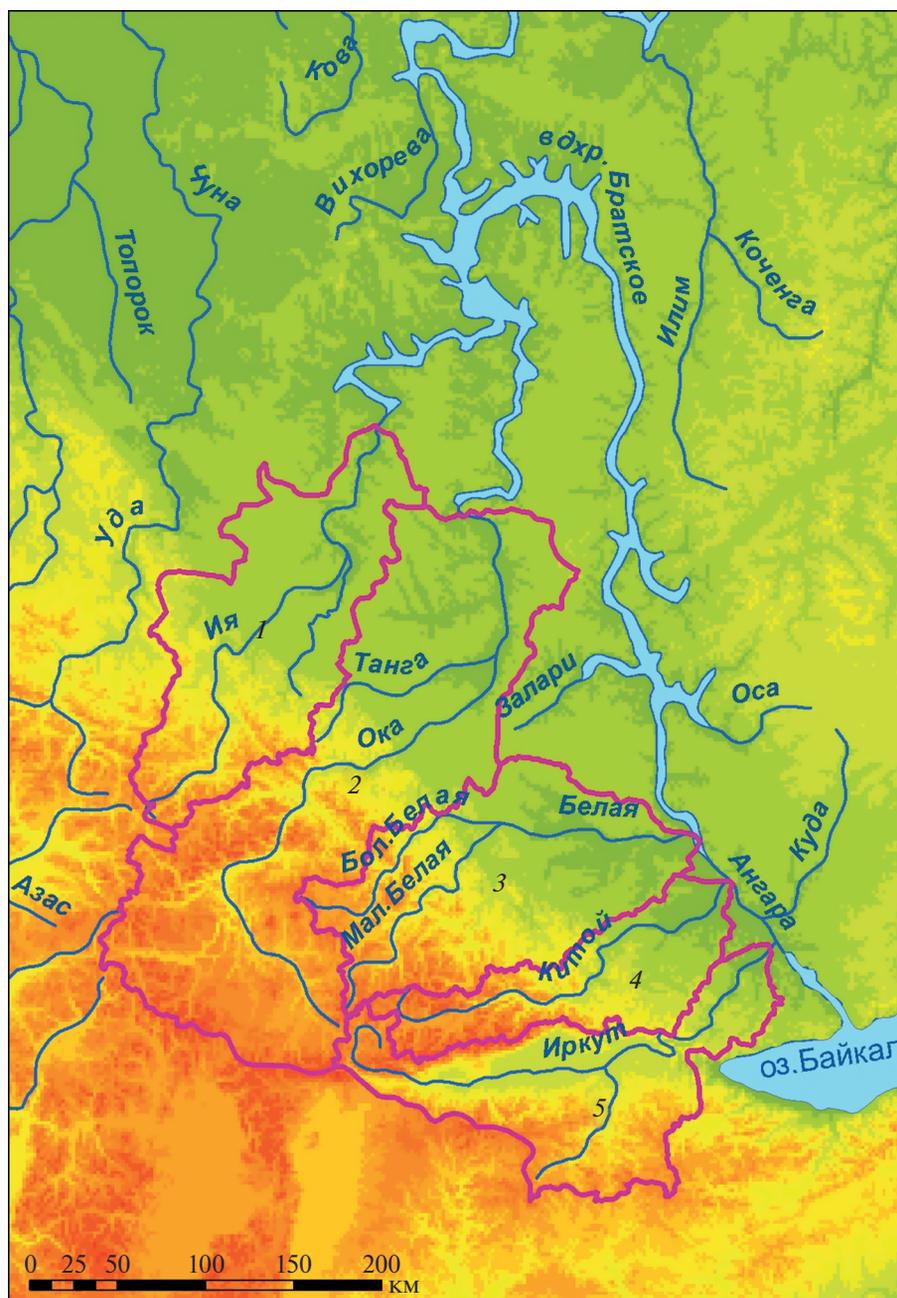


Рис. 1. Расположение исследуемых бассейнов рек: 1 – Ия; 2 – Ока; 3 – Белая; 4 – Китой; 5 – Иркут.

пределенными параметрами ECOMAG (ECOLOGical Model for Applied Geophysics)⁴. Структура ИМК, основные уравнения и входящие в них параметры, а также алгоритмы расчетов, подробно описаны в ряде работ (Мотовилов, Гельфан, 2018; Motovilov et al., 1999). Следует отметить, что технология ИМК ECOMAG уже использовалась для

⁴ Авторские права на комплекс ECOMAG защищены Свидетельством о государственной регистрации программ для ЭВМ (правообладатель – ИВП РАН, автор – Ю.Г. Мотовилов).

оперативных сценарных расчетов притока воды в водохранилища Ангаро-Енисейского каскада (включая водосбор Братского водохранилища) и, в частности, для расчетов возможных сценариев развития гидрологической обстановки и регулирования режимов работы Саяно-Шушенского водохранилища после аварии 17 августа 2009 г. в период его непроектной эксплуатации до восстановления ГЭС (Беднарук, Мотовилов, 2017). В данной работе первоначальная версия модели на водосборе Братского водохранилища была существенно детализирована и адаптирована для мо-

Таблица 1. Основные характеристики исследуемых рек

Река	Створ (индекс г.п.)	Длина реки, км	Площадь водосбора, км ²		Расходы воды, м ³ /с		Крупные притоки
			общая	в створе г.п.	ср.	макс.*	
Ия Кирей Ока Белая	Тулун (8233)	484	18100	14500	149	4040	Кирей (пр.), Икей (лев.), Илир (лев.) — — Тагна (пр.), Зима (лев.) Образуются слиянием Бол. и Мал. Белой —
	Уйгат (8241)	172	3260	2950	42.4	—	
	Усть-Када (8209)	630	34000	33400	269	4530	
Китой Иркут	Мишелевка (8172)	359	18000	14000	168	2820	Зан-Мурин (пр.)
	Китой (8161)	316	9190	8420	120	1480	
	Баклаши (8410)	488	15780	14000	140	1870	

* Значения приведены без учета максимальных расходов 2019 г.

делирования формирования стока на левобережных притоках Ангары.

Ниже приведен состав информационных ресурсов, привлекаемых для модели и проведения гидрологических расчетов.

1. ГИС-обеспечение речного бассейна.

Для пространственной схематизации территории водосбора Братского водохранилища и выделения расчетных элементов модели использовались следующие информационные картографические материалы (рис. 2):

– цифровая модель рельефа на исследуемую территорию, в матричной форме содержащая информацию о рельефе с разрешением ячейки 1 км (30 × 30 с), подготовленная компанией ООО “Data+” (Москва);

– цифровая почвенная карта, которая была “вырезана” из Почвенной карты России масштаба 1 : 2500000, разработанной коллективом авторов под руководством М.А. Глазковой и представленной в электронном виде Почвенным институтом им. В.В. Докучаева⁵;

– цифровая ландшафтная карта, которая была “вырезана” из Ландшафтной карты СССР в масштабе 1 : 2500000, составленной коллективом авторов под руководством В.А. Николаева и представленной в электронном виде Почвенным институтом им. В.В. Докучаева.

Модельная пространственная схематизация речного бассейна и его русловой сети выполнена с помощью специализированной ГИС-технологии ЕСОМАГ Extension, которая позволяет на основе цифровой модели рельефа и анализа линий тока в автоматическом режиме с необходимой степенью детальности прорисовывать структуру модельной речной сети, выделять границы элементарных водосборов, являющихся пространственными расчетными единицами модели, и на основе цифровых тематических карт назначать

⁵ Все почвы подразделяются на зональные, интразональные и горные. Основой для разделения почв является генетическая классификация. Для всех почв указан их механический состав, что особенно важно при задании водно-физических свойств почв и соответствующих параметров модели.

для этих единиц характеристики типов почв и растительности, от которых зависят значения параметров модели. Здесь необходимо подчеркнуть, что в модели ЕСОМАГ своеобразие водосборов отдельных рек в пределах всего бассейна отражается именно сочетанием в них и пространственным распределением конкретных типов почв, растительности, рельефа, уклонов, структуры речной сети, метеорологических условий и т.п. В результате на исследуемой части водосбора р. Ангары до створа Братского гидроузла было выделено 113 расчетных элементарных бассейнов (рис. 3а), их средняя площадь составляет около 1500 км², модельная речная сеть кроме основной реки включает 9 притоков 1-го порядка, 26 – 2-го порядка, 19 – 3-го порядка и 1 – 4-го порядка (рис. 3б).

2. Гидрометеорологическое обеспечение речного бассейна.

Информация гидрометеорологического мониторинга является одной из основ для проведения гидрологических расчетов с помощью ИМК ЕСОМАГ. Данные архивных наблюдений используются для калибровки параметров гидрологической модели, ее валидации, расчетов пространственного распределения характеристик гидрологического цикла на водосборной территории, гидрографов стока, как в пунктах наблюдений, так и на не охваченных наблюдениями участках речного русла.

В качестве метеорологического обеспечения использовалась выверенная база данных, подготовленная специалистами ВНИИГМИ-МЦД Росгидромета (Бульгина и др., 2014) и содержащая информацию с суточным разрешением (сумма осадков, температура и дефицит влажности воздуха) по 32 метеостанциям, расположенным в Иркутской области в пределах бассейна Братского водохранилища и в непосредственной близости от него, за период наблюдений с 1966 по 2014 г. (рис. 4). За период с 2015 по 2019 г. использовались метеоданные с сайта “Погода и Климат”, находящиеся в открытом доступе (<http://www.pogodaiklimat.ru/>).

Гидрологическое обеспечение включает данные о среднесуточных расходах воды на гидрологи-

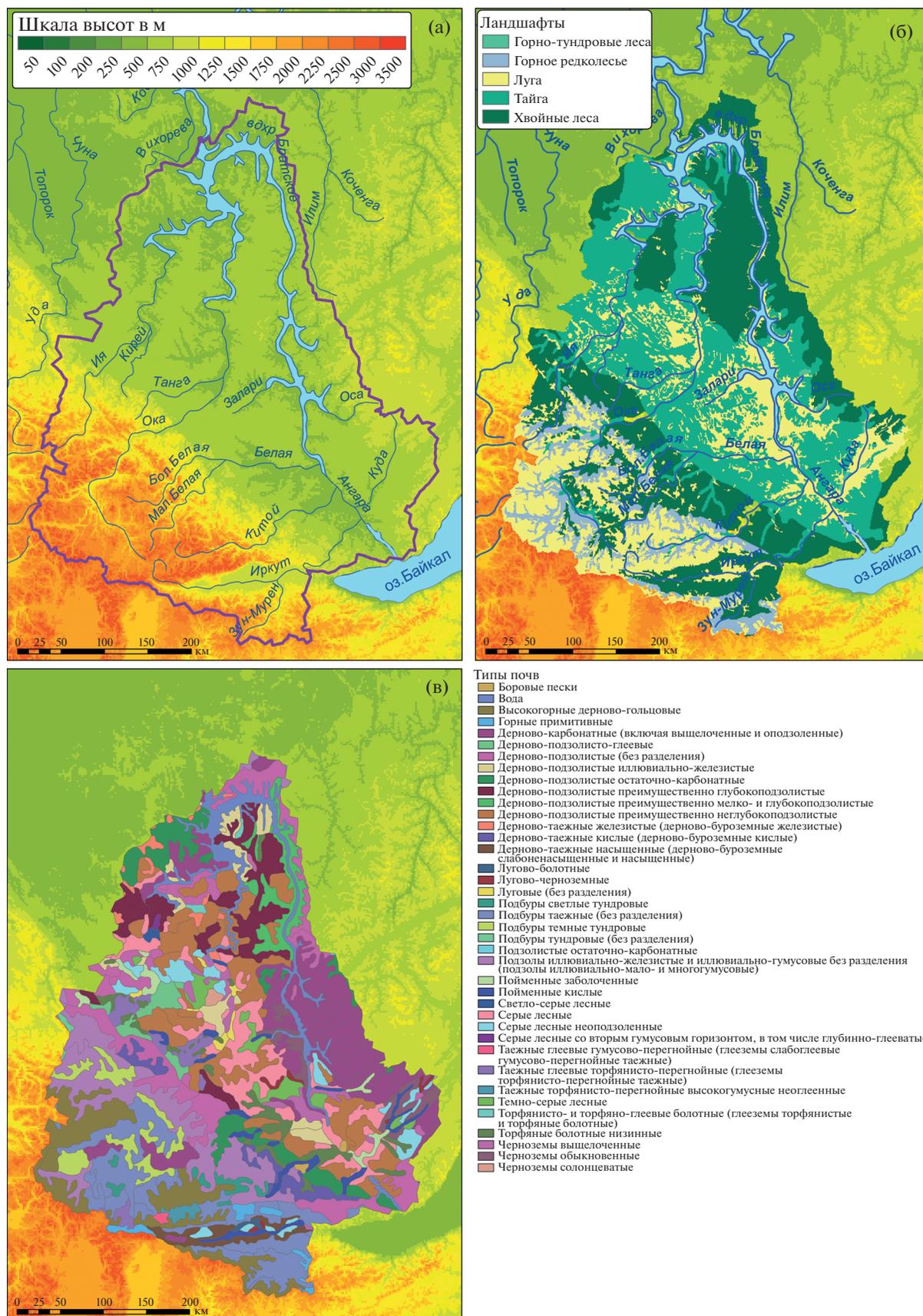


Рис. 2. Геоинформационное обеспечение модели: (а) цифровая модель рельефа; (б) цифровая ландшафтная карта; (в) цифровая почвенная карта.

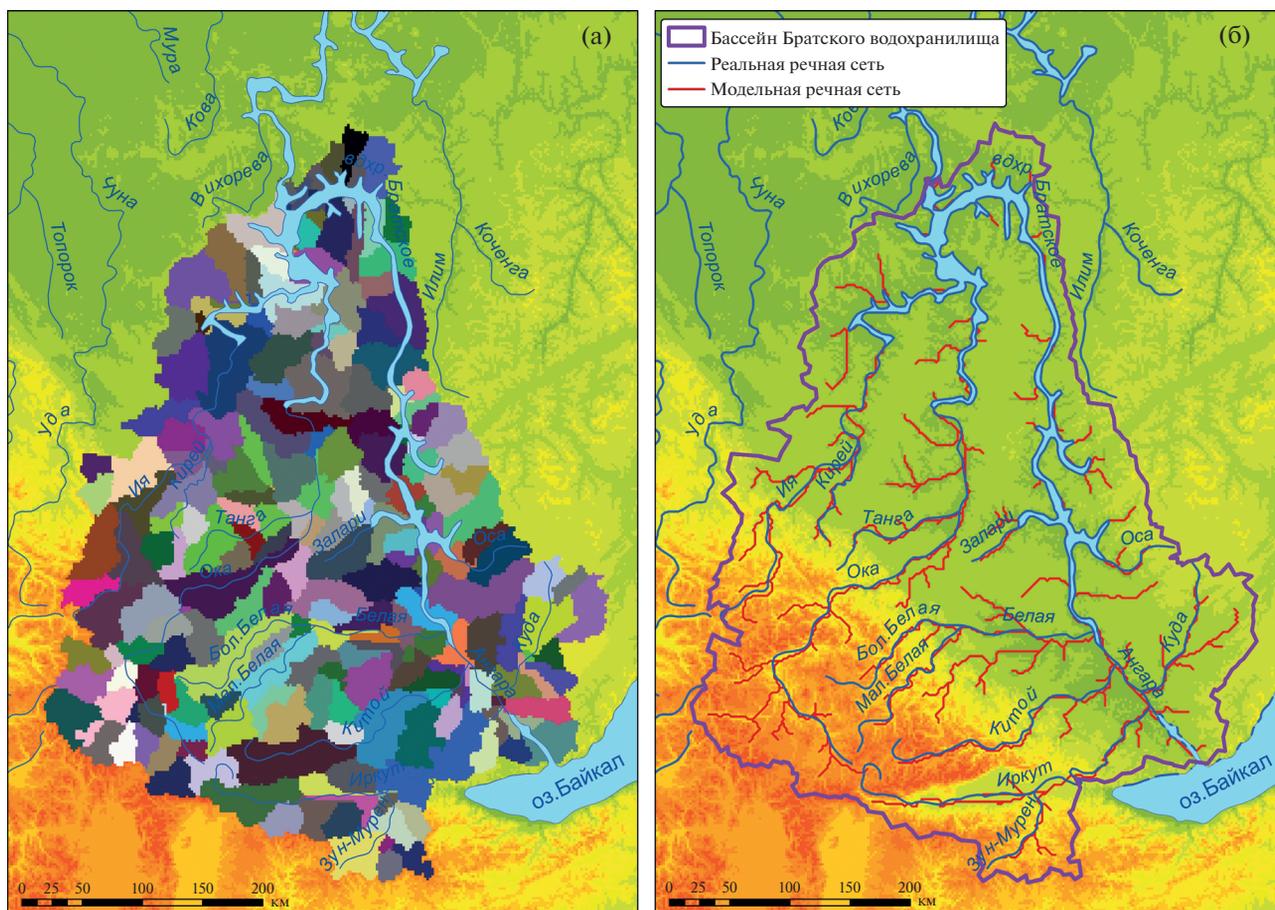


Рис. 3. Модельная схематизация водосборной площади (а) и речной сети (б) в бассейне р. Ангары.

ческих постах исследуемых рек (см. табл. 1, рис. 4) за период с 1966 по 2019 г. К сожалению, из-за известных проблем с доступностью гидрологической информации в Российской Федерации, в собранных рядах наблюдений имеются систематические пропуски, в частности, в периоды с 1989 по 2007 г., а также для некоторых гидропостов в 2018–2019 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЧНОГО СТОКА ЛЕВОБЕРЕЖНЫХ ПРИТОКОВ р. АНГАРЫ ПО ДАННЫМ МНОГОЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ ДО 2019 ГОДА

Калибровка параметров модели ЕСОМАГ проводилась по рядам среднесуточных расходов воды на гидропостах для периода 2008–2014 гг., а валидация выполнялась для периодов 1966–1989, 2015–2018 гг. Большая часть параметров модели задавалась из баз данных характеристик почв, растительности и речных бассейнов. Несколько ключевых параметров подбирались путем калибровки модели. Целевая функция строилась на основе распространенного в гидрологических расчетах критерия Нэша–Сатклифа (NS), характе-

ризующего степень соответствия фактических и рассчитанных гидрографов:

$$NS = \frac{F_0^2 - F^2}{F_0^2}, \quad (1)$$

где $F_0^2 = \sum_i (Q_i - Q_{cp})^2$, $F^2 = \sum_i (Q_{i,p} - Q_i)^2$, $Q_{i,p}$ – рассчитанный по модели расход воды в i -е сутки, Q_i – фактический расход, Q_{cp} – средняя величина фактического расхода воды за период расчета. В идеальном случае, когда фактические и смоделированные гидрографы совпадают, значение $NS = 1$. Однако на практике $NS < 1$ (в том числе может быть и отрицательным значением). Результаты расчетов считаются хорошими при $NS > 0.75$ и удовлетворительными при $0.75 > NS > 0.35$. При $NS < 0.35$ результаты считаются неудовлетворительными.

В гидрологических расчетах по модели ЕСОМАГ на каждом временном шаге выполняется моделирование характеристик стока во всех ячейках речной сети, поэтому в рамках одного расчета имеется возможность одновременного сопоставления рассчитанных и измеренных гидрографов

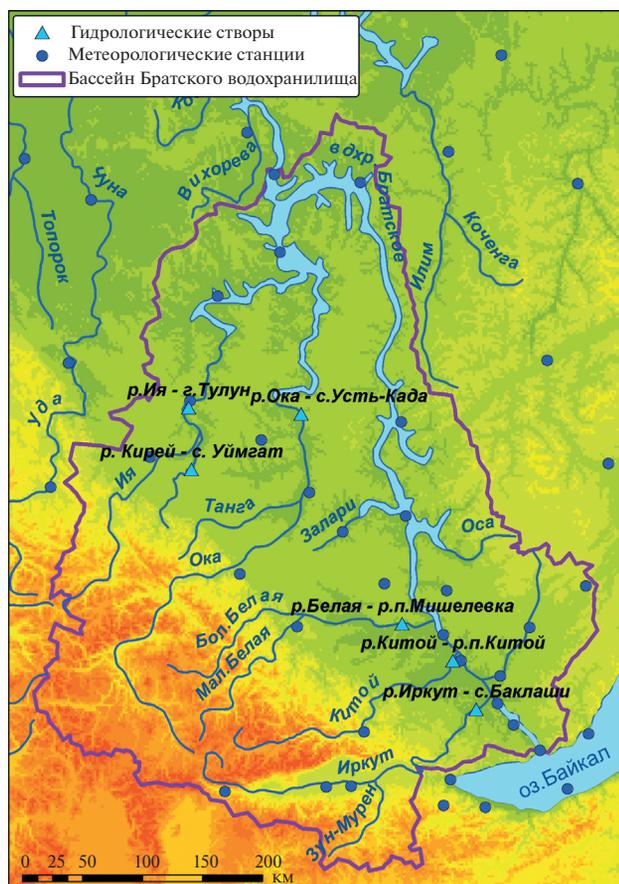


Рис. 4. Гидрометеорологическое обеспечение модели в бассейне Ангары.

во всех створах наблюдений и интегрального учета эффективности модели. Для этих целей нами использованы следующие два варианта задания критерия качества расчетов:

– осредненный критерий в виде $NS_{\text{mean}} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M NS_i$, где M – количество пунктов сравнения;

– средневзвешенный критерий NS_{total} в виде (1), в котором $F_0^2 = \sum_k \sum_i (Q_{i,k} - Q_{\text{cp}})^2$, $F^2 = \sum_k \sum_i (Q_{i,k,p} - Q_{i,k})^2$, $Q_{i,k,p}$ – рассчитанный по модели расход воды в i -е сутки в k -м пункте сравнения, $Q_{i,k}$ – фактический расход в i -е сутки в k -м пункте сравнения, $Q_{\text{cp}} = \frac{1}{MN} \sum_k \sum_i Q_{i,k}$ – средневзвешенная по всем пунктам сравнения M величина фактического расхода воды за период расчета в N сут.

Если в первом случае всем гидропостам придаются равные веса, то во втором случае большие веса придаются гидропостам с большими среднегодовыми расходами.

На предварительном этапе калибровки и валидации модели было установлено, что можно подобрать наборы параметров, которые дают достаточно высокие значения перечисленных выше модификаций критерия NS , однако соответствие фактических и рассчитанных максимальных годовых расходов в расчетных створах получается при этом не очень хорошее. Поскольку учет именно этой гидрологической характеристики представляется наиболее важным при оценках риска наводнений в рамках рассматриваемой задачи, калибровка параметров модели выполнялась по составному критерию:

$$NSM = (1 - NS_{\text{mean}}) + \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{|Q_{\text{max}, f_i} - Q_{\text{max}, c_i}|}{Q_{\text{max}, f_i}}, \quad (2)$$

где Q_{max} – фактические (f) и рассчитанные (c) среднееголетние максимальные расходы воды в i -том створе. Данный критерий помимо обычного критерия соответствия гидрографов Нэша–Сатклифа дополнительно учитывает отклонение фактических и рассчитанных максимальных годовых расходов за период сравнения.

Региональная модель была откалибрована и верифицирована по многолетним рядам гидрологических наблюдений в области, включающей 6 левобережных притоков р. Ангары (рр. Ия, Кирей, Ока, Белая, Китой и Иркут) (табл. 2). Расчеты показали, что для большей части гидропостов значения критериев для калибровочной и проверочной серии не сильно отличаются между собой, что говорит об устойчивости параметров модели. Кроме того, оценки точности модельных расчетов по критерию NS показали, что для 5-ти из 6-ти гидрологических постов результаты моделирования можно признать удовлетворительными. В то же время низкие значения оценок для рр. Китой и Иркут свидетельствуют о недостаточной эффективности модели формирования стока для этих притоков, возможно, из-за больших погрешностей в задании осадков по данным разреженной сети метеорологических наблюдений. Проведение численных экспериментов для этих притоков с ненадежными оценками критериев соответствия может привести и к ненадежным выводам, поэтому эти 2 притока в дальнейшем были исключены из анализа при проведении численных экспериментов.

В табл. 3 приведены оценки погрешностей расчета максимальных расходов левобережных притоков р. Ангары. Из материалов таблицы следует, что относительные погрешности расчета среднееголетних максимальных годовых расходов на 4-х рассматриваемых бассейнах не превышают 10%. Погрешности расчета абсолютных среднесуточных максимумов стока на гидро-

Таблица 2. Значения критериев Нэша–Сатклифа для калибровочной и проверочной серии расчетов

Река, пункт	Площадь водосбора, км ²	Калибровка 2008–2014	Валидация 1966–1989
Ия, г. Тулун	14500	0.66	0.61
Кирей, с. Уйгат	2950	–	0.63
Ока, с. Усть-Када	33400	0.68	0.60
Белая, р.п. Мишелевка	14000	0.56	0.60
Китой, с. Китой	8420	0.36	0.63
Иркут, с. Баклаши	14000	0.04	–

постях за рассматриваемый период наблюдений лежат в диапазоне от 4 до 16%.

На рис. 5 приведены примеры гидрографов на гидропостях за 4 года из калибровочной и проверочной серии расчетов.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАВОДКОВ НА ЛЕВОБЕРЕЖНЫХ ПРИТОКАХ р. АНГАРЫ В 2019 ГОДУ

Ключевыми факторами формирования дождевых паводков в теплый период года является предшествующая увлажненность водосбора, а также количество, продолжительность осадков и их пространственное распределение. Ввиду низкой плотности сети гидрометеорологического мониторинга в регионе, пространственно-временной анализ условий формирования экстремального паводка 2019 г., и в первую очередь распределения влажности почвы и осадков на исследуемой территории, выполнялся на основе пространственного моделирования элементов гидрологического цикла с помощью модели ECOMAG.

Снежный покров. На рис. 6 показан рассчитанный по данным метеорологических наблюдений временной ход формирования и разрушения снежного покрова вблизи г. Тулун за период 2015–2019 гг. Из материалов рис. 6 видно, что за

осенне-зимний сезон 2018–2019 гг. сформировались минимальные за рассматриваемый период максимальные запасы воды в снежном покрове. Проанализируем этот сезон более подробно. Согласно расчетам, устойчивый снежный покров установился 1 декабря 2018 г. Активное нарастание запасов воды в снеге происходило до середины февраля 2019 г., достигнув максимальной величины 41 мм, после чего отмечалось некоторое снижение снеготолщины за счет испарения. Интенсивное таяние началось со второй декады марта, и к началу первой декады апреля снег большей частью растаял. По данным Иркутского УГМС, на агрометеостанции “Тулун” в 2018 г. устойчивый снежный покров образовался 1 декабря, снеготаяние началось 3 марта 2019 г., а дата разрушения устойчивого снежного покрова – 3 апреля 2019 г. Максимальный запас воды в снеге за период с декабря 2018 г. по апрель 2019 г. по данным наблюдений составил 46 мм в поле и 41 мм в лесу. Таким образом, даты характерных фаз залегания снежного покрова и величины максимальных снеготолщин в районе г. Тулун по модельным расчетам и по данным наблюдений оказались близки между собой. Кроме того, как показали результаты моделирования снеготолщин за многолетний период, максимальное содержание воды в снежном покрове в 2019 г. было значительно

Таблица 3. Фактические и рассчитанные максимальные годовые расходы на левобережных притоках за период наблюдений с 1966 г.*

Река, пункт	Кол-во лет наблюдений	Q _{max mean} факт	Q _{max mean} модель	Отн. ошибка, %	Q _{max} факт	Q _{max} модель	Отн. ошибка %
1	2	3	4	5	6	7	8
Ия, г. Тулун	35	1009	1025	2	4040	3894	4
Кирей, с. Уйгат	23	292	267	9	931	785	16
Ока, с. Усть-Када	31	1875	1841	2	4530	4741	5
Белая, р.п. Мишелевка	30	1148	1121	2	2820	2490	12

* В 3-м и 4-м столбцах приведены среднеегодевные максимальные расходы за период наблюдений, указанный во 2-м столбце, в 5-м – относительная погрешность расчета Q_{max mean}, в 6-м и 7-м – абсолютные среднесуточные максимумы расходов за период наблюдений, в 8-м – относительная погрешность расчета Q_{max}.

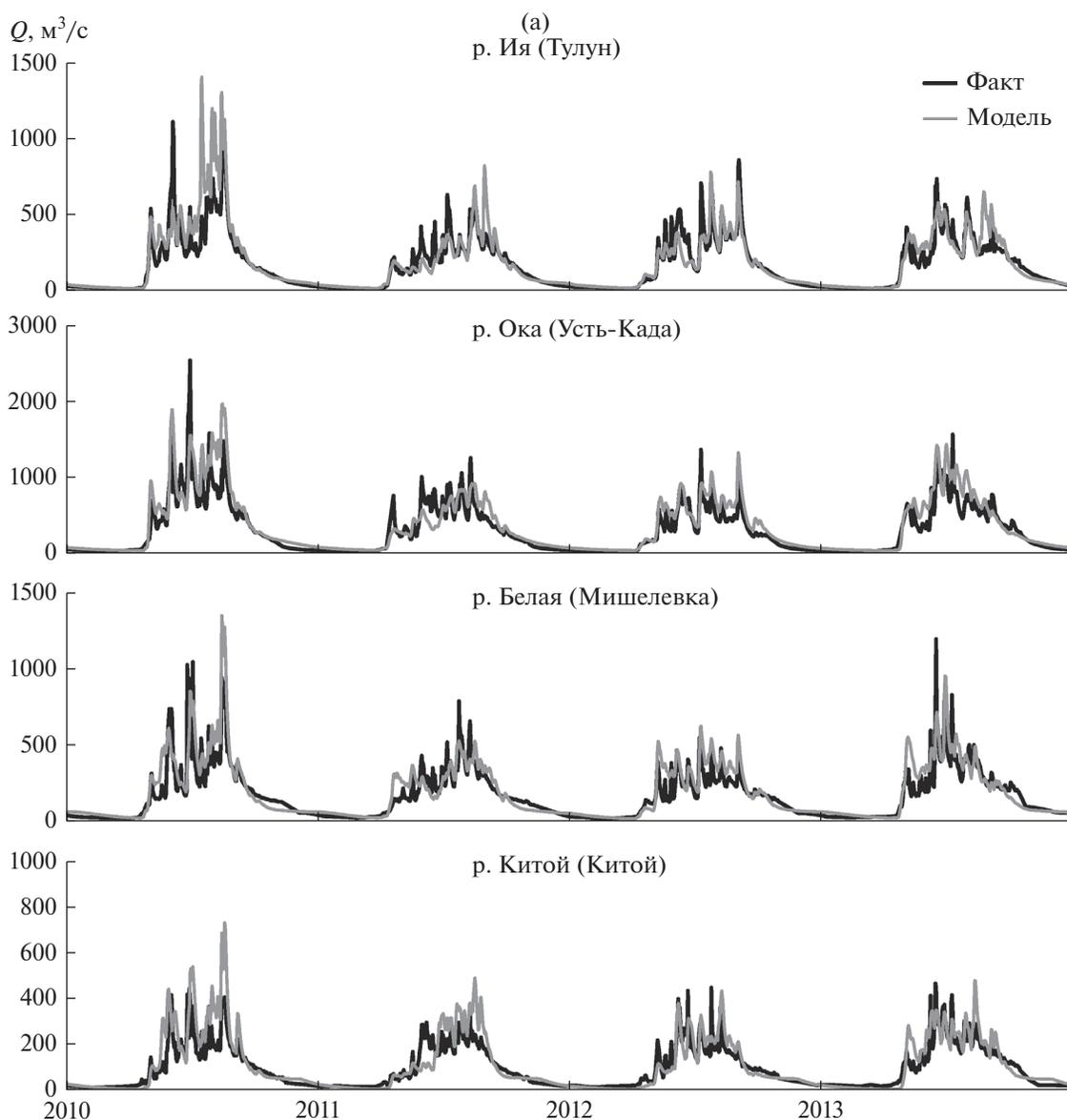


Рис. 5. Фактические и рассчитанные гидрографы на левобережных притоках Ангары за 4 года из: (а) периодов калибровки (2010–2013) и (б) валидации модели (1984–1987).

ниже его среднегодовой нормы, поэтому ни снеготаяние, ни весеннее половодье на р. Ия не могли оказать непосредственного влияния на формирование катастрофических паводков в июне–июле 2019 г.

Влажность почвы. Анализ хода рассчитанной влажности почвы у г. Тулун (см. рис. 6) за период 2015–2019 гг. показывает, что в результате влажного лета 2018 г. в осенне-зимний период 2018–2019 гг. в окрестностях Тулуна установилось высокое увлажнение почвы (временные отрезки с постоянной влажностью на графике характеризуют зимнее увлажнение промерзшей почвы в различные годы). Снеготаяние весной 2019 г. и обильные осадки в мае–июне поддерживали вы-

сокую влажность почвы, близкую к наименьшей полевой влагоемкости. Пространственная картина высокого увлажнения речных бассейнов подтверждается рассчитанными по модели ежедневными полями влажности почвы для всей водосборной территории. Результат таких расчетов на 25 июня 2019 г. (первый дождливый день катастрофического паводка) приведен на рис. 7. Чтобы исключить влияние различных типов почв на степень их увлажнения, при построении полей влажности почвы содержание влаги нормировалось на величину наименьшей полевой влагоемкости. На значительной части бассейна, особенно на западе территории в районе водосбора р. Ия, влажность почвы была близка к наимень-

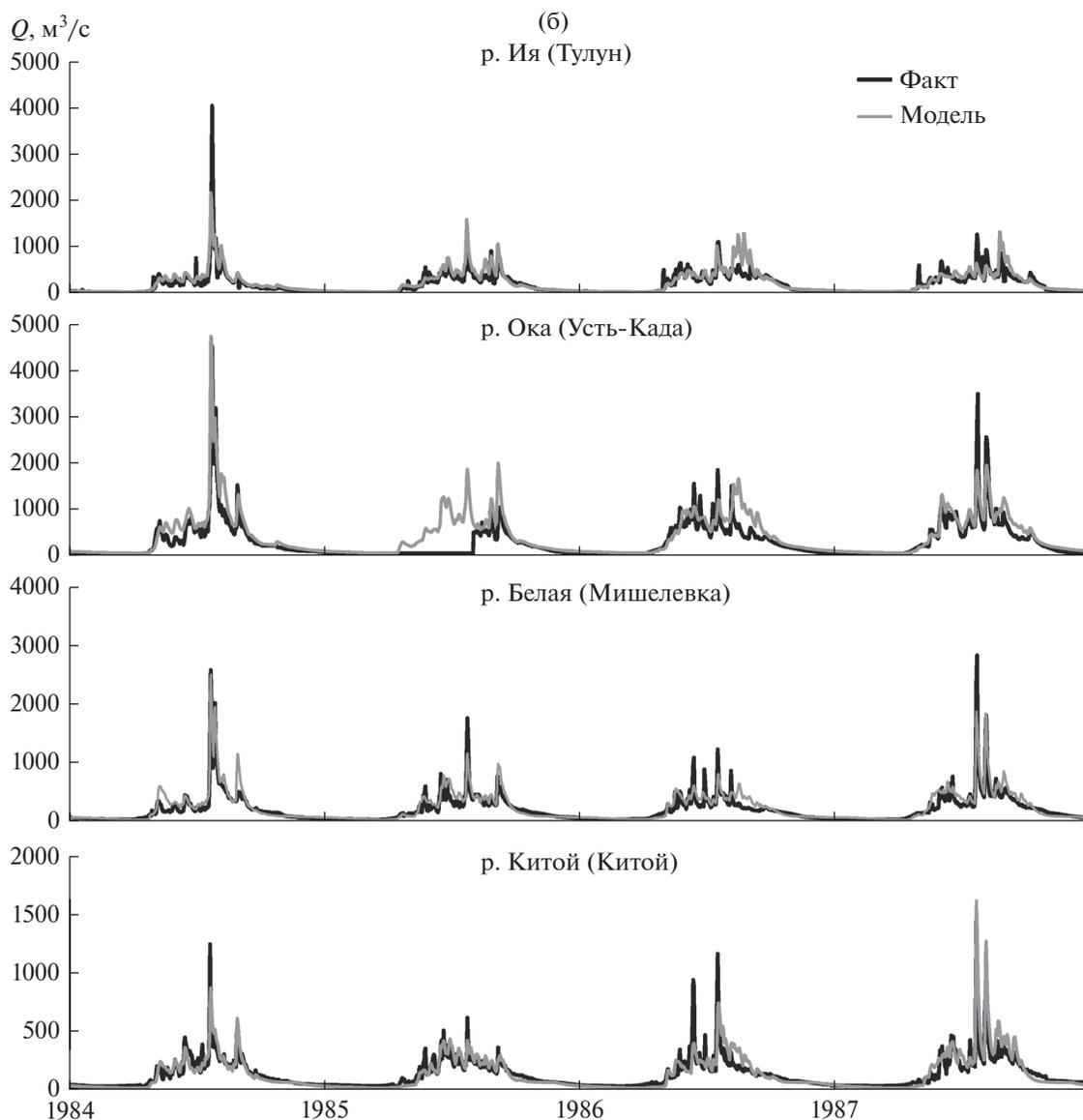


Рис. 5. Окончание.

шей полевой влагоемкости или даже превышала ее (переувлажненная почва). Менее влажными оставались области на востоке бассейна, ближе к устьевой части левобережных притоков р. Ангары. Очевидно, что в условиях переувлажненной почвы в период первой волны паводка потери стока на впитывание в почву на значительной части территории бассейна и, в частности, на водосборе р. Ия были минимальны, что стало важным фактором формирования высокого паводка. Аналогичная картина, согласно расчетам, сформировалась и перед второй волной паводка в конце июля 2019 г.

Осадки. И, наконец, главный фактор формирования катастрофического паводка на левобережных притоках Ангары – величина и простран-

ственное распределение слоя осадков за паводковые периоды. На рис. 8 слева приведено оцененное моделью поле суммарных осадков по данным наблюдений на метеостанциях за период 25–27 июня 2019 г., сформировавших первую волну паводка, а справа – поле осадков за период 26–28 июля во время второй волны паводка. В июне наиболее мощные осадки выпали в горной и предгорной части бассейна р. Ия (свыше 200 мм). Так, на метеостанциях “Тулун” и “Икей” за три дня выпало соответственно 81 и 217 мм осадков, что значительно (до трех раз) превышало месячную норму. По некоторым сведениям, в п. Аршан в среднем течении р. Ия выпало около 250 мм осадков. Такие суммы осадков за короткий промежуток времени превышали наблюдаемые исто-

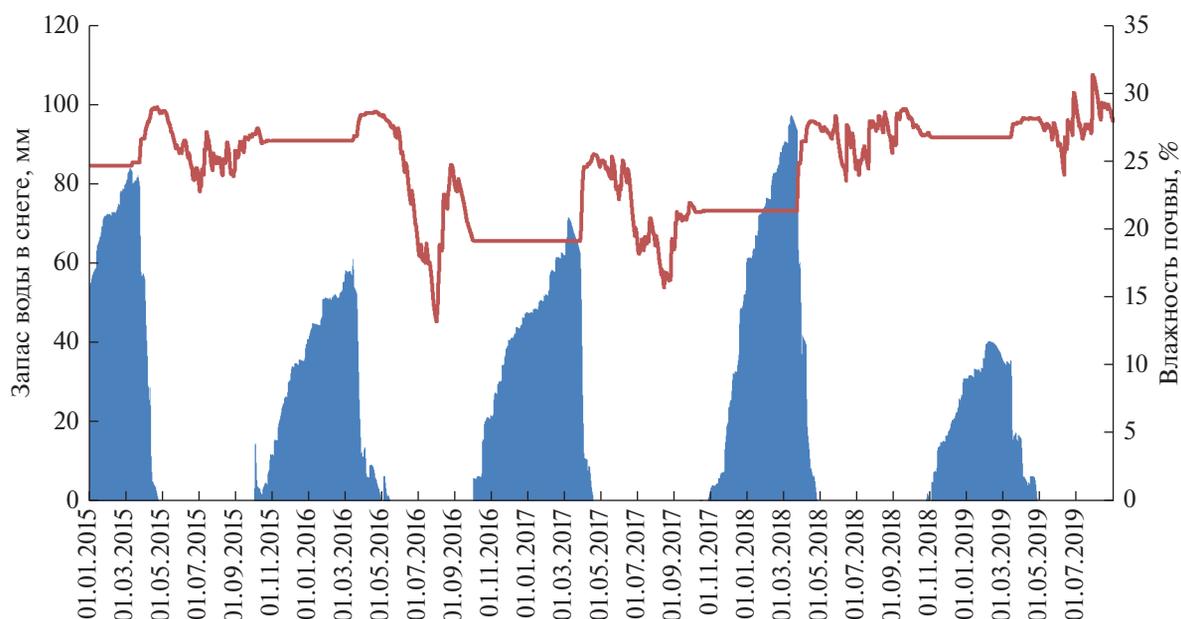


Рис. 6. Рассчитанный ход запасов воды в снежном покрове и влажности почвы за период 2015–2019 гг. в районе г. Тулун.

рические максимумы. Сильные дожди выпали и на центральную часть рассматриваемой территории (водосбор р. Оки). На юге, юго-востоке и севере бассейна осадки были более умеренными.

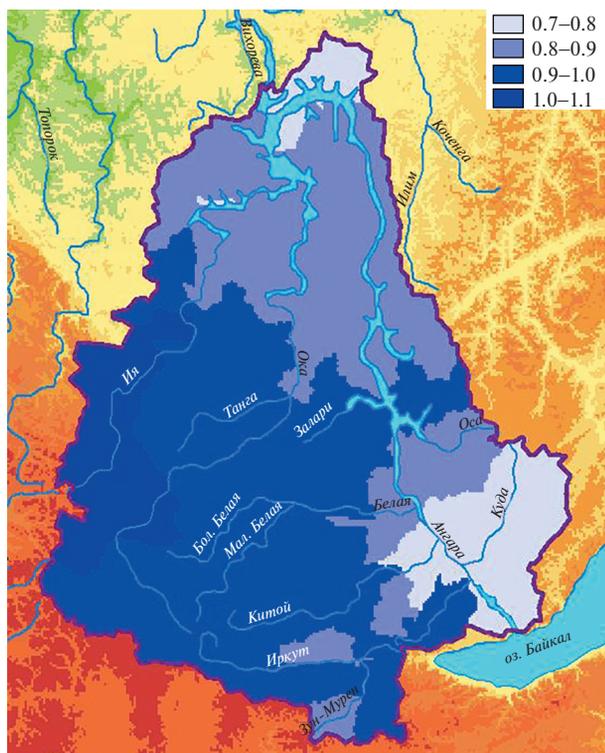


Рис. 7. Рассчитанное поле нормированной влажности почвы в бассейне Ангары на 25 июня 2019 г.

В июле в период второй волны паводка в очагах с максимальными суммами осадков в целом выпадали менее интенсивные осадки по сравнению с первой волной, а пространственное распределение слоя осадков было более равномерным. Зона осадков максимальной интенсивности сосредоточилась в центральной части бассейна с постепенным убыванием слоя осадков в южном и северных направлениях.

Паводки. Смоделированные гидрографы стока на левобережных притоках Ангары в паводковый период лета 2019 г. показаны на рис. 9. На рр. Ие (г. Тулун) и Кирей (с. Уйгат) максимальные расходы сформировались во время первой волны паводка, что обусловлено сочетанием факторов переувлажненной почвы и экстремальными осадками в горной и предгорной частях бассейна р. Ия (значения рассчитанных максимумов паводков и даты их прохождения в 2019 г. на левобережных притоках Ангары приведены в табл. 4). Согласно расчетам по модели в этот период на р. Ия сформировались максимальные за весь период наблюдений расходы. Так, в г. Тулун значение максимального среднесуточного расхода паводка, вызвавшего жертвы и значительные разрушения, составило $5640 \text{ м}^3/\text{с}$. Максимальные расходы гидрографов на рр. Оке (с. Усть-Када) и Белой (р.п. Мишелевка) сформировались во время второй волны паводка, а осадки первой июньской волны не вызвали экстремальных паводков на этих реках.

Модель адекватно воспроизводит даты прохождения максимальных расходов на реках (в первую или во вторую волну паводка), опреде-

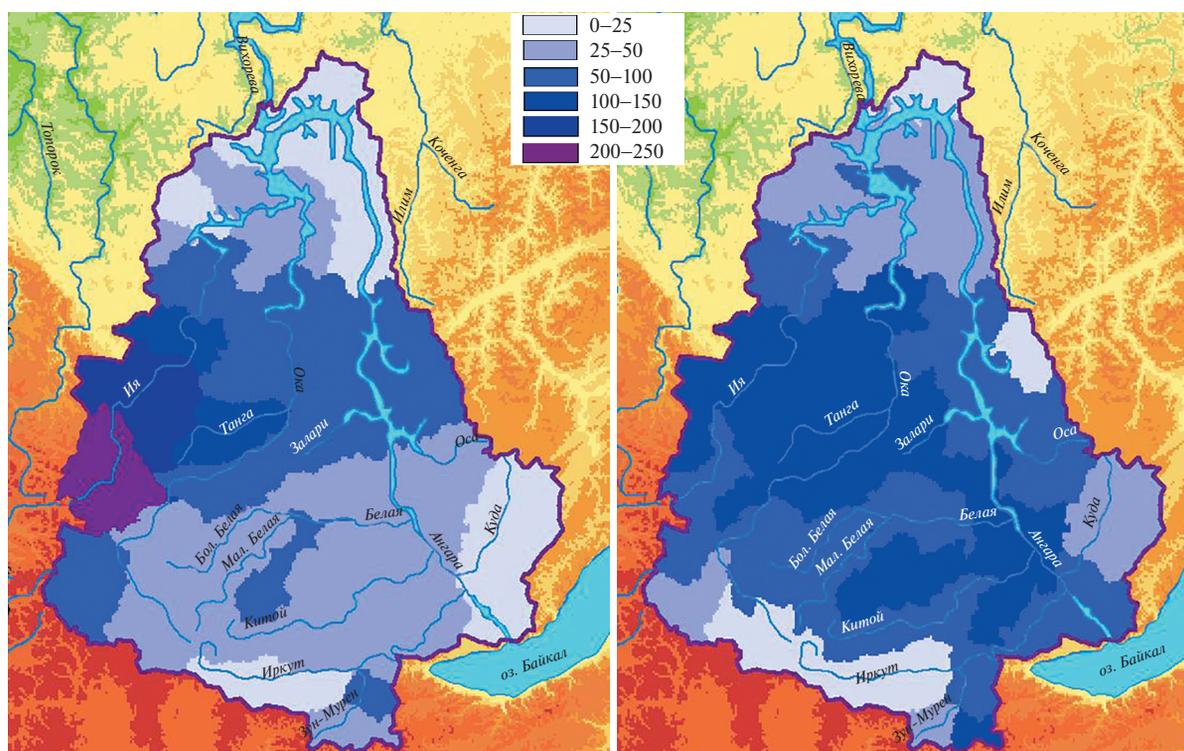


Рис. 8. Рассчитанные поля сумм осадков в бассейне Ангары за периоды первой (25–27 июня 2019 г., слева) и второй (26–28 июля 2019 г., справа) волн паводка.

ленные по данным наблюдений за уровнем воды. Рассчитанные и фактические даты прохождения пиков паводков отличаются не более чем на сутки. Таким образом, можно заключить, что модель адекватно воспроизводит указанные пространственно-временные особенности формирования паводков 2019 г.

ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Пространственно распределенная модель ЕСОМАГ была адаптирована для расчетов формирования стока на левобережных притоках р. Ангары с едиными для всех речных бассейнов параметрами характеристик подстилающей поверхности. Своеобразие частных водосборов отдельных притоков отражается в модели сочетани-

ем в них и пространственным распределением конкретных типов почв, растительности, рельефа, уклонов, структуры речной сети и метеорологических условий. Модель была откалибрована и верифицирована по многолетним (35 лет) рядам гидрометеорологических наблюдений. Статистические оценки погрешности расчетов среднесуточных расходов воды показали, что для 5 из 6 гидрологических постов результаты моделирования можно признать удовлетворительными по критерию Нэша–Сатклифа.

Оценки погрешностей расчета среднемноголетних максимальных расходов на рр. Ия, Кирей, Ока, Белая получились не больше 10%. Погрешности расчета максимальных расходов на этих

Таблица 4. Рассчитанные и предварительно оцененные Росгидрометом по данным наблюдений значения максимальных расходов паводков и даты их прохождения в 2019 г. на левобережных притоках Ангары

Река, пункт	Модель Q_{\max} , м ³ /с	Модель Дата	Наблюдения Q_{\max}	Наблюдения Дата
Ия, г. Тулун	5640	28.06	—	29.06
Кирей, с. Уйгат	1570	27.06	—	—
Ока, с. Усть-Када	3840	30.07	3610	1.08
Белая, р.п. Мишелевка	2600	30.07	2320	31.07

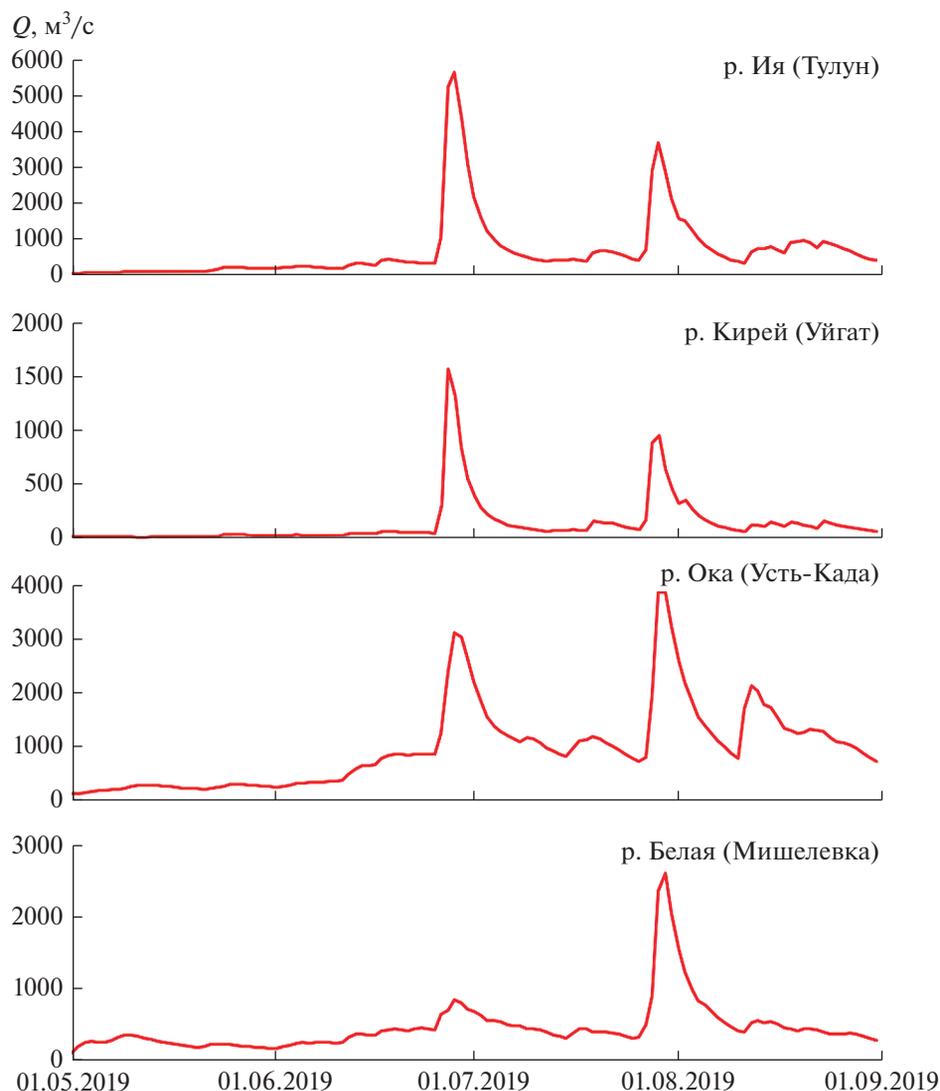


Рис. 9. Рассчитанные гидрографы стока на левобережных притоках Ангары в 2019 г.

гидропостах за период наблюдений лежат в диапазоне от 4 до 16%.

2. Пространственное моделирование факторов формирования экстремальных паводков 2019 г. на рассматриваемой территории в предшествующий паводковой ситуации период показало, что:

- максимальные запасы воды в снежном покрове весной 2019 г. были ниже среднееголетних норм, поэтому и снеготаяние, и весеннее половодье на левобережных притоках Ангары непосредственно не могли оказать существенного влияния на формирование катастрофических паводков в июне–июле 2019 г.;

- высокое предзимнее увлажнение почв, весеннее снеготаяние и обильные осадки в мае–июне 2019 г. сформировали на значительной части территории, особенно на западе, в районе водосбора р. Ия, высокую влажность почвы, близкую к наи-

меньшей полевой влагоемкости или даже превышающую ее (переувлажненные почвы). В этих условиях в период первой волны паводка потери стока на впитывание в почву на значительной части бассейна и, в частности, на водосборе р. Ия были минимальны, что послужило дополнительным фактором формирования высокого паводка. Аналогичная картина увлажнения почвы, близкого к наименьшей полевой влагоемкости, согласно расчетам сформировалась и перед второй волной паводка;

- главный фактор формирования катастрофического паводка на р. Ия – величина и пространственное распределение слоя осадков за паводковые периоды. В горных и предгорных участках бассейна р. Ия в конце июня выпали мощные осадки (свыше 200 мм), превысившие наблюдаемые исторические максимумы. Достаточно силь-

ные дожди выпали и на центральную часть бассейна (водосбор р. Оки). В период второй волны паводка в конце июля в целом выпадали менее интенсивные осадки, но пространственное распределение осадков было более равномерным.

Таким образом, основными факторами формирования катастрофических паводков на р. Ия в 2019 г. по результатам моделирования являются экстремальные осадки и переувлажненные почвы перед выпадением осадков, обуславливающие высокие коэффициенты стока.

3. Согласно модельным расчетам, на западе рассматриваемой территории бассейна Ангары на водосборе р. Ия в период июньского паводка 2019 г. сформировался выдающийся паводок, максимальный расход которого значительно превысил исторический максимум за период наблюдений и составил 5640 м³/с. На р. Оке рассчитанный максимальный расход июньского паводка не превышал исторических значений. На р. Белой июньский паводок не был высоким. Такая пространственная картина прохождения паводка в регионе тесно коррелирует с полем осадков за 25–27 июня (см. рис. 8). В период прохождения второй волны паводка в регионе в конце июля – начале августа сформировалась обратная картина: на водосборе р. Ия максимумы были ниже июньских значений, а на рр. Оке и Белой прошли максимальные в 2019 г. расходы, которые не превышали максимальных расходов за период наблюдений. При сопоставлении рассчитанных максимальных расходов с предварительными оценками Росгидромета на двух гидропостах (р. Ока – с. Усть-Када, р. Белая – р.п. Мишелевка) получены близкие значения (различия в 6 и 12%).

Таким образом, можно заключить, что разработанная региональная гидрологическая модель адекватно воспроизводит пространственно-временные особенности формирования катастрофического паводка 2019 г. на исследуемых левобережных притоках р. Ангары. Разработанная технология имеет высокий потенциал как в части расширения географии применения – за счет включения притоков рр. Китой и Иркут, а также других крупных паводкоопасных притоков р. Ангары ниже Братского водохранилища (рр. Уда, Бирюса и др.) – так и в области ее использования – для повышения качества гидроинформационной поддержки при разработке стратегии, планирования и реализации дорожающих водохозяйственных мероприятий, направленных на снижение рисков наводнений.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Информационная база для построения гидрологической модели создана в рамках исследований по теме

Госзадания Института водных проблем РАН № 0147-201900003.

FUNDING

The information base for constructing a hydrological model was created within the state-ordered research theme no. 0147-201900003 of the Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беднарук С.Е., Мотовилов Ю.Г.* Технология информационной поддержки при управлении каскадами водохранилищ // Гидротехническое строительство. 2017. № 7. С. 22–35.
- Булыгина О.Н., Веселов В.М., Разуваев В.Н., Александрова Т.М.* Описание массива срочных данных об основных метеорологических параметрах на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620549. 2014. <http://meteo.ru/data/163-basic-parameters#описание-массива-данных> (дата обращения 20.01.2020).
- Задонина Н.В., Леви К.Г.* Хронология природных и социальных феноменов в Сибири и Монголии. Иркутск: Изд-во Иркутского гос. ун-та, 2008. 759 с.
- Зайков Б.Д.* Высокие половодья и паводки на реках СССР за историческое время. Л.: Гидрометеоздат, 1954. 135 с.
- Иркутская летопись // Тр. Восточно-Сибирского отдела Русского географического общества. 1914. № 8. 418 с.
- Макарьева О.М.* Результаты моделирования паводка на реке Ия – Тулун. 2019. https://vk.com/other_hydrology-rezultaty-modelirovaniya-pavodka-na-reke-iyatulun (дата обращения 20.01.2020).
- Мисюркеев Ю.А., Марасанов М.Г., Кичигина Н.В.* Риск затопления и подтопления Иркутской области и анализ ущербов от них // Водные ресурсы Байкальского региона: проблемы формирования и использования на рубеже тысячелетий: Материалы науч.-практ. конф. / науч. ред. С.С. Тимофеева. Иркутск: Изд-во Иркутского гос. ун-та, 1998. Т. 1. С. 153–156.
- Мотовилов Ю.Г., Гельфан А.Н.* Модели формирования стока в задачах гидрологии речных бассейнов. М.: РАН, 2018. 300 с. <https://doi.org/10.31857/S9785907036222000001>
- Разумов В.В., Разумова Н.В., Пчелкин В.И.* Масштабы и опасность наводнений в Сибирском регионе России // Наука. Инновации. Технологии. 2015. № 4. С. 103–144.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Л.: Гидрометеоздат, 1972. Т. 16. Вып. 2. 400 с.
- Селиверстов Ю.Г.* Саяны и горы Тувы. 2003. <http://www.geogr.msu.ru/avalanche/regions/als/sa.doc/sa.htm> (дата обращения 20.01.2020).
- Шаликовский А.В., Лепихин А.П., Тиунов А.А., Курганович К.А., Морозов М.Г.* Наводнения в Иркутской области 2019 года // Водное хозяйство России. 2019. № 6. С. 48–65.

Motovilov Y., Gottschalk L., Engeland L., Rodhe A. Validation of a distributed hydrological model against spatial

observation // Agric. Forest Meteor. 1999. V. 98–99. P. 257–277.

Catastrophic Floods in the Angara River Basin in 2019: Modeling the Conditions of Formation and Water Regime of Rivers

Yu. G. Motovilov^{1,*}, A. N. Gelfan^{1,2}, and V. O. Polyanin¹

¹Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia

*e-mail: motol49@yandex.ru

The main factors of extraordinary rainfall floods formation on the Angara River left tributaries in the summer of 2019, which caused catastrophic floods in the Irkutsk oblast, were investigated. On the basis of information modeling system, the core of which is a physically based model of runoff formation ECOMAG, a spatial distributed regional hydrological model was developed. The model performance was evaluated against the long-term (35 years) data of hydrometeorological observations in the five river basins of the region. It was found that the simulated stream flow hydrographs and the peak flow values fit satisfactorily (in terms of the assigned statistical criteria) to the corresponding observations. Based on the spatial modeling results, fields of the hydrological cycle characteristics (precipitation, snow water equivalent, soil moisture) in the upper Angara basin in the summer of 2019 were analyzed. It was shown that the main factors in the formation of catastrophic floods on the Iya River were extreme precipitation combined with small losses of runoff for infiltration into preliminary saturated soils. The simulated peak flow discharge on the river near city of Tulun exceeded the historical maximum by 40% and amounted to 5640 m³/s. The spatial and temporal peculiarities of the two flood waves formation on the studied Angara River left tributaries in 2019 were analyzed.

Keywords: flood, rainfall flood, Angara River basin, Iya River, city of Tulun, hydrological modeling

REFERENCES

- Bednaruk S.E., Motovilov Yu.G. Technology of information support in the management of water reservoirs cascades. *Gidrotekhnicheskoe Stroitel'stvo*, 2017, no. 7, pp. 22–35. (In Russ.).
- Bulygina O.N., Veselov V.M., Razuvaev V.N., Aleksandrova T.M. *Opisanie massiva srochnykh dannykh ob osnovnykh meteorologicheskikh parametrah na stantsiyakh Rossii. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii bazy dannykh № 2014620549* [Description of the Urgent Data on the Main Meteorological Parameters at Russian Stations. Certificate of State Registration of the Database no. 2014620549]. 2014. Available at: <http://meteo.ru/data/163-basic-parameters#opisanie-massiva-dannyh> (accessed: 20.01.2020).
- Irkutskaya letopis'* [Irkutsk Chronicle]. Tr. Vostochno-Sibirskogo otdela Russkogo geograficheskogo obshchestva [Proc. of the East Siberian Dep. of the Russ. Geogr. Soc.]. Irkutsk, 1914, no. 8. 418 p.
- Makar'eva O.M. Results of flood modeling on the Iya River–Tulun. *Nestandartnaya Gidrologiya*, 2019. Available at: https://vk.com/@other_hydrology-rezultaty-modelirovaniya-pavodka-na-reke-iya-tulun (accessed: 20.01.2020). (In Russ.).
- Misyurkeev Yu.A., Marasanov M.G., Kichigina N.V. Flooding risk of the Irkutsk oblast and analysis of damages from them. In *Vodnye resursy baikal'skogo regiona: problemy formirovaniya i ispol'zovaniya na rubezhe tysyacheletii. Mat. nauchn.-prakt. konf.* [Water Resources of the Baikal Region: Problems of Formation and Use at the Turn of the Millennium. Mat. Sci.-Appl. Conf.]. Timofeev S.S., Ed. Irkutsk: Irkutsk. Gos. Univ., 1998, pp. 153–156. (In Russ.).
- Motovilov Yu.G., Gelfan A.N. *Modeli formirovaniya stoka v zadachakh gidrologii rechnykh basseinov* [Runoff Generation Models in River Basin Hydrology]. Moscow: RAN, 2018. 300 p.
- Motovilov Y., Gottschalk L., Engeland L., Rodhe A. Validation of a distributed hydrological model against spatial observation. *Agric. Forest Meteor.*, 1999, vols. 98–99, pp. 257–277.
- Razumov V.V., Razumova N.V., Pchelkin V.I. The magnitude and the risk of flooding in the Siberian region of Russia. *Nauka. Innovatsii. Tekhnologii*, 2015, no. 4, pp. 103–144. (In Russ.).
- Resursy poverkhnostnykh vod SSSR* [Surface Water Resources of the USSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1972, vol. 16, no. 2. 400 p.
- Seliverstov Yu.G. *Sayany i gory Tuvy* [Sayan and Mountains of Tuva]. 2003. Available at: <http://www.geogr.msu.ru/avalanche/regions/als/sa.doc/sa.htm> (accessed: 20.01.2020).
- Shalikovskii A.V., Lepikhin A.P., Tiunov A.A., Kurganovich K.A., Morozov M.G. The 2019 floods in Irkutsk oblast. *Vodnoe Khozyaistvo Rossii*, 2019, no. 6, pp. 48–65. (In Russ.).
- Zadonina N.V., Levi K.G. *Khronologiya prirodnykh i sotsial'nykh fenomenov v Sibiri i Mongolii* [Chronology of Natural and Social Phenomena in Siberia and Mongolia]. Irkutsk: Irkutsk. Gos. Univ., 2008. 759 p.
- Zaikov B.D. *Vysokie polovod'ya i pavodki na rekakh SSSR za istoricheskoe vremya* [High Rainfall and Snowmelt Floods on the Rivers of the USSR During Historical Time]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1954. 135 p.

УДК 911.5/9

ВКЛАД В.А. ПУЛЯРКИНА В ОТЕЧЕСТВЕННУЮ ГЕОГРАФИЧЕСКУЮ НАУКУ: К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

© 2021 г. Д. Л. Лопатников*

Институт географии РАН, Москва, Россия

**e-mail: imartos@mail.ru*

Поступила в редакцию 21.09.2020 г.

После доработки 09.10.2020 г.

Принята к публикации 22.12.2020 г.

В.А. Пуляркин был одним из тех, кто направил классическое страноведение в русло проблемного страноведения. Его интересовали цивилизации Азии, проблемы развития сельского хозяйства в развивающихся странах, глобальные проблемы человечества не только для осмысления географической картины мира. В.А. Пуляркин смотрел на мир и как географ, и как философ, увидев в Востоке главное – поиск основ мироздания. В.А. Пуляркин был убежденным сторонником единой географии. В основе всех его работ – триединство природы, населения и хозяйства. Он был одним из первых, кто рассматривал сочетание особых природных условий в низких широтах с относительной экономической отсталостью Юга в рамках ставшей теперь классической для мирохозяйственников “центро-периферической” модели.

Ключевые слова: единая география, проблемное страноведение, сельское хозяйство, развивающиеся страны, Азия, глобальные проблемы человечества, мировое хозяйство

DOI: 10.31857/S2587556621020072

Валерий Алексеевич Пуляркин (1930–2003) относится к плеяде ярких отечественных географов. Он оставил после себя весомое наследие: более 200 печатных работ, среди них несколько монографий. Многие из них переведены на иностранные языки: английский, французский, немецкий, китайский и др.

В 1952 г. Валерий Пуляркин с отличием закончил географический факультет МГУ и по рекомендации И.А. Витвера был принят на работу в отдел географии зарубежных стран ИГАН СССР. В Институте географии он проработал до своей кончины, т.е. более полувека. В 1955 г. В.А. Пуляркин защищает кандидатскую диссертацию “Кашмир: (Географическая характеристика)”, в 1972 г. докторскую – “Экономико-географические процессы в сельском хозяйстве развивающихся стран”. Должностная карьера: младший, старший и ведущий научный сотрудник.

Теперь о главном – о науке. Труды В.А. Пуляркина никогда не были конъюнктурными – ни ранние, ни поздние. В период стремительной дифференциации советской географической науки он пишет свои первые научные работы: монографии “Кашмир” (Пуляркин, 1956), “Цейлон” (Пуляркин, 1959), “Западный Пакистан” (Пуляркин, 1962), “Афганистан” (Пуляркин, 1964), которые намного ближе к традициям антропогеографии, чем к мейнстримным трудам экономико-географов того времени. Сказалось влияние его

учителя – И.А. Витвера. Все они написаны в рамках детерминистского триединства природы, населения и хозяйства. По прошествии полувека эти ранние работы В.А. Пуляркина не потеряли актуальность. Мир в целом и Зарубежная Азия, в частности, изменились до неузнаваемости. Но при этом многие политические, экономические, социальные, этнические, религиозные, экологические и иные проблемы Азии очень консервативны. Как и раньше, так и сегодня по-настоящему их нужно рассматривать только в рамках регионального пространственно-временного единства.

В.А. Пуляркин был открытым сторонником “единой географии”, исходя из постулата, что если география – целостная наука, то она не может быть ни естественной, ни гуманитарной, “она вместе и то, и другое” (Пуляркин, 2005, с. 25). Он с редкой смелостью выдвигал свои яркие контраргументы против господствующих в советское время оценок трудов А. Геттнера и Д.Н. Анучина. Впоследствии, в более поздних трудах триединство “природа–население–хозяйство” стало базовым при выделении типов взаимодействия человека с окружающей средой и стратегий природопользования в развивающихся странах с быстрым ростом населения (Блохин и др., 1995; Пуляркин, Егоров, 2000).

Будучи латентным и не вульгарным детерминистом, В.А. Пуляркин был одним из тех, кто вместе с В.М. Гохманом и Я.Г. Машбицем возро-

дил лучшие традиции страноведения — дореволюционный стержень отечественной географии. Давалось это непросто, поперек реалиям, господствовавшим в советской географической науке. Отношение к ней впоследствии он четко сформулировал в статье “История географических идей в кривом зеркале советских географов-теоретиков” (Пуляркин, 2001). Одно название чего стоит. Будучи человеком глубоко интеллигентным и деликатным, он был тверд и никогда не поддавался соблазну конъюнктуры текущего момента. Ко времени этому поучиться. Вместе с В.М. Гохманом и Я.Г. Машбицем В.А. Пуляркин убедительно доказывал актуальность страноведения, добавив только одно, но ключевое для его возрождения слово — “проблемное” (Пуляркин, 1998). Одновременно он открыто выступал против идеологизации географической науки, что в советское время могло расцениваться как диссидентство.

Как ранние, так и поздние труды Валерия Алексеевича Пуляркина глубоко индуктивны. Осмысливая его статьи или монографии, трудно ответить на вопрос, кто он больше — преданный географии ученый или философ. Любая философия по своей природе — наднаучное знание, попытка подняться выше науки. Его интересовали любимые им цивилизации Азии, глобальные проблемы человечества не как таковые и не только для осмысления географической картины мира. Изучая Азию как географ, он не мог со своим уровнем интеллекта и мировосприятия проглядеть главное на Востоке — поиск основ мироздания.

С другой стороны, в лучших традициях классической гегелевской диалектики, двигаясь от общего к особенному, В.А. Пуляркин всячески подчеркивал, что ключевой объект географических исследований — отдельные территории, ландшафты, а главная научная задача географа — выявление их уникальности. “В географии, как и в истории, индивидуальные единичные компоненты суть не только средство познания, но и его объект” (Пуляркин, 2005, с. 28). Восприятие уникальности каждой конкретной территории, местности — как главного объекта географических исследований Земли — сродни философскому постулату уникальности каждого отдельного человека как компонента человечества.

Смотря на мир философски, В.А. Пуляркин очень ясно видел и диагностировал остроту существующих и грядущих реальных проблем мирового развития (Липец и др., 2003). Одна из таких — экологическая. Он ясно понимал, что “двукрылая” география (с физико- и экономико-географическими крыльями, как писал В.П. Максаковский), но без “тела”, в этой проблематике далеко не улетит.

Именно поэтому в основе всех его работ — проблема взаимодействия природы и общества.

Разработанное В.А. Пуляркиным “географическое процессоведение” во многом перекликается с концепцией географической формы движения материи А.А. Григорьева, а также пространственно-временной парадигмой в экономической географии А.П. Горкина. Практически во всех работах В.А. Пуляркина пространственное мышление сочетается с историческим. Это объяснимо: любимая им зарубежная Азия — благодатнейший макрорегион мира для историко-географических изысканий. Главными объектами его исследований в этом ключе стали “локальные цивилизации”. Опираясь на философские труды И. Канта и М. Вебера, В.А. Пуляркин делает пространственно-временной подход ключом к объяснению географических явлений и процессов. Среди научных достижений Пуляркина — концепция историко-географических типов агропроизводства и выявление закономерностей формирования сельскохозяйственных территориальных структур в странах Третьего мира (Пуляркин и др., 1991).

Глубокие аналитические сюжеты в его работах опирались на крепкий фундамент потрясающей памяти и эрудиции. В.А. Пуляркин отреферировал многие тысячи (!) зарубежных работ по Азии, Африке, Зарубежной Европе для журнала ВИНТИ. Вот такое было докомпьютерное счастье... В этом секрет того, почему и сегодня работы Валерия Алексеевича, написанные десятилетия назад, воспринимаются как удивительно свежие и очень познавательные. Сегодня во многих российских вузах есть “рекомендация” в программы дисциплин не включать литературу, срок которой более пяти лет. Для обучения научных кадров это недопустимо. Географам, особенно выбравшим объектом своих исследований Южную Азию, развивающиеся страны, мировое сельское хозяйство, нужно начинать погружаться в тему с таких монографий В.А. Пуляркина, как “Географические проблемы сельского хозяйства и продовольственные ресурсы в развивающихся странах” (Пуляркин, 1981), “Экономико-географические процессы в сельском хозяйстве развивающихся стран: анализ исторического опыта Южной Азии” (Пуляркин, 1976), “Типы и районы сельского хозяйства в развивающихся странах” (Пуляркин, Егоров, 2001).

В.А. Пуляркин всегда уделял много внимания картам, практически всегда использовал картографический материал в своих книгах и статьях. Он принимал участие в создании карты сельского хозяйства мира в МГУ. Многократно выезжал в командировки во Вьетнам, где участвовал в создании Атласа этой страны.

С 1990-х годов Валерий Алексеевич был сотрудником отдела географии мирового хозяйства (ныне лаборатории географии мирового развития). И, естественно, пространственная организация мирового хозяйства была его темой. Специализировался он на мировом сельском хозяйстве (Липец и др., 1999). Но, опять же, Пуляркин рассматривал его не как один из секторов экономики, а как инструмент решения глобальной продовольственной проблемы. Именно поэтому в первую очередь его интересовал не “богатый Север”, а “бедный Юг”. Он был один из первых, кто рассматривал сочетание особых природных условий в низких широтах с относительной экономической отсталостью Юга в рамках ставшей теперь классической для мирохозяйственников “центр-периферической” модели.

В.А. Пуляркин имел редкий научный талант сопрягать на первый взгляд несовместимые, даже антагонистические подходы. Например, формационный и цивилизационный. Не оспаривая формационный универсализм и экономический детерминизм, одной из главных причин отсталости развивающихся стран он называл их периферийность в рамках глобального мирового хозяйства (Пуляркин, 2005, с. 38). С другой стороны, он писал, что “цивилизации, будучи содержательно явлением более многослойным, чем экономический строй, оказались в состоянии дольше сохранять свои нуклеарные основы”. Из этого он сделал вывод, что “назрела задача создания “эндогенной” концепции развития “третьего мира”” с тем, чтобы найти наименее болезненные пути постепенной трансформации традиционного хозяйства Юга (Пуляркин, 2005, с. 52).

В.А. Пуляркину принадлежит заслуга в том, что он сумел удивительно гармонично вписать цивилизационный подход в исследования географии современного мирового хозяйства и его развития. Он писал: “дихотомия “центр—периферия” не вписывается в неизменные территориальные рамки, так как очаги цивилизации перемещались первоначально из жарких областей Азии в Европу, а затем с эпохой Великих географических открытий распространились и на Американские континенты. Отсюда вытекает, что природная основа, даже если она сама остается фактически неизменной или слабо преобразованной человеком, может оказать неоднозначное стабилизирующее или динамичное влияние на развитие общества на разных исторических этапах, в зависимости от ее реакции на те или иные производственные и прочие антропогенные воздействия” (Пуляркин, 2005, с. 37).

Профессиональный мастер “игры масштабами”, В.А. Пуляркин один из первых увидел универсализм центр-периферической модели на всех уровнях территориальной иерархии — от мирового до локального. В глобальном ракурсе он трактовал концепцию “центр—периферия” как

продолжение традиций доминирования европоцентризма в географии и истории, даже если ее разработкой занимаются ученые развивающихся стран (Пуляркин, 2005, с. 47). При этом он считал, что природа самой “центр-периферийности” в зависимости от территориального уровня может качественно различаться, а периферийные районы — явление полимасштабное (Пуляркин, 2005, с. 44).

В 2005 г. вышли избранные труды Валерия Алексеевича Пуляркина под названием “Локальные цивилизации во времени и пространстве”, где собраны его наиболее значимые научные работы. Со времени издания прошло 15 лет. Если прочитать их, становится ясно, что такое научная классика. Она не только имеет соответствующие масштаб мысли и идей, но и актуальность, исчисляемую десятилетиями, а для великих — столетиями. Последнюю оценку оставим потомкам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Блохин Л.Ф., Горнунг М.Б., Пуляркин В.А. и др.* Природопользование в развивающихся странах / отв. ред. В.А. Пуляркин, И.С. Сергеева. М.: Наука, 1995. 136 с.
- Липец Ю.Г., Пуляркин В.А., Синцеров Л.М. и др.* Экономическая география мирового развития. XX век. СПб: Алетейя, 2003. 368 с.
- Липец Ю.Г., Пуляркин В.А., Шлихтер С.Б.* География мирового хозяйства: учеб. пособие. М.: Владос, 1999. 400 с.
- Пуляркин В.А.* Афганистан: экономическая география. М.: Мысль, 1964. 255 с.
- Пуляркин В.А.* Географические проблемы сельского хозяйства и продовольственные ресурсы в развивающихся странах (Итоги науки и техники. Серия “География зарубежных стран”. Т. 8) / ред. А.А. Толоконникова. М.: ВИНТИ, 1981. 130 с.
- Пуляркин В.А.* Дискуссионные вопросы современного научного страноведения // Проблемное страноведение и мировое развитие: Сб. ст. памяти Я.Г. Машбица / отв. ред. Ю.Г. Липец. Смоленск: Изд-во СГУ, 1998. С. 23–35.
- Пуляркин В.А.* Западный Пакистан: экономико-географическая характеристика. М.: Географгиз, 1962. 261 с.
- Пуляркин В.А.* История географических идей в кривом зеркале советских географов-теоретиков // Вторые сократические чтения по географии (Плещ, 26–29 мая 2001 г.): Сб. докл. / под ред. В.А. Шупера. М.: Изд-во УРАО, 2001. С. 72–85.
- Пуляркин В.А.* Кашмир. М.: Географгиз, 1956. 227 с.
- Пуляркин В.А.* Локальные цивилизации во времени и пространстве: взгляд географа. М.: Эслан, 2005. 536 с.
- Пуляркин В.А.* Цейлон: географический очерк. М.: Географгиз, 1959. 56 с.
- Пуляркин В.А.* Экономико-географические процессы в сельском хозяйстве развивающихся стран: анализ исторического опыта Южной Азии. М.: Наука, 1976. 256 с.

Пуляркин В.А., Егоров И.Д. Развивающиеся страны: природопользование и хозяйственный рост. Якутск: Бичик, 2000. 190 с.

Пуляркин В.А., Егоров И.Д. Типы и районы сельского хозяйства в развивающихся странах / отв. ред. А.А. Попов. Якутск: Сахаполиграфиздат, 2001. 240 с.

Пуляркин В.А., Машибиц Я.Г., Пришкольник Д.Б., Сдасюк Г.В. Территориальная структура хозяйства развивающихся стран: сдвиги и тенденции / отв. ред. В.А. Пуляркин, Ю.Г. Липец. М.: Наука, 1991. 183 с.

The Contribution of V.A. Pulyarkin to National Geography: to the 90th Anniversary of the Birth

D. L. Lopatnikov*

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

*e-mail: imartos@mail.ru

V.A. Pulyarkin belongs to the bright scientists of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences. He was one of those who saved Russian country studies from degradation in the Soviet era, directing it to the mainstream of problematic country studies. He was interested in the civilizations of Asia, the problems of agricultural development in developing countries, global problems of humanity, not only for the comprehension of geographical picture of the World. Pulyarkin looked at the World both as a geographer and as a philosopher, seeing in the East the main thing—the search for the foundations of the Universe. Pulyarkin was a staunch supporter of a unified geography. All his works are based on the trinity of nature, population, and economy. He was one of the first to consider the combination of special natural conditions in low latitudes with the relative economic backwardness of the South in the framework of the centre-periphery model, which has now become classic for world economic managers.

Keywords: unified geography, problematic country studies, agriculture, developing countries, Asia, global problems of humanity, world economy

REFERENCES

- Blokhin L.F., Gornung M.B., Pulyarkin V.A. et al. *Prirodopol'zovanie v razvivayushchikhsya stranakh* [Natural Resource Use in Developing Countries]. Pulyarkin V.A., Sergeeva I.S., Eds. Moscow: Nauka Publ., 1995. 136 p.
- Lipets Yu.G., Pulyarkin V.A., Shlichter S.B. *Geografiya mirovogo khozyaistva: uchebnoe posobie* [Geography of the World Economy: Textbook]. Moscow: Vldos Publ., 1999. 400 p.
- Lipets Yu.G., Pulyarkin V.A., Sintserov L.M. et al. *Ekonomicheskaya geografiya mirovogo razvitiya. XX vek* [Economic Geography of World Development. 20th Century]. St. Petersburg: Aleteya Publ., 2003. 368 p.
- Pulyarkin V.A. *Afganistan: ekonomicheskaya geografiya* [Afghanistan: Economic Geography]. Moscow: Mysl' Publ., 1964. 255 p.
- Pulyarkin V.A. Debatable issues of modern scientific country studies. In *Problemnoe stranovedenie i mirovoe razvitiye: sb. st. pamyati Ya.G. Mashbitsa* [Problematic Country Studies and World Development: A Collection of Articles to the Memory of Ya.G. Mashbits]. Lipets Yu.G., Ed. Smolensk: Smolensk. Gos. Univ., 1998, pp. 23–35. (In Russ.).
- Pulyarkin V.A. *Ekonomiko-geograficheskie protsessy v sel'skom khozyaistve razvivayushchikhsya stran: analiz istoricheskogo opyta Yuzhnoy Azii* [Economic and Geographical Processes in Agriculture in Developing Countries: Analysis of the Historical Experience of South Asia]. Moscow: Nauka Publ., 1976. 256 p.
- Pulyarkin V.A. *Geograficheskie problemy sel'skogo khozyaistva i prodovol'stvennye resursy v razvivayushchikhsya stranakh* [Geographical Problems of Agriculture and Food Resources in Developing Countries]. Tolokonnikov A.A., Ed. Moscow: VINITI, 1981. 130 p.
- Pulyarkin V.A. *Kashmir* [Kashmir]. Moscow: Geografiz Publ., 1956. 227 p.
- Pulyarkin V.A. *Lokal'nye tsivilizatsii vo vremeni i prostranstve: vzglyad geografa* [Local Civilizations in Time and Space: a Geographer's View]. Moscow: Eslan Publ., 2005. 536 p.
- Pulyarkin V.A. The history of geographical ideas in a crooked mirror of the Soviet geographers-theoreticians. In *Vtorye sokraticheskie chteniya po geografii* [Second Socratic Readings on Geography]. Shuper V.A., Ed. Moscow: URAO Publ., 2001, pp. 72–85. (In Russ.).
- Pulyarkin V.A. *Tseilon: geograficheskii ocherk* [Ceylon: Geographical Essay]. Moscow: Geografiz Publ., 1959. 56 p.
- Pulyarkin V.A. *Zapadnyi Pakistan: ekonomiko-geograficheskaya kharakteristika* [West Pakistan: Economic and Geographical Characteristics]. Moscow: Geografiz Publ., 1962. 261 p.
- Pulyarkin V.A., Egorov I.D. *Razvivayushchiesya strany: prirodopol'zovanie i khozyaistvennyi rost* [Developing Countries: Natural Recourse Use and Economic Growth]. Yakutsk: Bichik Publ., 2000. 190 p.
- Pulyarkin V.A., Egorov I.D. *Tipy i raiony sel'skogo khozyaistva v razvivayushchikhsya stranakh* [Types and Areas of Agriculture in Developing Countries]. Popov A.A., Ed. Yakutsk: Sahkapoligrafizdat Publ., 2001. 240 p.
- Pulyarkin V.A., Mashbits Ya.G., Prishkol'nik D.B., Sdasyuk G.V. *Territorial'naya struktura khozyaistva razvivayushchikhsya stran: sdvigi i tendentsii* [Territorial Structure of the Economy of Developing Countries: Shifts and Trends]. Pulyarkin V.A., Lipets Yu.G., Eds. Moscow: Nauka Publ., 1991. 183 p.