

## ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ИНСТИТУТА ГЕОГРАФИИ РАН

© 2022 г. Н. И. Коронкевич<sup>a,\*</sup>, Е. А. Барабанова<sup>a,\*\*</sup>, А. Г. Георгиади<sup>a,\*\*\*</sup>, С. В. Долгов<sup>a,\*\*\*\*</sup>,  
И. С. Зайцева<sup>a,\*\*\*\*\*</sup>, Е. А. Кашутина<sup>a,\*\*\*\*\*</sup>, И. П. Милукова<sup>a,\*\*\*\*\*</sup>,  
Т. С. Фролова<sup>a,\*\*\*\*\*</sup>, С. И. Шапоренко<sup>a,\*\*\*\*\*</sup>

<sup>a</sup>Институт географии РАН, Москва, Россия

\*E-mail: koronkevich@igras.ru

\*\*E-mail: barabanova@igras.ru

\*\*\*E-mail: georgiadi@igras.ru

\*\*\*\*E-mail: dolgov@igras.ru

\*\*\*\*\*E-mail: zaitseva@igras.ru

\*\*\*\*\*E-mail: kashutina@igras.ru

\*\*\*\*\*E-mail: milukova@igras.ru

\*\*\*\*\*E-mail: bibikova.t@igras.ru

\*\*\*\*\*E-mail: shaporenko@igras.ru

Поступила в редакцию 26.01.2022 г.

После доработки 04.02.2022 г.

Принята к публикации 07.02.2022 г.

В статье рассматривается сущность географического направления как одного из основных в научной гидрологии на протяжении более трёх веков её развития. Отмечается, что достигнутый уровень знаний в этой области – плод усилий многих поколений отечественных и зарубежных гидрологов, подчёркнут особый вклад члена-корреспондента АН СССР В.Г. Глушкова, которому принадлежит сама идея географо-гидрологического метода, и его ученика доктора географических наук М.И. Львовича – основателя научной школы в Институте географии АН СССР. Особое внимание уделено современному состоянию работ по данному направлению в Институте географии РАН, представлены результаты исследований последних лет.

*Ключевые слова:* гидрология, географическое направление, Институт географии, ландшафтные исследования, южная часть Русской равнины, поверхностный склоновый сток, диффузное загрязнение, ансамблевые сценарии, Волга, Дон, БРИКС, водопотребление, качество вод, Водный кодекс, понятийный аппарат.

DOI: 10.31857/S086958732206007X

Географическое направление в гидрологических исследованиях предполагает прежде всего выявление особенностей и закономерностей пространственного и пространственно-временного

распределения гидрологических характеристик. Рассмотрению его сути посвящено немало публикаций, например [1, 2]. Отмечается, что это направление объединяет большое количество част-

КОРОНКЕВИЧ Николай Иванович – доктор географических наук, главный научный сотрудник ИГ РАН. БАРАБАНОВА Елена Алексеевна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидрологии ИГ РАН. ГЕОРГИАДИ Александр Георгиевич – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гидрологии ИГ РАН. ДОЛГОВ Сергей Владимирович – кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидрологии ИГ РАН. ЗАЙЦЕВА Ирина Сергеевна – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гидрологии ИГ РАН. КАШУТИНА Екатерина Александровна – кандидат географических наук, и.о. зав. лабораторией, старший научный сотрудник лаборатории гидрологии ИГ РАН. МИЛЮКОВА Ирина Павловна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидрологии ИГ РАН. ФРОЛОВА Татьяна Сергеевна – кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории гидрологии ИГ РАН. ШАПОРЕНКО Сергей Иванович – кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидрологии ИГ РАН.

ных областей гидрологии — ландшафтную, антропогенную, глобальную и др. Как и географии в целом, географическому направлению в гидрологии присуща комплексность, предполагающая рассмотрение связей гидросферы с другими компонентами природной среды — атмосферой, рельефом, геологическим строением, биотой, а также с деятельностью человека.

Один из основных методов исследования — сравнительно-географический, при этом широко используются балансовые подходы. Учитывая неравномерную изученность различных территорий и временных периодов с позиций гидрологии, приходится прибегать и к косвенным географическим показателям, методу аналогий. Всё активнее применяются методы математической статистики, геофизические, физико-математическое моделирование.

Выдающийся вклад в развитие географического направления в гидрологии внёс член-корреспондент АН СССР, академик ВАСХНИЛ В.Г. Глушков. С 1922 по 1936 г. он руководил Государственным (до 1926 г. Российским) гидрологическим институтом (ГГИ). В 1930-х годах В.Г. Глушковым была разработана идея географо-гидрологического метода, который позволяет на основе географической аналогии рассчитывать гидрологические характеристики территорий даже при отсутствии исходных данных.

В последние десятилетия географическое направление в гидрологии развивалось усилиями научных коллективов Государственного гидрологического института, входящего в структуру Росгидромета, институтов Российской академии наук: Института водных проблем, Института географии (Москва), Института озераведения (Санкт-Петербург), Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН (Иркутск), Института водных и экологических проблем СО РАН (Барнаул), кафедр гидрологии Московского, Воронежского, Пермского и ряда других государственных университетов. За рубежом в числе продуктивно работавших в этой области исследователей упомянем М. Парде (Франция) и Г. Уайта (США).

В Институте географии АН СССР географо-гидрологическое направление получило импульс к развитию с назначением в 1960 г. руководителем отдела гидрологии доктора географических наук М.И. Львовича. Большую известность получили его книги [3, 4], а также написанные совместно с учениками [5, 6]. Ряд публикаций был подготовлен учениками М.И. Львовича — А.М. Грином, А.В. Беляевым, А.Г. Георгиади, Н.Н. Дрейер, Г.М. Карасик, Н.И. Коронкевичем, Г.М. Николаевой, И.Д. Цигельной, Г.М. Черногаевой, Е.П. Чернышовым. Значительный вклад в развитие географического направления в гидрологии внесли и работавшие в Институте геогра-

фии С.Л. Вендров, П.Ф. Идзон, В.Е. Иогансон, Н.Т. Кузнецов, Л.К. Малик и ряд других исследователей.

Идеи географического направления в гидрологии, заложенные в 1960—1980 годах, легли в основу последующих работ, результаты которых нашли отражение в сборниках и монографиях не только сотрудников Института географии (ИГ) РАН, но и других научных организаций [1, 2, 7—11]. Большое число статей в академических журналах (“Вестник РАН”, “Водные ресурсы”, “Известия РАН” и др.) подготовлено сотрудниками лаборатории гидрологии ИГ РАН. Из работ, выполненных в других подразделениях института, в первую очередь следует назвать удостоенный в 2001 г. Государственной премии РФ в области науки и техники “Атлас снежных и ледовых ресурсов мира” [12] под редакцией академика РАН В.М. Котлякова, в котором значительное внимание уделено ледниковому стоку.

Самые последние работы, выполненные в лаборатории гидрологии ИГ РАН, представлены ниже<sup>1</sup>.

**Ландшафтно-гидрологические исследования в южной части Русской равнины.** В их основу положены идеи о полиструктуре водного баланса территории [13, 14], опирающиеся на данные о речном стоке, собранные Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, результаты наблюдений на воднобалансовых станциях (в этих наблюдениях, наряду с Росгидрометом, Институтом географии РАН, Волгоградским федеральным научным центром агроэкологии РАН, участвовали сотрудники других организаций), статистические сведения о динамике структуры сельскохозяйственных угодий, а также результаты выполненных сотрудниками ИГ РАН полевых исследований диффузного загрязнения водных объектов в последние годы.

*Ландшафтно-гидрологические изменения в бассейне Дона.* Анализ структуры сельскохозяйственных угодий и стока с них (по данным воднобалансовых станций) показал, что в бассейне Дона, занимающего значительную часть южной половины Русской равнины, с течением времени происходили существенные изменения в условиях

<sup>1</sup> Введение и заключение данной статьи подготовлено Е.А. Кашутиной, Н.И. Коронкевичем, Е.А. Барабановой; раздел “Ландшафтно-гидрологические исследования в южной части Русской равнины” — С.В. Долговым, Н.И. Коронкевичем; “Ансамблевые сценарии изменений речного стока, обусловленные глобальным потеплением и социально-экономическими изменениями” — А.Г. Георгиади, И.П. Милуковой, Н.И. Коронкевичем, Е.А. Барабановой; “Антропогенные воздействия на речной сток и качество вод в странах БРИКС в сравнении с мировыми показателями” — Т.С. Фроловой, Н.И. Коронкевичем, Е.А. Барабановой, И.С. Зайцевой; “География в понятийной основе водного законодательства и некоторых нормативных актах” — С.И. Шапоренко.

формирования стока. Вначале они были связаны в основном с заменой весенней вспашки под яровые культуры зяблевой (осенней) пахотой, которая из-за того, что почва к началу весеннего половодья оказывалась разрыхлённой, заметно снижала поверхностный склоновый сток, что приводило и к уменьшению полного речного стока, правда, в меньших масштабах. К 1980-м годам площадь зяблевой пахоты составляла до 50% всей площади бассейна Дона. Поверхностный сток на участках, распаханых под зябь, снижался в 1.5 и более раз в лесостепной зоне, в 4–5 раз – в степной по сравнению с полями, не распаханymi с осени (озимые, стерня, залежь, пастбища), что привело к общему уменьшению годового стока Дона на 10–12%. Затем площадь зяби стала сокращаться, в основном в связи с заменой яровых культур более урожайными озимыми и составила в последние годы в среднем 36.5%. При этом площадь угодий с уплотнённой к весне почвой возросла до 40.9%. Территория урбанизированных участков составила 3.6%. Мало изменилась площадь лесов на склонах (3.1%). На гидрографическую сеть, относительно мало затронутую хозяйственной деятельностью, приходится 16% всей территории водосбора.

Современная антропогенная трансформация ландшафтов должна была бы вызвать увеличение поверхностного склонового стока, однако этого не произошло. Возобладала другая тенденция – снижение стока вследствие роста температуры воздуха. Вклад климатической составляющей в произошедшие суммарные изменения стока (он варьируется от 75 до 85%) значительно выше антропогенной составляющей. Главным фактором сокращения стока стал рост температуры воздуха в холодный период года, что привело к уменьшению глубины промерзания почвогрунтов, учащению оттепелей, росту инфильтрации и сокращению поверхностного склонового стока, вплоть до его отсутствия в отдельные годы.

В последние годы весенний сток со склонов, участвующий в речном стоке, составлял для бассейна Дона в среднем 8.6 мм, в том числе с полей, не распаханых с осени, 4.4, с зяби – 1.7, с урбанизированных площадей – 2.5 мм. Под лесом сток практически отсутствует.

В рассчитанной за период 1978–2013 гг. величине стока половодья в бассейне Дона (27.6 мм) на суммарный с разных угодий поверхностный склоновый сток (8.6 мм) приходилось 31.2%, с площади гидрографической сети (11.9 мм) – 43.1%, на подземный сток (7.1 мм) – 25.7%. По сравнению с предшествующими годами существенно возросла доля стока с гидрографической сети и подземного стока.

Весьма заметные изменения произошли не только в весеннем стоке с речных водосборов, но

и в годовом стоке. Оценка его изменений выполнена на примере водосбора реки Девичы (площадь 1490 км<sup>2</sup>), репрезентативного для большей части донского бассейна. Характерной особенностью формирования годового речного стока здесь стало значительное сокращение его поверхностной составляющей (на 75% по сравнению с нормой, исчисляемой на начало 1960-х годов) и увеличение подземной составляющей (на 30%). Годовой сток р. Девичы сократился почти на 35%. Доля подземного стока в полном годовом стоке возросла с 39 до 77%.

*Диффузный сток биогенных веществ на территории Курской области.* Расчёты показали, что антропогенное поступление биогенных веществ на водосбор является основным. В среднем для Курской области суммарное поступление минерального азота составило 4686 кг/км<sup>2</sup>, а минерального фосфора – 2188 кг/км<sup>2</sup>. Из этого количества на минеральные удобрения приходится соответственно 3021 и 1510 кг/км<sup>2</sup>, на животноводство – 1300 и 530, органические удобрения (солома, пожнивные остатки, навоз, сидераты и др.) – 263 и 132 кг/км<sup>2</sup>. Суммарное природное поступление минерального азота достигает 2166, а минерального фосфора – 111 кг/км<sup>2</sup>, то есть 31 и 5% общего. Больше всего азота поступает на водосбор за счёт его биофиксации на посевной площади (700 кг/км<sup>2</sup>), атмосферных осадков (641 кг/км<sup>2</sup>), лесного растительного опада (443 кг/км<sup>2</sup>), опада на лугах, пастбищах и заброшенных сельскохозяйственных полях (243 кг/км<sup>2</sup>). В притоке фосфора преобладает лесной растительный опад (67 кг/км<sup>2</sup>), опад на лугах, пастбищах и заброшенных полях (27 кг/км<sup>2</sup>), атмосферные осадки дают 13 кг/км<sup>2</sup>.

Годовой вынос азота с речных водосборов составляет в среднем для территории Курской области 124 кг/км<sup>2</sup>, фосфора – 13 кг/км<sup>2</sup>. Доля подземной составляющей в выносе азота с суммарным годовым стоком преобладает, достигая 60% (фосфора – 50%). Вынос биогенных веществ с поверхностной составляющей стока максимален в половодье, когда азота выносятся более 80%, а фосфора 65% годовой величины. Важно, что диффузный вынос биогенных веществ в водные объекты в 2008–2016 гг. составил 75–95% их общего выноса со сточными водами.

Для более детальной оценки гидрологической и гидрохимической роли изменений климата, а также хозяйственной деятельности чрезвычайно важно реанимировать сеть воднобалансовых станций с учётом обновлённой методической основы.

**Ансамблевые сценарии изменений речного стока, обусловленные глобальным потеплением и социально-экономическими процессами.** Происходя-



Рис. 1. Принципиальная схема ансамблевой оценки сценарных изменений речного стока

шие в последние десятилетия значительные сдвиги климатических условий и трансформация хозяйственного комплекса привели к заметным, зачастую негативным, изменениям речного стока в крупнейших речных бассейнах России. Именно поэтому всё больше внимания уделяется исследованию закономерностей наблюдавшейся динамики стока и её предположительной оценке в среднесрочной перспективе.

Разработанный нами подход к ансамблевому долгосрочному сценарному прогнозированию изменений ресурсов стока в крупных речных бассейнах России схематично представлен на рисунке 1. В его основе:

- модель месячного водного баланса, разработанная в Институте географии РАН специально для оценки гидрологических последствий ожидаемых глобальных климатических изменений в крупных речных бассейнах [15 и др.];
- метод сценарных оценок будущей трансформации водохозяйственного комплекса, который включает в себя несколько блоков [4, 13];
- имеющийся опыт сценарных оценок на среднесрочную перспективу.

Выполненные нами сценарные оценки, в том числе по Волге и Дону, представлены в работах [9, 10, 16]. Уточнённые сценарии возможного в будущем изменения стока этих рек рассмотрим ниже (рис. 2).

*Сценарные климатические изменения речного стока Волги и Дона.* Если судить по результатам сравнения сценариев изменения средней глобальной годовой температуры воздуха [17], полученным Межправительственной группой экспертов по изменению климата в рамках программ СМIPs (Coupled Model Intercomparison Projects – проекты по сопоставлению сценариев, полученных на глобальных климатических моделях) – СМIP3 [18] и СМIP5 (СМIP5), то можно говорить о схожести сценариев для первой трети текущего столетия. Это проявляется и на региональном уровне, в том числе в бассейнах Волги и Дона. В каждой из этих программ для расчётов использованы те из четырёх семейств сценариев, которые характеризуются наиболее (А2 из программы СМIP3 и RCP 8.5 из программы СМIP5) и наименее (В1 – СМIP3, RCP 2.6 – СМIP5) интенсивным ростом средней глобальной годовой температуры воздуха для 2010–2039 гг., условно отнесённым к 2025 г. Такой подход на основе учёта наиболее широкого диапазона возможных климатических изменений обусловлен отсутствием критериев выбора какого-либо одного из четырёх возможных семейств (групп) имеющихся климатических сценариев.

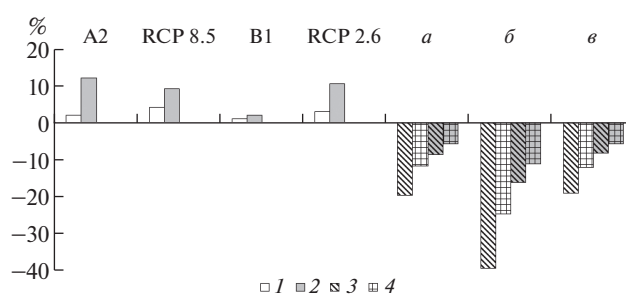
Полученные на основе модели месячного водного баланса и ансамблевых климатических сценариев результаты расчётов показали (см. рис. 2): в первой трети текущего столетия наиболее вероятно, что средний многолетний годовой сток

Дона, независимо от используемого ансамбля контрастных сценариев изменения климата, практически не будет отличаться от его современного условно естественного значения. Оценки максимально возможных изменений среднего многолетнего годового стока Волги в первой трети XXI в. для указанных ансамблей сценариев в целом близки. Возможный рост годового стока этой реки не должен превысить 10% от современного значения, а при реализации сценария В1 его увеличение может составить всего несколько процентов (СМIP3). Вариативность внутригодовой структуры речного стока в ответ на сценарные климатические изменения также весьма различна для бассейнов Волги и Дона. Если на Дону можно ожидать “распластывания” волны половодья (для каждого из рассмотренных сценариев), то на Волге, напротив, в месяц наибольшего стока во время половодья он может возрасти, тогда как сток следующего за ним месяца может снизиться. При этом вероятно, что зимний сток увеличится и на Волге, и на Дону, тогда как летне-осенний сток на Волге может оказаться ниже современного, а на Дону – выше. Сравнение полученных оценок сценарных изменений годового стока Волги с результатами некоторых других расчётов [19] показывает их неплохую сходимость.

*Возможные изменения речного стока Волги и Дона под влиянием экономических изменений.* Сопоставление сценариев социально-экономического развития и изменения удельного водопотребления даёт следующий диапазон наиболее вероятных изменений стока в сравнении с современным положением (см. рис. 2). Наиболее предпочтителен с водохозяйственной и гидроэкологической точки зрения сценарий умеренного экономического развития и максимальной реализации мер экономии воды, который позволит сохранить состояние водных ресурсов, близкое к современному, при резком улучшении качества воды (если будут предприняты радикальные меры по очистке загрязнённых сточных вод). Улучшению водохозяйственной ситуации на Волге будет способствовать и ожидаемое увеличение её водности под влиянием климатических факторов.

*Направления возможного развития подходов к сценарным оценкам изменения речного стока:*

- в рамках парадигмы глобального антропогенного потепления речь может идти прежде всего о дальнейшем обосновании диапазона вероятных в будущем наиболее контрастных изменений климатических и социально-экономических условий;
- весьма перспективно развитие подходов к оценке речного стока в геологических условиях – аналогах возможного глобального потепления [10, 20];



**Рис. 2.** Современные и возможные в будущем (2025–2030 гг.) водозабор и безвозвратный расход воды в бассейне Волги и Дона, изменение их среднегодового стока при наиболее контрастных сценариях глобального потепления климата, % от современного среднего многолетнего стока

*a* – современная ситуация; *б* – наиболее благоприятный сценарий экономического развития и сохранения современного удельного водопотребления; *в* – умеренное экономическое развитие при снижении удельного водопотребления;

1 – бассейн Дона; 2 – бассейн Волги; 3 – водозабор; 4 – безвозвратный расход.

- представляется крайне необходимым развитие подходов, основанных на выявленных для периода инструментальных наблюдений долговременных (длительностью 10–15 и более лет) фаз повышенных/пониженных значений стока воды, а также других составляющих геостока, и их использование для сценарных оценок возможных изменений в среднесрочной перспективе [10, 21].

**Антропогенные воздействия на речной сток и качество вод в странах БРИКС в сравнении с мировыми показателями.** БРИКС – одно из наиболее авторитетных современных международных объединений группы стран – Бразилии, России, Индии, Китая, ЮАР. На эти страны приходится 29% суши земного шара и 42% мирового населения. Экономический успех стран объединения во многом определяется состоянием их водных ресурсов, водного хозяйства.

В таблице 1 представлена природная водообеспеченность стран БРИКС. Величина местного, формируемого на собственной территории, и суммарного (с учётом притока с соседних территорий) стока взята из работы [19]. Подземный сток определён по его соотношению с местным речным стоком (по М.И. Львовичу) [4]. Суммарный сток стран БРИКС не подсчитывался в связи с водообменом между Россией и Китаем и в меньшей степени Китаем и Индией. Как следует из таблицы 1, на местный сток стран БРИКС приходится почти 34% мирового речного стока и 40% подземного, то есть обеспеченность территории стран БРИКС в слое стока в целом выше среднемировой. Фактически же водные ресурсы альянса ещё больше за счёт притока из соседних государств.

**Таблица 1.** Природная водообеспеченность территории и населения

Страна, регион	Площадь, млн км <sup>2</sup>	Население, млн человек	Сток, км <sup>3</sup>			Слой стока, мм		Водообеспеченность населения, тыс. м <sup>3</sup> /чел.		
			местный сток	суммарный	подземный	местный	подземный	местный	суммарный	подземный
Бразилия	8.51	209	6220	8128	2057	731	242	29.8	38.9	9.8
Индия	3.28	1353	1436	2037	340	438	104	1.1	1.5	0.3
Китай	9.6	1459	2700	2700	900	281	94	1.9	1.9	0.6
Россия	17.1	146	4053	4275	903	237	53	27.8	29.3	6.2
ЮАР	1.2	58	52	54.5	15	42.6	12	0.9	0.9	0.3
БРИКС	39.7	3225	14461	нет данных	4215	364	106	4.5	нет данных	1.3
Мир в целом	134.74	7597	42780	42780	13094	318	97	5.6	5.6	1.7

Наибольшими водными ресурсами располагают Россия и Бразилия, наименьшими – ЮАР. Вместе с тем по слою местного стока не только ЮАР, но и Китай с Россией уступают среднемировому показателю. Особенно это относится к подземному стоку, который ценен тем, что практически не требует регулирования. В России слой подземного стока почти в 2 раза ниже, чем в мире в целом. Водообеспеченность населения, как следует из той же таблицы, в среднем для стран БРИКС уступает среднемировым значениям за счёт, главным образом, густонаселённых Индии и Китая, тогда как Россия и Бразилия значительно превосходят мировые показатели.

Мы не располагаем самыми последними точными сведениями по полезной ёмкости водохранилищ, но если судить по данным на начало XXI в. [19], они составляли в Бразилии – 272, Индии и Китае – по 223, России – 416, ЮАР – 9.1, стран БРИКС в целом – 1143 км<sup>3</sup>, то есть почти 30% мирового полезного объёма (3940 км<sup>3</sup>). Сопоставление полезного объёма с величиной подземного стока свидетельствует о том, что ресурсы наиболее устойчивой составляющей местного стока существенно возросли – в Бразилии на 13%, Китае на 25%, России на 46%, а в Индии и ЮАР более чем на 70%, в среднем для БРИКС на 27%, а в мире в целом на 30%. Для самого последнего времени эти величины требуют уточнения.

Показатели водопотребления представлены в таблице 2. Водозабор в ней дан по базе данных [22] на уровне 2018 г. Безвозвратный расход рассчитан по его доле в водозаборе [19]. Эта доля составляет для Бразилии 0.46, Индии 0.66, Китая 0.52, России 0.24 и ЮАР 0.58, для стран БРИКС в целом 0.58 при 0.52 для всего мира. Без учёта по-

терь воды на дополнительное испарение с акватории водохранилищ на долю стран БРИКС приходится 52% мирового водопотребления. Индия и Китай сосредоточивают 90% водозабора в БРИКС и почти 94% безвозвратного расхода воды.

Из сопоставления водозабора и безвозвратного расхода воды с имеющимися водными ресурсами видно, что водозабор в целом в странах БРИКС составляет сравнительно малую часть ресурсов местного стока, лишь незначительно превышающую мировую. Однако по странам этот показатель существенно различается: эта доля заметно больше в Индии – как по отношению к суммарному, так и особенно к местному стоку. Велика она в Китае и ЮАР. А вот в Бразилии и России используется незначительная часть речного стока. Похожая ситуация складывается и в отношении безвозвратного изъятия воды, только его доля ещё меньше, чем водозабора. Правда, она в целом для стран БРИКС (6%) в 1.5 раза выше мировой (4%).

Объём сточных и возвратных вод в странах БРИКС составляет 32% мирового (см. табл. 2), что существенно меньше доли водозабора из-за более высокого безвозвратного изъятия воды. Здесь, как и по величине водозабора и безвозвратного расхода, лидируют Индия и Китай, но их доля в суммарных показателях стран БРИКС несколько ниже этих показателей – 85%.

Сточные и возвратные воды представляют собой основную угрозу для водных ресурсов, поскольку значительная их часть загрязнена и ухудшает ситуацию в реках и водоёмах. Ориентировочным показателем степени загрязнения водных объектов служит кратность разбавления сточных и возвратных вод речными (табл. 2). Причём мы

**Таблица 2.** Водозабор, безвозвратный расход и их доля в речном стоке, объём сточных и возвратных вод и кратность их разбавления остаточным речным стоком

Страна, регион	Водозабор, км <sup>3</sup> /год	Безвозвратный расход воды, км <sup>3</sup> /год	Доля водозабора от общего речного стока, %		Доля безвозвратного расхода от общего речного стока, %		Объём сточных и возвратных вод, км <sup>3</sup> /год	Кратность разбавления сточных и возвратных вод остаточным речным стоком	
			местного	суммарного	местного	суммарного		местным	суммарным
Бразилия	64.6	29.7	1	0.8	0.5	0.4	34.9	177	232
Индия	761	502	53	37.4	35	24.6	259	4	6
Китай	598	311	22.1	22.1	11.5	11.5	287	8	8
Россия	64.8	15.6	1.6	1.5	0.4	0.4	49.2	82	87
ЮАР	19.8	11.5	38.1	36.3	22.1	21.1	8.3	5	5
БРИКС	1508	869	10.4	нет данных	6	нет данных	639	21	нет данных
Мир в целом	4026	2094	9.4	9.4	4.9	4.9	1932	21	21

сочли более правильным учитывать это разбавление остаточным стоком, после вычета безвозвратного расхода. Как видно, для стран БРИКС кратность в целом невелика и равна, если иметь в виду местный сток, мировой. Крайне мала кратность разбавления сточных и возвратных вод в Индии, Китае и ЮАР, что косвенно свидетельствует о высоком уровне загрязнения их водных объектов. Вместе с тем в России и особенно в Бразилии эта кратность значительно выше, что, однако, не гарантирует высокого качества воды в реках и водоёмах, о чём свидетельствуют данные непосредственного его определения, например, в России [23]. Конечно, кратность разбавления — весьма ориентировочный показатель степени загрязнения водных объектов, потому что существует ещё и диффузное загрязнение, а также поступление загрязняющих веществ непосредственно на водную поверхность из атмосферы. Важно знать, какая часть сточных и возвратных вод особо загрязнена, какова степень очистки сбрасываемых вод, но это требует специального исследования. В целом же угроза качественного истощения водных ресурсов достаточно очевидна.

Водохозяйственная ситуация очень различается по регионам. Наиболее остра она в самых густонаселённых районах, а в малоосвоенных сравнительно благополучна. Достаточно сравнить горные и равнинные районы Китая и Индии, европейскую и азиатскую части России. На европейскую часть нашей страны, занимающую 23% общей площади РФ и располагающую таким же ресурсом речного стока, приходится 77% водозабора и объёма сточных вод. Кратность их разбав-

ления в азиатской части страны на порядок выше, чем в европейской, и составляет соответственно более 300 и 30 раз.

**География в понятийной основе водного законодательства и некоторых нормативных актах.** Географо-гидрологические стандарты терминов и понятий служат основаниями для формулировки основных положений Водного кодекса РФ (далее — ВК), последняя редакция которого была принята в 2007 г. Статья 1 этого важнейшего правового документа вводит в водное законодательство такие относящиеся к гидрологии понятия, как акватория, водные ресурсы, водный объект, водный режим, водный фонд, дренажные воды, истощение вод, негативное воздействие вод, охрана водных объектов, речной бассейн (пп. 1, 3–6, 13, 15–18). Остальные пункты статьи образуют понятийную основу водного хозяйства, в научном обосновании развития которого участвует и экономическая география.

Однако набор указанных в ст. 1 ВК понятий недостаточен для обеспечения закона твёрдой понятийной базой. Например, водный объект определяется как водоём, “...постоянное или временное сосредоточение вод в котором имеет характерные формы и признаки водного режима” (п. 4, ст. 1). Если учитывать, что под водным режимом понимается “изменение во времени уровня, расхода и объёма воды в водном объекте” (п. 5, ст. 1), определение фактически не распространяется на типичные озёра аридных территорий, которые регулярно пересыхают и упомянутые “характерные формы и признаки” в них отсутствуют.

Развитие гидрологии географического направления и особенно ландшафтной гидрологии может опережать принятие соответствующих новых нормативных документов. Например, до сих пор в законодательно-нормативный оборот робко вводится понятие экосистемных услуг водных объектов, хотя научный подход к их определению начал разрабатываться относительно давно, установлены ориентировочные количественные показатели для их оценки [24, 25]. Акватории получили в науке статус особого типа ландшафтов, имеющих существенное эстетическое значение [26]. Игнорирование этого понятия со стороны законодателей тормозит разработку и внедрение в практику назревших водоохранных ограничений [27].

В статье 5 ВК “подземные” воды законодатели отнесли к области системы законов о недрах, что отодвинуло этот водный объект от географических наук в сторону геологии, привело к неоправданному делению единой водной оболочки Земли, для которой характерно тесное взаимодействие поверхностных и подземных вод, на две сферы с позиций законодательного регулирования водопользования. Из докладов, представленных на Всероссийском водном конгрессе 2019 г., видно, что законодательство по использованию подземных вод движется в сомнительную сторону отмены ограничений не только водопотребления, но и контроля за качеством подземных вод с надуманной мотивацией невозможности его организации из-за недостаточности технических средств [27].

Роль гидрологии географического направления очень важна в решении и более частных нормативных проблем. Укажем некоторые из них.

*Вопросы о границах водных объектов* (понятие важнейшее в правоустановлении земельных отношений) остаются до конца не решёнными для многочисленной группы уже упоминавшихся пересыхающих водоёмов в областях с засушливым климатом [28]. Использование в качестве границы водного объекта береговой линии, которая определяется “... по среднемноголетнему уровню вод в период, когда они не покрыты льдом” (п. 4, ст. 5 ВК), теряет смысл, когда от водоёма в жаркое время года остаётся только его чаша. Здесь выходом могло бы стать определение границы таких водоёмов по контурам рельефа – верхней бровке борта чаши (требование учёта морфологических особенностей водного объекта записано в приложении к постановлению Правительства РФ от 29 апреля 2016 г. № 377). Известны случаи распашки и нивелировки самых верхних участков речных русел вблизи истоков при кольматации родников, чему способствуют картографические погрешности при изображении гидрографической сети и игнорирование плохо выраженных в

рельефе речных русел при выделении земельных наделов членам сельскохозяйственных кооперативов, в пределах которых оказались истоки малых рек. При решении задач восстановления природного облика водных объектов гидрография должна опираться на ландшафтно-гидрологические архивные материалы. С маркировкой границ водных объектов перекликаются вопросы установления на местности границ водоохранных и прибрежных защитных полос, прибрежной полосы общего пользования.

*Вопросы нормирования антропогенного воздействия на водные объекты* не могут быть решены без предварительной географо-гидрологической оценки их водного и гидрохимического режимов, выбора адекватных критериев, учитывающих природные параметры и способность таких объектов к самоочищению. На необходимость перехода водоохранного законодательства от единой для всей страны системы предельно допустимых концентраций к учёту региональных природных фоновых концентраций специалисты обратили внимание сразу после принятия последней редакции ВК [29]. В последнее время принцип нормирования качества вод в водных объектах меняется на более гибкие оценки с ориентацией на наилучшие доступные технологии, косвенным образом учитывающие природные характеристики. Для их выбора ключевое значение имеет ландшафтное окружение с предпочтением мест, удалённых от источников антропогенного загрязнения, где концентрация определяется глобальными и региональными естественно происходящими процессами, а химический режим отвечает гидрологическому длительному времени [30].

Методологическая база ландшафтной гидрологии может служить основой при разработке требований к научному описанию объектов, включаемых в Государственный водный реестр. При этом набор сведений для всех их типов не должен быть единым. В качестве примера можно привести отмеченную выше ситуацию с пересыхающими водоёмами засушливых ландшафтов [28].

С введением платы за водопользование возникли и сохраняются до сих пор большие сложности с внедрением экономического стимулирования охраны водных объектов, прописанного в ВК (п. 15, ст. 3), например, в отношении требуемого перехода предприятий тепловой электроэнергетики на оборотные системы охлаждения теплообменников. Переход недостаточно продуман и подчас приводит к чрезмерным экономическим затратам, сомнителен и его экологический эффект. В частности, недостаточно учитываются, как показывает опыт, например Конаковской ГРЭС, положительные аспекты сброса нагретых сточных вод.



Из приведённого краткого обзора возможностей применения методологии гидрологии географического направления к вопросам водного законодательства следует, что для решения практических задач водопользования и разработки нормативно-правовых документов, регулирующих охрану водных объектов, требуется привлечение не только чиновников и экономистов, но и в первую очередь учёных.

\* \* \*

Перечень последних разработок лаборатории гидрологии Института географии РАН в географо-гидрологической области не исчерпывается представленными в статье. В числе других результатов упомянем палеогидрологические исследования А.Л. Чепалыги; гидроэкологическую оценку современного состояния ряда регионов России, в том числе Центрального федерального округа, выполненную А.Г. Георгиади, Н.И. Коронкевичем, Е.А. Барабановой, С.В. Долговым, С.И. Шапоренко, К.С. Мельником; ландшафтно-гидрологические исследования Е.А. Кашутиной, С.В. Ясинского, М.В. Сидоровой, в том числе по выявлению гидрологической роли диффузного загрязнения рек и водоёмов; оценку влияния мирового водопотребления, а также урбанизации на годовой речной сток и качество вод (Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова, И.С. Зайцева, К.С. Мельник); сценарный прогноз влияния антропогенных и климатических факторов на сток европейской части России, основанный на ряде вариантов возможного изменения климата (М.В. Сидорова); выявление экономической эффективности использования водных ресурсов России и её регионов в сравнении с мировыми показателями (С.В. Ясинский, И.С. Зайцева); сравнительную оценку гидроэкологической ситуации в субъектах Российской Федерации (Г.М. Черногаева). Интересные результаты получены также в отделе гляциологии и лаборатории климатологии.

Огромный объём исследований выполнен в последние годы и в других научных организациях России, а также за рубежом. В целом отметим, что одной из основных тенденций географо-гидрологического направления стало ускоренное развитие физико-математического моделирования гидрологических процессов и явлений, прогнозирование возможных гидрологических и гидроэкологических последствий изменения климата и характера хозяйственной деятельности, изыскание наиболее эффективных путей решения водных проблем.

## ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования выполнены в рамках темы государственного задания Института географии РАН АААА-А19-119021990093-8 (FMGE-2019-0007).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Географические направления в гидрологии. М.: Наука, 1995.
2. Вопросы географии. Сборник № 133 “Географо-гидрологические исследования” / Под ред. Н.И. Коронкевича, Е.А. Барабановой. М.: Издательский дом “Кодекс”, 2012.
3. *Львович М.И.* Человек и воды: Преобразование водного баланса и речного стока. М.: Географгиз, 1963.
4. *Львович М.И.* Мировые водные ресурсы и их будущее. М.: Мысль, 1974.
5. Водный баланс СССР и его преобразование / Под ред. М. И. Львовича. М.: Наука, 1969.
6. *Львович М.И., Карасик Г.Я., Братцева Н.П. и др.* Современная интенсивность внутриконтинентальной эрозии суши земного шара / Результаты исследований по международным геофизическим проектам. М.: Межвед. геофиз. комитет, 1991.
7. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия. М.: Наука, 2003.
8. Экстремальные гидрологические ситуации / Отв. ред. Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова, И.С. Зайцева. М.: Медиа-ПРЕСС, 2010.
9. *Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Миллюкова И.П. и др.* Сценарная оценка вероятных изменений речного стока в бассейнах крупнейших рек России. Ч. 1. Бассейн реки Лены. М.: Макс Пресс, 2011.
10. *Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Миллюкова И.П. и др.* Современные и сценарные изменения речного стока в бассейнах крупнейших рек России. Ч. 2. Бассейны рек Волги и Дона. М.: Макс Пресс, 2014.
11. Вопросы географии. Сборник № 145 “Гидрологические изменения” / Под ред. В.М. Котлякова, Н.И. Коронкевича, Е.А. Барабановой. М.: Издательский дом “Кодекс”, 2018.
12. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира / Рос. акад. наук, Ин-т географии. М.: Научный мир, 1997.
13. *Коронкевич Н.И.* Водный баланс Русской равнины и его антропогенные изменения. М.: Наука, 1990.
14. *Долгов С.В., Коронкевич Н.И.* Гидрологическая ярусность равнинной территории // Известия РАН. Серия географическая. 2010. № 1. С. 7–25.
15. *Георгиади А.Г., Миллюкова И.П.* Масштабы гидрологических изменений в бассейне реки Волги при антропогенном потеплении климата // Метеорология и гидрология. 2002. № 2. С. 72–79.
16. *Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Миллюкова И.П. и др.* Современные и сценарные изменения стока Волги и Дона // Водное хозяйство России. 2017. № 3. С. 6–23.
17. *Knutti R., Sedláček J.* Robustness and Uncertainties in the New CMIP5 Climate Model Projections // Nature

- Climate Change. 2012. V. 3(4).  
<https://doi.org/10.1038/nclimate1716>
18. *Meehl G.A., Covey C., Delworth T. et al.* The WCRP CMIP3 multi-model dataset: A new era in climate change research // *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 2007. V. 8. P. 1383–1394.
  19. Водные ресурсы России и их использование / Под ред. И.А. Шикломанова. СПб.: ГГИ, 2008.
  20. *Георгиади А.Г., Милукова И.П., Кашутина Е.А.* Гидрологические изменения в регионах Русской равнины в тёплые эпохи геологического прошлого и сценарного будущего // *Известия РАН. Серия географическая.* 2018. № 5. С. 70–80.
  21. *Georgiadi A.G., Kashutina E.A., Milyukova I.P.* Long-term Changes of Water Flow, Water Temperature and Heat Flux of the Largest Siberian Rivers // *Polarforschung.* 2018. V. 87 (2). P. 167–176.
  22. FAO: AQUASTAT database [www.fao.org/aquastat/en/](http://www.fao.org/aquastat/en/)
  23. *Черногаева Г.М., Жадановская Е.А., Журавлёва Л.Р., Малеванова Ю.А.* Загрязнение окружающей среды в районах России в начале XXI века. М.: Полиграф-Плюс, 2019.
  24. *Тишков А.А.* Биосферные функции природных экосистем России. М.: Наука, 2005.
  25. Экосистемные услуги России. Т. 1. Услуги наземных экосистем. Прототип национального доклада / Редакторы-составители Е.Н. Букварёва, Д.Г. Замолодчиков. М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2015.
  26. Экосистемные услуги России: Прототип национального доклада. Т. 2. Биоразнообразие и экосистемные услуги: принципы учёта в России / Сост. Е.Н. Букварёва, ред. Е.Н. Букварёва, Т.В. Свиридова. М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2020.
  27. *Шапоренко С.И.* Всероссийский водный конгресс: желательна корректировка акцентов // *Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение.* 2019. № 11. С. 4–8.
  28. *Шапоренко С.И., Абдурашидов А.М.* Туралинские озёра: проблемы и решения для пересыхающих лагун. М.: Медиа-Пресс, 2021.
  29. *Шапоренко С.И., Леонов А.В., Дерий А.В., Фёдоров В.Д.* Противоречия нового Водного кодекса Российской Федерации и вопросы охраны водных объектов // *Известия РАН. Серия географическая.* 2009. № 1. С. 14–22.
  30. *Никаноров А.М., Иваник В.М.* Словарь-справочник по гидрохимии и качеству вод суши (понятия и определения). Ростов-на-Дону: Арт-Артель, 2014.