

---

## ГЛОБАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ВОДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РОССИИ И МИРА\*

Данилов-Данильян В. И.\*\*

*В статье рассмотрены общие вопросы воздействия изменений глобального климата на гидросферу, отмечены сложности прогнозирования такого воздействия на водные ресурсы и недостаточная достоверность подобных прогнозов. Обосновано, что последствия изменения климата для водных ресурсов не порождают новых проблем, а лишь обостряют уже существующие. Рассмотрена текущая ситуация с водными ресурсами в России и мире, показано, что решение назревших проблем, усиливаемых изменением климата, лежит на пути интенсификации водопользования, а не привычных подходов экстенсивного типа.*

**Ключевые слова:** изменения климата, водные ресурсы, достоверность прогноза, водное хозяйство, водопользование, экстенсивный тип развития, интенсификация.

*The general issues of the impact of global climate change on the hydrosphere are considered. The difficulties of forecasting such an impact on water resources and the insufficient accuracy of such forecasts are noted. It is proved that the consequences of climate change for water resources do not create new problems, but only exacerbate existing ones. The current situation with water resources in Russia and in the world is considered. It is shown that solving urgent problems aggravated by climate change lies in the intensification of water use, rather than the usual approaches of an extensive type.*

**Keywords:** climate change, water resources, forecast accuracy, water management, water use, extensive type of development, intensification.

Изменения глобального климата, с высокой (для климатологии) скоростью происходящие в последние полтора века, уже привели к значительным последствиям в природе. Среди них такие заметные, как, например, смещение к северу границы тундры и лесотундры, а соответственно, лесотундры и тайги, с полной очевидностью обнаруживаемое при сравнении космических снимков за разные периоды времени. Реакции экономики на подобные уже произошедшие явления пока не столь существенны, как те радикальные структурные сдвиги, которые уже начались в ней в ожидании предстоящих изменений климата с целью их ослабления, – прежде всего это сокращение доли углеводородного топлива в энергетике и бурное развитие производства энергии на основе ее возобновляемых источников.

---

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-00-00600 (18-00-00599).

\*\* Данилов-Данильян Виктор Иванович – д. э. н., профессор, член-корреспондент РАН, научный руководитель Института водных проблем РАН.

Конечно, структурные сдвиги в мировом хозяйстве обусловлены не только вызовами, связанными с изменениями климата, хотя для энергетики именно они являются решающими. Однако значение климата для цивилизации в целом и глобальной экономики столь велико, что при анализе любого аспекта мирового хозяйственного развития обнаруживается значимая роль климатического фактора. Такой анализ неизменно выявляет противоречия движущих сил и конфликты интересов, объективные ограничения (нередко их замечают далеко не сразу), порождающие труднейшие проблемы развития. Обычно оказывается, что изменения климата – дополнительный фактор, еще более осложняющий решение и без того почти непосильных проблем. Именно так обстоит дело с проблемой глобального водного кризиса.

### **Воздействие глобальных климатических изменений на гидросферу**

Глобальные климатические изменения вызваны совместным действием различных причин, основная из которых – антропогенное повышение концентрации парниковых газов в атмосфере, и имеют ряд проявлений, из них главное – глобальное потепление, характеризуемое ростом среднеглобальной приземной температуры (СГПТ). Этот рост неизбежно приводит к увеличению испарения в Мировом океане, который покрывает почти 71 % поверхности Земли, и в других поверхностных водных объектах, расположенных в местностях, где климат будет теплеть (таких заведомо значительное большинство). То же относится и к участкам суши. Доминирующая роль в этом процессе принадлежит океану. Если в настоящее время в атмосфере содержится примерно 13 тыс. км<sup>3</sup> воды (во всех трех фазах – газообразной, жидкой и твердой, в пересчете на жидкую фазу), то к концу века при увеличении СГПТ на 1,5–2 °С прирост этого объема, как ожидается, может составить порядка 10–14 % [Всемирный... 2019].

Однако дело не только в поступлении в атмосферу водяного пара вследствие усиления испарения, но и в том, что при нагреве атмосфера может удерживать большее количество этого газа. Поэтому наивно полагать, что осадки возрастут ровно на столько же, на сколько увеличится испарение. Глобальная характеристика – количество содержащейся в атмосфере воды – это только фон, на котором формируется такая величина, как объем осадков. Ее значение зависит и от другой глобальной характеристики – времени замещения воды в атмосфере, то есть длительности промежутка времени, в течение которого в атмосферу поступает столько воды, сколько в ней содержится. Точнее, три эти величины – глобальное количество осадков (за год), время замещения атмосферной воды и ее объем – взаимосвязаны, но характер связи зависит от огромного количества факторов, в том числе региональных и локальных, определяющих движение воздушных масс.

Эту ситуацию можно рассматривать как яркий пример сильной взаимозависимости макрохарактеристик глобальной системы и ее микрохарактеристик – свойства, чрезвычайно затрудняющего исследование и особенно прогнозирование поведения сверхсложных систем. Обычно макроанализ таких систем представляют по стандартной схеме: сбор микроинформации (например, данных о температуре и осадках в точках наблюдательной сети на поверхности Земли по определенному временному графику в течение длительного периода), получение путем

усреднения данных на этой информационной основе временных рядов макрохарактеристик системы (в нашем примере – СГПТ и глобальных осадков) и изучение связи между рядами, выявление зависимости между исследуемыми показателями. Таким способом (естественно, с многочисленными отклонениями от «идеальной» схемы сбора микроинформации, а также введением в анализ «промежуточных» макропоказателей) получена упомянутая выше зависимость: прирост СГПТ на 1 °C влечет увеличение объема воды в атмосфере примерно на 7 %. Подобное использование классического принципа «черного ящика» неизбежно, необходимо, но далеко не всегда дает решение поставленной задачи. В данном случае речь идет о прогнозировании воздействия глобальных климатических изменений на гидросферу, причем не только в целом, но и на ее отдельные составляющие – те, которые формируют водные ресурсы. Без «проникновения» внутрь «черного ящика» получить информацию, полезную для этой задачи, не удастся. Но даже и без такого «проникновения», то есть при попытках прогнозировать только макропоказатели типа СГПТ, возникают экстраординарные трудности [Данилов-Данильян 2019].

Оценивать водные ресурсы можно только при учете их территориального распределения. Это значит, что следует принимать во внимание все неоднородности поверхности суши – по испарению (физическому – с поверхности и почвы и физиологическому – растениями), по отражательной способности (альбедо), по фильтрационной способности, по высоте над уровнем океана и пр. (а также и неоднородности поверхности океана, где разнообразие далеко не так велико, но все же отнюдь не пренебрежимо).

Термин «глокализация», активно вошедший в научный оборот с начала нашего столетия, достаточно хорошо отражает суть данной ситуации, описывая взаимовлияние глобального и локального, единичного и общего, экосистемного и общебиосферного в процессе взаимодействия различных природных систем. Эта фраза – цитата из [Чумаков 2018] с заменами трех слов: экосистемного – вместо национального, общебиосферного – вместо общечеловеческого и природных – вместо общественных. Нельзя не признать, что глобалистика (и общественное знание в целом) столкнулась с теми же по своей методологической сути проблемами, что и глобальная климатология (а также другие естественно-научные дисциплины).

Для подобного исследования требуется колоссальный объем исходной информации, лишь малая часть которой содержится в архивах систем наблюдения или может быть реконструирована по косвенным данным (например, методами дендрохронологии, то есть по годичным кольцам деревьев). Но главная трудность, вероятно, – не недостаток информации и дефицит исследователей, а нерешенность научно-методологических проблем. Нет уверенности в том, что на некоторые из вопросов, связанных с прогнозированием водных ресурсов в условиях климатических изменений, в принципе можно получить научно обоснованные ответы в предвидимом будущем.

Весьма показательным, что в подготовленном в 2019 г. Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК ООН) «Специальном докладе о последствиях глобального потепления на 1,5 °C выше доиндустриальных уровней и о соответствующих траекториях глобальных выбросов парниковых газов в контексте укрепления глобального реагирования на угрозу изменения климата, а также устойчивого развития и усилий по искоренению нищеты» [Глобальное...] водным ресурсам посвящено всего два небольших абзаца – 24 корот-

ких (так как набор двухколонный) строки. У этого документа 19 редакторов, более 50 авторов (недостатка в специалистах, очевидно, не было) и 110 страниц текста. Цель его – обосновать, что повышение СГПТ к концу XXI в. на 1,5 °С существенно более безопасно, чем на 2 °С. При этом, как следует и из приведенного выше подзаголовка работы, авторы рассматривают свою цель в контексте «устойчивого развития и усилий по искоренению нищеты».

Возможны ли «устойчивое развитие и... искоренение нищеты» в условиях острейшего глобального дефицита водных ресурсов, о котором два десятка лет постоянно говорится в различных документах ООН (главным образом социально-экономических прогнозах), прежде всего – в ежегодных Всемирных докладах ООН о состоянии водных ресурсов (последний из них см.: [Всемирный... 2019])? Нет, конечно, и многочисленные авторы и редакторы «Специального доклада...» МГЭИК это прекрасно понимают. Водные ресурсы постоянно упоминаются в докладе – но не в климатологическом, а в социально-экономическом аспекте (как они нужны, важны – везде, всюду, во всем, как опасны их сокращение, неустойчивость и т. д. и т. п.). К сожалению, в климатологическом аспекте о них можно сказать немного. Что же именно?

«Прогнозируемая повторяемость и масштабы наводнений и засух в некоторых регионах ниже при потеплении на 1,5 °С по сравнению с 2 °С (*средняя степень достоверности*)» [Глобальное... 2019: 38]. Курсивом в круглых скобках авторы «Специального доклада...» МГЭИК отмечают степень достоверности каждого утверждения – как высокую, среднюю или низкую. «Согласно перспективным оценкам, в некоторых регионах риски, связанные с нехваткой водных ресурсов, будут более значительными при глобальном потеплении на 1,5 °С по сравнению с 2 °С (*средняя степень достоверности*). В зависимости от будущих социально-экономических условий ограничение глобального потепления 1,5 °С по сравнению с 2 °С может уменьшить примерно на 50 % долю мирового населения, испытывающего дефицит воды, хотя между регионами существуют значительные различия (*средняя степень достоверности*)» [Там же].

Процитировано больше половины текста тех двух небольших абзацев, которые в «Специальном докладе...» МГЭИК посвящены климатологическому аспекту анализа водных ресурсов. Подобные утверждения в большом количестве встречаются во всех документах ООН и МГЭИК, всегда не более чем со средней степенью достоверности, хотя далеко не всегда это отмечается. С достаточно высокой степенью достоверности можно говорить только о некоторых общих тенденциях, вытекающих из макроанализа, однако при попытках распространить эти тенденции на конкретные регионы, водные объекты (и, соответственно, ресурсы) степень достоверности сразу опускается до средней или ниже. Что это за тенденции?

Во-первых, уже упоминавшийся тренд роста общего (глобального) годового объема осадков.

Во-вторых, рост контрастности распределения осадков: в регионах значительного увлажнения оно, скорее всего, будет возрастать, а в засушливых – снижаться. Для экономики такие явления нежелательны: увеличение осадков будет происходить там, где это не нужно, а в маловодных местностях станет еще суше.

В-третьих, неблагоприятные изменения режима осадков в ряде регионов, особенно внутриконтинентальных: короткие периоды с весьма обильными осадками будут сменяться их длительным отсутствием.

В-четвертых, аналогичные изменения многолетнего масштаба: последовательности маловодных лет будут чередоваться с сериями многоводных.

В-пятых, продолжение уже с полной очевидностью обнаружившейся тенденции увеличения количества и силы водообусловленных стихийных бедствий (наводнений, засух, селей и оползней). Третья из перечисляемых тенденций как раз свидетельствует о чередовании наводнений и засух как характерном явлении для отдельных регионов, обладающем даже некоторой регулярностью. Но этим дело не ограничивается: при возрастающей неустойчивости климатических процессов, сопровождающейся погодными аномалиями всех видов, наводнение может случиться и там, где подобного практически не бывало.

В некоторых странах возможны отдельные позитивные последствия глобального потепления, в том числе и в России (в ряде регионов ожидается формирование более мягкого и влажного климата по сравнению с последними десятилетиями, но при этом вероятны более высокие половодья с наводнениями и пр.) [Второй... 2014]. Но и без подробного анализа ясно, что в экономическом аспекте ситуацию с водными ресурсами отмеченные тенденции будут ухудшать чаще, чем улучшать. Под водным ресурсом водного объекта принято понимать не статический запас воды (то есть объем реально содержащейся в нем воды, оцениваемый, естественно, с применением процедур усреднения данных за разные моменты времени, поскольку постоянным он не бывает никогда; измеряется в  $\text{м}^3$  или  $\text{км}^3$ ), а возобновляемый объем (количество воды, проходящей через фиксированный створ водного объекта за единицу времени, измеряется в  $\text{м}^3/\text{сек}$  – расход,  $\text{м}^3/\text{год}$ ,  $\text{км}^3/\text{год}$  – годовой сток), учитывающий речной и подземный сток. В силу первой из отмеченных тенденций статические запасы, безусловно, возрастут, но возможности водопользования определяют не они, а возобновляемые объемы – собственно водные ресурсы. Они тоже возрастут, но вторая, третья и четвертая тенденции существенно затруднят их использование. Неравномерность выпадения осадков и, как следствие, стока в течение года может обусловить сезонный дефицит воды даже там, где годовой сток весьма значителен и заведомо покрывает годовые потребности. Уже поэтому, несмотря на невысокую достоверность прогнозов, касающихся гидрологических последствий глобальных изменений климата, нужны хотя бы предварительные представления о мерах, которые, возможно, окажутся необходимыми в перспективе двух-трех десятилетий.

### **Текущая ситуация с водными ресурсами в мире и в России**

Дефицит пресной воды в мире обострился настолько, что стало привычным характеризовать сложившуюся ситуацию как глобальный водный кризис [Данилов-Данильян 2008]. При этом имеется в виду использование пресной воды сельским хозяйством, промышленностью, жилищно-коммунальным хозяйством и другими секторами экономики, которые забирают воду в объеме около 4 тыс.  $\text{км}^3$  (4 трлн  $\text{м}^3$ ) в год из поверхностных и подземных природных источников всего мира и сбрасывают в них огромное количество загрязненных стоков. Основным водопотребителем в мире – орошаемое земледелие, на долю которого приходится около 70 % забираемой пресной воды. Экономически доступные ресурсы пресной воды близки к исчерпанию. Однако потребление воды не уменьшается, поскольку продолжает расти население мира, и даже при стабильном населении развивающаяся экономика обычно предъявляет дополнительный спрос на воду.

В мире в целом водные ресурсы используются недостаточно эффективно. Возможности рационализации водопотребления, предоставляемые передовыми современными технологиями, особенно в аграрном секторе, совершенно недостаточно используются в развивающихся странах, не располагающих необходимыми для этого инвестиционными ресурсами. Однако и в некоторых развитых странах нередки примеры далекого от рациональности использования воды даже в относительно недавнем прошлом. Так, в США произошло одно из самых значительных экологических бедствий прошлого века, в результате которого фактически были уничтожены водные и околородные экосистемы среднего и нижнего участков реки Колорадо из-за переэксплуатации ее водных ресурсов.

Конечно, водопользование и управление водными ресурсами в каждой стране имеют свою специфику, обуславливаемую ее особенностями – с одной стороны, природными, с другой – социально-экономическими, этническими, культурными и прочими. При этом, однако, недостатки нередко оказываются очень схожими. Россия, с ее огромной территорией, демонстрирует разнообразие как природных и экономических условий, так и недостатков в управлении водным хозяйством.

По запасам водных ресурсов среди стран мира Россию опережает только Бразилия, возобновляемый объем составляет в нашей стране в среднем около 4,3 тыс. км<sup>3</sup> в год. Водообеспеченность территории у нас (около 250 тыс. м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup> в год) несколько ниже средней по миру, но водообеспеченность населения (почти 30 тыс. м<sup>3</sup>/чел. в год) впятеро выше среднемировой. Однако положение с водоснабжением экономики и населения нельзя считать вполне благополучным, и причины такого положения дел – как объективные, так и субъективные. Объективные причины – это свойства самих водных ресурсов, субъективные определены системой управления водопользованием (не будет большим преувеличением сказать – отсутствием такой системы).

Общеизвестно такое негативное для хозяйства свойство российских водных ресурсов, как резкая неравномерность их географического размещения: по их наличию соотношение между азиатской и европейской частями страны составляет примерно 80:20, в то время как по численности населения и экономическим показателям соотношение обратное. Характерна и сезонная неравномерность: примерно 70 % речного стока у нас проходит в половодье, во 2-м квартале года. Компенсировать эту неравномерность можно использованием подземных вод, но в России их месторождения в основном расположены в тех регионах, где и поверхностных вод в достатке, а не там, где их не хватает.

Как территориальную, так и сезонную неравномерность приходится демпфировать: заниматься регулированием поверхностного стока, строить водохранилища для создания запасов воды (и, конечно, для других целей: гидроэнергетики, речного транспорта, рекреации), каналы для переброски воды (а также для судоходства).

В последнее десятилетие в России забирается из природных источников на хозяйственные нужды около 60 км<sup>3</sup> воды в год, это менее 1,5 % имеющихся ресурсов. Однако в ряде регионов – прежде всего в Крыму, Ставропольском и Краснодарском крае, Калмыкии, Нижнем Поволжье, Оренбургской и Курганской областях – отмечается нехватка пресной воды, главным образом для орошаемого земледелия. Хотя для этой цели в России (в отличие от общемировых показателей) используется всего 13 % забираемой воды, в упомянутых регионах в маловодные годы (а они случаются сериями в 3–4 года и более) возникает очень острая ситуация.

Но реки, озера и водохранилища используются не только как источник свежей воды, но и как приемник использованных в хозяйстве вод. Организованный сброс сточных вод в России достигает  $45 \text{ км}^3$ , из них загрязненных – более 30 %. Природные водные объекты обладают способностью к самоочищению, но соответствующие механизмы сохраняют достаточную работоспособность, если антропогенная нагрузка не достигает объема, при котором угнетаются (тем более – уничтожаются) сообщества организмов, играющие ключевую роль в этих процессах. Казалось бы, 1,5 % водозабора от имеющихся ресурсов – почти пренебрежимая величина! Но при тех базовых технологиях использования этой воды, которыми располагают предприятия российского ЖКХ, промышленности, сельского хозяйства, применяемых способах очистки стоков даже 1,5 % оказалось достаточно, чтобы едва ли не все реки в хозяйственно освоенных районах либо протекающие через места размещения крупных предприятий, занятых добычей или переработкой минерального сырья, оказались загрязненными, грязными, а нередко и экстремально грязными (эта последняя степень по шкале загрязнения довольно часто встречается среди притоков крупных российских рек).

Значительно растет, особенно в последние годы, материальный ущерб от наводнений (в паводкоопасных регионах по среднесреднегодным данным он составляет 5–10 % от валового регионального продукта), переработки берегов, подтопления, заболачивания и засоления земель (прежде всего из-за нерационального расхода воды при орошении), водной эрозии.

В ходе радикальных экономических реформ существенно снизилось инвестирование водного хозяйства; результатом этого стали износ основных водохозяйственных фондов, недостаточный уровень безопасности гидротехнических сооружений (всех форм собственности). Общая степень износа водоохраных и водосберегающих фондов практически неизвестна (надежная статистика отсутствует), но она заведомо больше, чем в экономике России в целом, где составляет не менее 50 %. Характерны непроизводительные потери воды, отсутствие удовлетворительных систем учета количества и качества потребляемой и отводимой воды.

Неудивительно, что при таком состоянии водных источников (только 1 % воды, забираемой для целей питьевого водоснабжения, отвечает высшей категории качества) и систем централизованного водоснабжения не гарантируется соответствие подаваемой населению воды санитарно-гигиеническим требованиям. Представленные в [Государственный... 2018] данные свидетельствуют, что значительная часть населения страны использует для питья воду, не соответствующую гигиеническим требованиям и нередко представляющую реальную угрозу здоровью.

Нормативы качества для питьевой воды (по минерализации, жесткости и бактериальному загрязнению), вопреки распространенному среди неспециалистов мнению, не слишком сильно отличаются от сельскохозяйственных и промышленных, а рыбохозяйственным (иногда и промышленным) даже уступают по отдельным показателям. Разница между потребляемой питьевой и непитьевой пресной водой не столько в качестве, сколько в объеме потребления. Население мира, численностью превосходящее 7 млрд человек, выпивает примерно 0,1 % всей пресной воды, забираемой из природных источников мировым хозяйством.

Настоящую шумиху (продолжающуюся до сих пор) в СМИ всего мира вызвал прогноз почти 20-летней давности, согласно которому в совсем недалеком будущем цена бутылки воды будет превышать цену бутылки бензина [Healy, Cawleyb

2002]. В том, что цена бутилированной воды будет близка (по крайней мере иногда) к цене нефти, сомневаться не приходилось и в 2002 г. Но это еще не основание для якобы полной аналогии между водой и нефтью. Этот миф, используемый для всевозможных спекуляций, основан на подмене понятий и игнорировании реальных масштабов водопотребления. К глобальному дефициту водных ресурсов цена бутылки воды – бутилированной воды – не имеет отношения, практически не зависит от него. В этой цене на собственно воду приходится лишь доли процента, остальное – тара, розлив, логистика, лицензирование, сертификация и пр. По данным Международного независимого института аграрной политики, объем мирового производства бутилированной воды в 2015 г. достиг 170 млрд л [Мировой...]. Так что в годовом исчислении относительно современного глобального водозабора объем мирового производства бутилированной воды составляет примерно 0,004 %. Даже если предположить, что в 2050 г. все население Земли при прогнозируемой численности около 10 млрд человек и при том же, что и в настоящее время, общем глобальном отборе воды около 4 тыс. км<sup>3</sup> будет потреблять в расчете на одного жителя столько же бутилированной воды, сколько современный европеец (примерно 100 л в год; отметим, что среднеевропейское потребление воды в жилищно-коммунальном хозяйстве составляет около 200 л в день на человека), то и в таком случае вместо 0,004 % получим 0,025 %. Очевидно, что этот сектор водопотребления с дефицитом пресной воды практически не связан – ни прямой, ни обратной связью, объем бутилируемой воды пренебрежимо мал по сравнению с общим глобальным водопотреблением, а цена бутылки воды (в сопоставлении с ценой бутылки бензина или безотносительно к ней) ровным счетом ничего не говорит о водном кризисе.

#### **Что дальше в условиях глобального потепления?**

Анализ ситуации с водопользованием в России выявляет большое количество проблем, весьма актуальных и труднорешаемых, однако с изменением климата не связанных, во всяком случае, не этим изменением порожденных. Долгосрочные прогнозы развития российской экономики показывают возможность не только усиления дефицита воды в тех регионах, где он уже наблюдается, но и его формирование практически на всей территории европейской части России (кроме самых северных областей) даже в условиях стационарного климата. Этот дефицит (причем весьма острый) неизбежно возникнет, если реализовываться будет тот из прогнозных сценариев, который предполагает экстенсивный рост экономики. К сожалению, приходится признать, что вероятность именно такого варианта отнюдь не исключена: за последние 50 лет рост российского ВВП обеспечивался прежде всего за счет экстенсивных факторов (а также внешних – в периоды роста мировых цен на нефть). Фактически эти прогнозы говорят о том, что в европейской части России дальнейшая ориентация на экстенсивное развитие водопользования и экономический рост несовместимы.

Аналогичная ситуация сложилась во многих странах мира – тех, где водное хозяйство не отвечает современным требованиям, а система управления им неэффективна. Если же при этом страна бедна водными ресурсами, то положение становится близким к катастрофическому. И возможные последствия изменений климата для водных ресурсов, прежде всего для их режима, влекут во всех этих случаях ухудшение ситуации и осложнение и без того существующих проблем.

Россия не является исключением: с изменением климата имеющиеся проблемы водопользования и управления водным хозяйством обострятся. Прежде всего, это весьма вероятная аридизация климата на юге европейской части страны и Западной Сибири [Второй... 2014], что сделает проблему водообеспечения этих регионов особенно острой.

Меры по решению ресурсных проблем подразделяются на экстенсификационные и интенсификационные. Первые направлены на вовлечение в экономику дополнительных объемов ресурсов, вторые предполагают повышение эффективности их использования благодаря внедрению новых технологий, всемерной экономии, улучшению качества управления. Экстенсификационные и интенсификационные меры совместимы, можно увеличивать объем вовлеченных в экономику ресурсов, одновременно предпринимая действия по повышению эффективности их использования, снижая потери и т. п. Однако, как правило, доминирует одно из этих направлений, и если для индустриальной стадии развития характерно преобладание экстенсификационных мер, то для постиндустриальной стадии при переходе к информационному обществу они замещаются интенсификационными. Эта тенденция обусловлена не только сокращением доступных запасов многих ресурсов, ростом затрат на их вовлечение в экономику, но и – в еще большей степени – существенным расширением технических возможностей ресурсопользования, появлением новых технологий. Однако перестройка отраслевой структуры реального сектора экономики может потребовать роста потребления какого-либо ресурса, в частности воды, и в период интенсификации хозяйства.

Главным способом доставки дополнительной воды в водонедостаточные регионы остается территориальное перераспределение речного стока. Общий объем существующих перебросок в мире составляет примерно  $597 \text{ км}^3/\text{год}$ . В России действуют 34 системы перераспределения стока общей протяженностью каналов около 3 тыс. км и пропускной способностью около  $15 \text{ км}^3/\text{год}$ . Значительное большинство перебросок в мире – внутрибассейновые. Фактически внутрибассейновыми являются все крупнейшие переброски в России, осуществляемые через Донской канал, Большой Ставропольский канал, Канал им. Москвы.

Из разработанных проектов переброски стока самый крупномасштабный, широко известный и дискуссионный – проект перераспределения части стока р. Оби в Аральский регион, так называемая Сибирская переброска. Этот проект, в современных условиях – международный, разрабатывался с 1976 г. по решению ЦК КПСС. В 1982 г. ТЭО было представлено на экспертизу в Госплан СССР. Параметры проекта: протяженность канала – 2550 км, ширина – до 200 м, глубина – до 16 м; для переходов через водоразделы предполагалось построить 8 насосных станций с годовым потреблением электроэнергии 10,2 млрд кВт·ч. Объем водозабора –  $27,2 \text{ км}^3/\text{год}$ . Забор воды (исток канала) предполагался в нижнем течении р. Оби, ниже впадения в нее р. Иртыш, вблизи Ханты-Мансийска.

В Заключении экспертной подкомиссии Госэкспертизы Госплана СССР, датированном 20. 09. 1982 г., отмечено, что ряд важных вопросов в ТЭО проработаны достаточно серьезно, но другая часть – неудовлетворительно. Работа над ТЭО и его научным обоснованием в принципе позволила глубоко проанализировать ряд научных проблем, в том числе – фундаментальных, но этого отнюдь не достаточно. В Заключении содержится почти 100 серьезных замечаний. По современ-

ным представлениям, при таком количестве замечаний вердикт должен быть отрицательным. Но в 1982 г. отказ от переброски не предполагался.

Расчет оценки («в первом приближении») капитальных затрат, которые в настоящее время понадобились бы для строительства главного канала Обь – Аральский регион, приведен в [Данилов-Данильян 2009]; она составляет около 448,8 млрд долларов. На сооружение всей системы в целом, согласно данным ТЭО, капиталовложений требуется в 2,3 раза больше, чем на строительство главного канала, следовательно, порядка 1 трлн долларов. Кроме того, для производства электроэнергии на перекачку воды предполагалось построить специальную атомную электростанцию.

Немаловажное значение имеет и тот факт, что взятые за основу оценки первоначальные данные рассчитывались проектантами тогда, когда в СССР существовали мощные строительные организации Минводхоза СССР, необходимая техника в больших количествах производилась советскими предприятиями, еще не прекратилась практика «народныхстроек», позволявшая мобилизовать для реализации проектов такого масштаба огромные массы рабочей силы (высокая квалификации для большинства занятых на подобных стройках не требовалась). Теперь ничего этого уже нет.

Качество воды в низовьях Оби (в том числе благодаря сбросу в Иртыш с территории Казахстана стоков, загрязненных отходами горной промышленности и металлургии) весьма низкое, сомнительно, что она годится для орошаемого земледелия. Тревожный фактор – намерение использовать сток р. Черный Иртыш (верхняя часть Иртыша) в Китае (до 90 % расхода воды в пограничном между Казахстаном и Китаем створе).

Реализация проекта Сибирской переброски содействовала бы консервации структуры народного хозяйства России. Она закрепляла бы сырьевую ориентацию экономики, с одной стороны, и вовлекала бы значительное число работников в сферу деятельности, соответствующую индустриальному, а не постиндустриальному этапу развития. Строительство подобного канала предполагает вместо вложений в человеческий капитал и использования квалифицированного труда в нормальной инфраструктуре тяжелый, низкоквалифицированный, неразвивающий труд в «полевых» условиях.

Одновременно с проектом перераспределения части стока р. Оби в Аральский регион был разработан другой проект крупномасштабной переброски – из рек бассейнов Северной Двины и Печоры в бассейн Волги. Сначала целью этого проекта провозглашалась необходимость сохранить достаточно высоким уровень воды в Каспийском море (в 1960–1970-е гг. он заметно снижался), а когда уровень Каспия стал в силу природных причин расти, пришлось объявить другую цель – резкое расширение поливного земледелия в нижней части бассейна Волги, в Республике Калмыкия и Ставропольском крае. Нет необходимости подробно рассматривать здесь характеристики и особенности этого проекта – он отмечен теми же негативными свойствами, что и Сибирская переброска.

Проекты перераспределения стока р. Оби в Аральский регион, стока рек бассейнов Северной Двины и Печоры в бассейн р. Волги, как и любые другие крупномасштабные проекты такого рода на территории России, в настоящее время и на период, приемлемый для обоснованного экономического прогноза, не представляются реализуемыми хотя бы из-за невозможности найти необходимые фи-

нансовые средства. Это не означает, что все проекты территориального перераспределения стока нежизнеспособны. Они могут оказаться экономически эффективными и экологически приемлемыми в специфических условиях. Эти условия зависят от разнообразных факторов: географических (характер рельефа, высота водораздела и т. п.), гидрологических (объем и режим стока в реке-доноре и пр.), технологических (канал в открытом русле, земляное русло с той или иной гидроизоляцией, водовод и т. п.), социально-экономических (настоятельность потребности в дополнительной воде, направления ее использования, отсутствие экономически приемлемых альтернатив и пр.). Разнообразие возможностей здесь столь велико, что каждый конкретный случай требует специального анализа. В частности, не может быть универсального ответа на вопрос: сколько воды (в процентах от среднесуточного годового стока) можно забрать из природного водотока?

В России недостаточно используются подземные воды – как для хозяйственно-питьевого водоснабжения, так и, особенно, для гидромелиорации. Дополнительным источником водных ресурсов могут стать и опресненные воды, прежде всего Азовского моря. Опреснение морских либо минерализованных подземных вод в ряде стран стало основным способом водообеспечения. Наиболее мощные опреснительные заводы построены на Ближнем Востоке. Водоснабжение Кувейта полностью обеспечивается опреснением (около 2 млн м<sup>3</sup>/сут), наибольший объем опресненной воды производит Саудовская Аравия (свыше 7,4 млн м<sup>3</sup>/сут), что составляет 18 % мирового производства, почти столько же выпускают Объединенные Арабские Эмираты (7,3 млн м<sup>3</sup>/сут). Недостатком опреснения является большое потребление электроэнергии и, преимущественно поэтому, довольно высокая себестоимость получаемой воды. Самая низкая в мире себестоимость опресненной воды в Израиле и в Испании (два завода в Барселоне), где она составляет 0,5 доллара США за 1 м<sup>3</sup>. Себестоимость опреснения существенно зависит от качества получаемой воды (уровня остаточной минерализации и наличия необходимых для соответствия стандартам питьевой воды веществ в требуемых концентрациях) и степени солености опресняемой воды.

В водонедостаточных странах апробируются пока малоприменяемые способы получения дополнительной воды: конденсация атмосферной влаги, активное воздействие на недождевые облака с целью вызвать выпадение осадков и пр.

Интенсификационные меры – это водоохрана, водосбережение, рациональное использование имеющейся воды, совершенствование систем водоподдачи и водоотведения, мелиоративных систем, переход на замкнутые циклы водопользования, переход на закрытые трубопроводы для подачи питьевой воды, разделение водоподдачи питьевых и технических вод и др.

Имеются ли интенсивные факторы развития водопользования в России? Имеются, в этом нет ни малейших сомнений. Это прежде всего внедрение систем подземного капельного орошения (уже применяется в Астраханской области), экономия воды в ЖКХ. В Москве потребление воды за 30 лет при росте численности населения города сократилось на 30 % не только в результате падения промышленного производства, но в большей мере вследствие введения расчетов за воду по показаниям водосчетчиков. Интенсификационными являются все меры по охране вод от загрязнения, вполне возможно, что именно они являются наиболее эффективными для России, здесь у нас – непочатый край работы.

Строительство трех каналов для переброски части стока р. Янцзы в северо-восточные районы Китая не дает покоя многим сторонникам экстенсивного пути решения водных проблем. Этот проект, безусловно успешный, не может быть примером для России: слишком велики различия в экономических, социальных, гидрологических условиях этих стран. Три китайских канала (два из них уже построены – Восточный и Центральный), согласно проекту, должны подавать воду на территорию бассейнов рек Хуанхэ, Хуайхэ и Хайхэ, где проживают более 400 млн человек и население продолжает расти. Для сравнения: на территории бассейна Волги проживает около 61 млн человек, а население вовсе не растет. Общий среднемноголетний речной сток в северо-восточных районах Китая составляет не более 130 км<sup>3</sup>/год; для Волги этот показатель равен примерно 255 км<sup>3</sup>/год. Китайские каналы должны обеспечивать водоснабжение населения и промышленности, а не орошаемого земледелия, альтернатива им только одна – переселение десятков миллионов жителей в водообеспеченные районы и передислокация промышленных предприятий.

Приведенные данные однозначно являются свидетельством – пусть даже косвенным – того, что в бассейне Волги имеются огромные резервы для развития водохозяйственного комплекса путем интенсификации, и переброска части стока Северной Двины и Печоры (а тем более – Оби через Северный Урал, и такой вариант предлагался) может рассматриваться только после использования существенной части этих резервов. А в азиатской части России хватает ресурсов и для экстенсивного развития, только злоупотребление ими может – в очередной раз! – стать причиной технологического отставания.

При обосновании проектов территориального перераспределения стока обязательны экосистемный подход, гарантированное обеспечение экологической устойчивости речного бассейна как приоритет при определении величины допустимого объема изъятия стока рек-доноров. Опыт показывает необратимость экологических катастроф, а «компенсация ущерба», если дело касается природной или социальной среды, нередко оказывается совершенно несопоставимой с этим ущербом.

Водные ресурсы постепенно занимают одно из центральных мест в системах управления развитием почти всех стран мира, в том числе и водообеспеченных (именно они – Великобритания, Нидерланды, Дания, Швеция, Германия и др. демонстрируют наибольшие успехи в рационализации использования водных ресурсов и их охране).

Превращение водного хозяйства России в передовую, отвечающую современным требованиям инфраструктурную и ресурсообеспечивающую отрасль требует значительных капитальных вложений (только на водоснабжение и канализацию, по разным экспертным оценкам, требуется 1–2 трлн руб.). Однако инвестиции могут быть эффективно освоены только в том случае, если одновременно будет совершенствоваться управление водохозяйственным комплексом страны в целом (в него помимо водного хозяйства входят основные отрасли-водопользователи: ЖКХ, сельское хозяйство, гидроэнергетика, речной транспорт, рыбное хозяйство, металлургия, целлюлозно-бумажная промышленность, химическая промышленность и др.).

### **Заключение**

Достоверность климатологических прогнозов оставляет желать лучшего и уменьшается вместе с географическим масштабом водного объекта, режим кото-

рого исследуется. Изменения глобального климата существенно воздействуют на водный режим, с экономической точки зрения это приводит к негативным последствиям чаще, чем к позитивным. Водообеспеченность является критическим фактором для ряда регионов России, а уже в следующем десятилетии может стать таковым почти для всей территории европейской части страны.

Однако изменения климата не создают новых проблем в связи с водными ресурсами и их использованием, а лишь обостряют уже существующие, как правило – давно известные, застарелые. Воздействие изменений климата на водные ресурсы, на водное хозяйство, водоемкие производства требует усиления внимания к узким местам в их производственных системах, а в случае ЖКХ – к социальным аспектам бытового водопотребления, к санитарным и медицинским требованиям, обеспечивающим популяционное здоровье человека.

Развитие водохозяйственного комплекса в постиндустриальную эпоху должно базироваться на интенсификационных методах, экстенсивный подход следует признать возможным лишь в условиях исчерпания потенциала интенсификации. Попытка решать водные проблемы, ориентируясь на расширение ресурсной базы в условиях изменений климата, пренебрежение обусловленными ими угрозами могут очень дорого обойтись как живущему, так и, тем более, будущим поколениям. Управленческие решения в данной сфере, учитывая значительные риски ошибок и характерные для нее ситуации высокой неопределенности, следует разрабатывать на основе риск-ориентированного подхода.

Глобальный характер дефицита водных ресурсов, общность задач по совершенствованию управления водопользованием для различных по гидрологическим условиям стран диктуют необходимость развития международного сотрудничества. Между тем среди существующих международных соглашений и договоров, касающихся водных отношений, отсутствует документ, сопоставимый по широте охвата проблемы и глубине ее проработки с Рамочной конвенцией по изменению климата, Конвенцией о биологическом разнообразии, Венской конвенцией по охране озонового слоя.

### *Литература*

Всемирный доклад ООН о состоянии водных ресурсов 2019: Не оставляя никого в стороне [Электронный ресурс] : Бюро ЮНЕСКО в Алматы. 2019. 21 марта. URL: <http://ru.unesco.kz/un-world-water-development-report-2019-leaving-no-one-behind> (дата обращения: 13.04.2020).

Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / науч. рук. В. М. Катцов, С. М. Семенов. М. : Росгидромет, 2014.

Глобальное потепление на 1,5 °C [Электронный ресурс] : МГЭИК. 2019. URL: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15\\_Summary\\_Volume\\_russian.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_russian.pdf) (дата обращения: 13.04.2020).

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 г. [Электронный ресурс] : Министерство природных ресурсов Российской Федерации, НПП «Кадастр». 2018. URL: <https://bibl.gorobr.ru/?view=content&id=34366> (дата обращения: 13.04.2020).

Данилов-Данильян В. И. Глобальная проблема дефицита пресной воды // Век глобализации. 2008. № 1. С. 51–63.

Данилов-Данильян В. И. Водные ресурсы – стратегический фактор долгосрочного развития экономики России // Вестник РАН. 2009. Т. 79. № 9. С. 789–796.

Данилов-Данильян В. И. Глобальная климатическая проблема и возможности прогнозирования // Век глобализации. 2019. № 4. С. 3–15.

Мировой и российский рынки бутилированной воды [Электронный ресурс] : Международный независимый институт аграрной политики. URL: <http://мниап.рф/repository/analytics/318/document.pdf> (дата обращения: 13.04.2020).

Чумаков А. Н. Основные тренды мирового развития: реалии и перспективы // Век глобализации. 2018. № 4(28). С. 3–15.

Healy A., Cawley M. Nutrient Processing Capacity of a Constructed Wetland in Western Ireland // Journal of Environmental Quality. 2002. No. 31. Pp. 1739–1747.

### References

Vsemirnyj doklad OON o sostojanii vodnyh resursov 2019: Ne ostavljaja nikogo v storone [UN World Water Report 2019: Leaving No One Aside] : UNESCO buro in Almaty. 2019. March 21. URL: <http://ru.unesco.kz/un-world-water-development-report-2019-leaving-no-one-behind> (accessed: 13.04.2020).

Vtoroy ocenochnyj doklad ob izmenenijah klimata i ih posledstvijah na territorii Rossijskoj Federacii [The Second Assessment Report on Climate Changes and Their Consequences on the Territory of the Russian Federation] / scientific directors V. M. Kattsov, S. M. Semyonov. Moscow : Rosgidromet, 2014.

Global'noe poteplenie na 1,5 °C [Global Warming by 1.5 °C] : IPCC. 2019. URL: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15\\_Summary\\_Volume\\_russian.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_russian.pdf) (accessed: 13.04.2020).

Gosudarstvennyj doklad “O sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej sredy Rossijskoj Federacii v 2018 g. [State Report “On the State and Protection of the Environment of the Russian Federation” in 2018] : Ministry of Natural Resources of the Russian Federation, SPE “Cadastre”. 2018. URL: <https://bibl.gorobr.ru/?view=content&id=34366> (accessed: 13.04.2020).

Danilov-Danil'jan V. I. Global'naja problema deficita presnoj vody [The Global Problem of Fresh Water Shortage] // Vek globalizatsii. 2008. No. 1. Pp. 51–63.

Danilov-Danil'jan V. I. Vodnye resursy – strategicheskij faktor dolgosrochnogo razvitiya ekonomiki Rossii [Water Resources – a Strategic Factor of Long-term Development of the Russian Economy] // Vestnik RAN. 2009. Vol. 79. No. 9. Pp. 789–796.

Danilov-Danil'jan V. I. Global'naja klimaticheskaja problema i vozmozhnosti prognozirovaniya [The Global Climate Problem and Forecasting Capabilities] // Vek globalizatsii. 2019. No. 4. Pp. 3–15.

Mezhdunarodnyj nezavisimyj institut agrarnoj politiki. Mirovoj i rossijskij rynki butilirovannoj vody [International Independent Institute for Agrarian Policy. World and Russian Markets of Bottled Water] : International Independent Institute of Agrarian Policy. URL: <http://мниап.рф/repository/analytics/318/document.pdf> (accessed: 13.04.2020).

Chumakov A. N. Osnovnye trendy mirovogo razvitija: realii i perspektivy [The Main Trends of World Development: Realities and Prospects] // Vek globalizatsii. 2018. No. 4(28). Pp. 3–15.

Healy A., Cawley M. Nutrient Processing Capacity of a Constructed Wetland in Western Ireland // Journal of Environmental Quality. 2002. No. 31. Pp. 1739–1747.