

# ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕК РФ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Георгиевский В.Ю.<sup>1</sup>, Коронкевич Н.И.<sup>2</sup>, Алексеевский Н.И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «ГГИ», <sup>2</sup>Институт географии РАН, <sup>3</sup>МГУ имени М.В.Ломоносова

**Введение.** Водные ресурсы страны – важный фактор ее социального и экономического развития, экологического благополучия. Их наличие или дефицит влияет на возможность, масштаб и эффективность водопользования. Россия относится к наиболее благополучным странам планеты в отношении возобновляемых водных ресурсов, которые составляют около 11% планетарных возобновляемых водных ресурсов, хотя отдельные регионы страны обеспечены водой недостаточно. К тому же водные ресурсы любой территории подвержены временной изменчивости, что нередко приводит к их неблагоприятным изменениям. По этой причине изучение закономерностей формирования и изменения водных ресурсов относится к наиболее актуальным направлениям гидрологической науки.

В решениях VI Гидрологического съезда, состоявшегося 28 сентября – 1 октября 2004г., были определены приоритетные задачи исследований:

- текущая оценка водных ресурсов и долгосрочное прогнозирование водообеспеченности страны, разработка современных и перспективных водохозяйственных балансов речных бассейнов с учетом усиления антропогенного влияния на водные объекты в условиях возможного изменения климатической ситуации;
- дальнейшее развитие исследований по изучению компонентов глобального гидрологического цикла в условиях интенсивного использования водных ресурсов и глобального потепления.

**Основные направления исследований между VI и VII Всероссийскими гидрологическими съездами.** В период после 2004г. исследования в области водных ресурсов и водного режима рек страны выполнялись в основном в соответствии с решениями VI съезда. Изучались теоретические вопросы глобального гидрологического цикла, планетарного и регионального влагообмена, круговорота воды и речного стока. Многочисленные исследования были посвящены особенностям формирования и изменения водных ресурсов, внутригодового распределения стока, характерных расходов воды на территориальном, региональном и бассейновом уровнях обобщения гидрологической информации. Существенно возрос интерес ученых к прогнозу климатической изменчивости стока воды. В этой области гидрологии широкое участие принимали представители разных

наук. В то же время уменьшилось число публикаций, касающихся проблем влияния хозяйственной деятельности на водные ресурсы и режим стока. Обычно изучение указанных проблем сочеталось с изучением роли природных (климатических) факторов в трансформации величины и внутригодового распределения стока воды.

Исключительно востребованы данные о составляющих водного баланса, которые не обновлялись в течение нескольких десятилетий. При сохранившихся разночтениях в отношении определения границ и состава гидросферы определенный прогресс очевиден в области исследования глобального водообмена, изменений мирового водного баланса, составляющих водного баланса.

### **Водные ресурсы РФ, регионов и основных рек страны, их многолетняя динамика.**

Среднемноголетние современные водные ресурсы (ресурсы речного стока) страны (1936-2012гг.) оцениваются в 4344км<sup>3</sup>/год. В последние десятилетия водные ресурсы были больше по сравнению с предшествующим многолетним периодом. Распределение их по территории весьма неравномерно. Водные ресурсы страны неравномерно распределены и между федеральными округами страны. Наиболее обеспечено водными ресурсами население и хозяйство наименее освоенных регионов Российской Федерации, тогда как в Центральном и Южном округах обеспеченность водными ресурсами явно недостаточна. Водные ресурсы испытывают значительные изменения во времени. Для крупнейших рек бассейна Северного Ледовитого океана (Печора, Енисей, Лена) характерной является повышенная водность в последние десятилетия. Выше нормы был сток р.Волги, хотя последние годы были относительно маловодными. Существенное снижение водности в последние два десятилетия произошло в бассейнах Дона, Верхней Оби и Иртыша.

В период между съездами активно изучались особенности формирования и трансформации водного режима российских рек, экстремальных расходов воды на фоне происходящих климатических изменений. Они выявлены для федерального, регионального, бассейнового и локального масштабов обобщения гидрологической информации. На массовом материале, в частности, охарактеризована территориальная изменчивость коэффициента естественной зарегулированности стока воды и внутригодовой неравномерности стока, выявлены особенности динамики гидрологических характеристик в последние десятилетия.

Главной особенностью изменения внутригодового распределения стока воды в пределах значительной части равнинной территории ЕТР стало уменьшение роли половодья в

формировании годового стока рек, уменьшение максимальных и очень значительное увеличение минимальных расходов воды. Типичный для рек региона восточно-европейский тип водного режима с одним годовым максимумом стока трансформируется в режим, для которого характерен гребенчатый тип гидрографа в период максимального стока. Ранее таких изменений водного режима не происходило вследствие доминирующей роли стока за период весеннего половодья. В этих районах в результате повышения зимних температур воздуха возросло число и продолжительность оттепелей, уменьшились предвесенние запасы воды.

Увеличение водности рек в зимний сезон года характерно практически для всей территории страны. Зимний сток в бассейнах Волги, Дона, рек Запада ЕТР возрос на 50 – 120%. Здесь в колебаниях минимального стока холодного периода выявлены статистически значимые положительные тренды. Они обусловлены увеличением увлажненности, подземного питания рек и значительным возрастанием естественной зарегулированности стока.

Летне-осенний сток рек во многих регионах России также возрос. Наиболее существенное его увеличение (на 40–70%) характерно для рек южной части лесной, лесостепной и степной зон ЕТР. В верхней части бассейна Северной Двины это увеличение не превышало 25%. На реках юга Западной Сибири минимальные расходы воды в целом возрастали (на фоне увеличения коэффициента вариации стока), увеличение зимнего стока на 20-40% произошло на реках бассейна Лены, а также в бассейнах рек Оленёк, Яна, Индигирка.

Максимальные расходы воды в бассейнах рек, где произошло снижение стока весеннего половодья, существенно снизились. Уменьшение максимального стока на 20-40% характерно для большинства рек юго-западной и западной частей ЕТР, где максимальные расходы формируются в период весеннего половодья. На реках страны, где максимальные в году расходы воды формируются в период прохождения дождевых паводков (Северный Кавказ, Дальневосточное Приморье), в целом происходит увеличение повторяемости опасных наводнений. На реках Черноморского побережья Кавказа и бассейна Кубани, в бассейне Амура в последние годы прошли катастрофические паводки с максимальными расходами вод, значительно превышающими ранее наблюдаемые, сформировавшиеся в результате выпадения экстремальных осадков. Для рек этих регионов характерным является значительное увеличение изменчивости максимальных расходов воды. Увеличение повторяемости паводков отмечается также на Среднем Урале и юге Западной Сибири, а

наводнений, вызванных образованием заторов льда, в средней части бассейнов Лены и Енисея.

**Современные оценки антропогенных изменений водных ресурсов.** Для оценки влияния хозяйственной деятельности на водные ресурсы, прежде всего, необходимо учитывать роль антропогенных факторов, связанных с непосредственными изъятиями пресной воды из водных объектов и созданием крупных водохранилищ. Эти факторы имеют повсеместное распространение и способны оказать особенно большое влияние на водные ресурсы крупных речных бассейнов. Количественные изменения водных ресурсов под влиянием хозяйственной деятельности стали заметными в 50-е годы XX в., когда резко возросло водопотребление. Максимальные объемы водопотребления в нашей стране имели место в 1980-х годах, когда суммарный водозабор пресных вод составлял 115-120 км<sup>3</sup> в год (использовалось 107-112 км<sup>3</sup>/год). В этот период на долю промышленности (с теплоэнергетикой) приходилось около 57% от водозабора, на орошение - 28%, коммунальное водопотребление - 10% и сельхозводоснабжение - 5%. После 1990г., в связи с распадом СССР, началось интенсивное уменьшение водозабора и объема использования пресных вод, обусловленное резким сокращением промышленного и сельскохозяйственного производства. В настоящее время суммарный водозабор составляет около 70 км<sup>3</sup>.

Весьма значительно изменилась и роль отдельных водопотребителей в общем объеме использования воды: в настоящее время на долю промышленности приходится 66%, коммунального хозяйства – 20%, орошения – 12% и сельскохозяйственного водоснабжения – 2%. Следует отметить, что в последние годы объемы использования воды в стране практически стабилизировались. Как и в целом по России, водопотребление (полное и безвозвратное) в бассейнах основных рек в настоящее время существенно снизилось по сравнению с 1980-ми годами.

Говоря о безвозвратных потерях, необходимо также учитывать потери, связанные с дополнительным испарением с поверхности водохранилищ, которое может значительно увеличивать их объем, особенно в южных регионах с засушливым климатом, а также потери за счет сельскохозяйственного орошения. Суммарная величина дополнительных потерь на испарение с водохранилищ России колеблется в среднем за многолетний период от 11 до 12 км<sup>3</sup> в год, из которых около 5,5-6,0 км<sup>3</sup> в год приходится на водохранилища в бассейне р.Волга; для бассейна р.Дон эта величина составляет примерно 2 км<sup>3</sup> в год, для р.Енисей – 0,5-0,6 км<sup>3</sup> в год, для р.Кубань – 0,3 км<sup>3</sup> в год. Значительное в ряде случаев воздействие на

речной сток оказывают ландшафтные изменения водосборов, связанные с агротехническими мероприятиями, осушением земель, лесным хозяйством, ростом урбанизированных территорий. При этом различные виды хозяйственной деятельности на водосборах действуют на сток неоднозначно, взаимно компенсируя друг друга, тем более, что в условиях резкого сокращения распахиваемых, в том числе под зябь, и засеваемых площадей в России после 1990г., общего снижения уровня агротехники, влияние этого вида водопользования на водные ресурсы реки резко уменьшилось.

**Водообеспеченность.** Результаты оценок водообеспеченности, выполненные для всех основных рек РФ показали, что в соответствии с классификацией по удельной водообеспеченности на одного жителя, в средние по водности годы средняя водообеспеченность (5-10тыс.м<sup>3</sup>/чел.) в настоящее время характерна для верхней Волги, р.Белой и р.Иртыша. На водосборах Северо-Запада водообеспеченность остается достаточно высокой – до 20тыс.м<sup>3</sup>/чел. Водообеспеченность водосборов северных и сибирских рек очень высока - от 80тыс.м<sup>3</sup>/чел. (Северная Двина) до 1350тыс.м<sup>3</sup>/чел. (р.Камчатка). Исключение составляют верховья рек Оби и Иртыша, где водообеспеченность определяется на границе средней и высокой (10-11тыс.м<sup>3</sup>/чел.). Очень низкая водообеспеченность сложилась в бассейне р.Северский Донец (0.87тыс.м<sup>3</sup>/чел.), низкая (до 5тыс.м<sup>3</sup>/чел.) – на водосборах рек Дон, Кубань, Терек, Ока, Клязьма, Сура и Урал. Речные бассейны, занимающие 15% территории России и имеющие суммарные водные ресурсы около 9% от общероссийских, являются самыми густонаселенными (76% населения РФ) и экономически развитыми регионами нашей страны. Поэтому здесь стоят наиболее острые проблемы водообеспечения, особенно в маловодные годы. Таким образом, несмотря в целом на тенденцию увеличения в России суммарных водных ресурсов и произошедшего снижения объемов водопотребления при сокращении численности населения, несоответствие имеющихся водных ресурсов и их использования по территории страны является фактором возникновения «водных стрессов», особенно для юга Европейской части России и юга Западной Сибири.

**Водные ресурсы в XXI столетии.** Оценки возможных изменений ресурсов речного стока в XXI веке основываются на результатах расчетов по климатическим моделям общей циркуляции атмосферы и океана, использованным в 4-ом и 5-ом Оценочных докладах Межправительственной группы экспертов по оценкам климатических изменений (IPCC). В соответствии с выполненными исследованиями, в ближайшие десятилетия нет оснований ожидать каких-либо значительных изменений водных ресурсов основных рек страны в результате антропогенного потепления климата. Наиболее вероятно незначительное (в

пределах 5%) увеличение годового стока сибирских рек и водных ресурсов р.Волга, что находится в пределах их естественной изменчивости. Оценки изменений годового стока в условиях потепления, выполненные для середины XXI столетия по ансамблю результатов расчетов МОЦАО, показали, что незначительных отрицательных изменений следует ожидать только в южных районах Западной Сибири и Восточно-Европейской равнины. Прогнозируемое большинством климатических моделей дальнейшее повышение зимних температур воздуха позволяет с высокой долей уверенности считать, что увеличенный зимний сток рек, наблюдающийся с конца 1970-х – начала 1980-х годов, сохранится и в ближайшие десятилетия. При этом относительная доля весеннего стока в годовом стоке будет уменьшаться.

Во многом остается неясным, как и какими темпами будет развиваться водное хозяйство страны, а также будущее состояние водных ресурсов, обусловленное совокупностью климатических и антропогенных изменений.

**Приоритетные направления исследований.** Анализ исследований по рассмотренному спектру проблем изучения водных ресурсов страны приводит к некоторым выводам в отношении перспектив их решения.

1. Назрела острая необходимость подготовки территориальных обобщений по характеристикам гидрологического режима рек страны вследствие существенного климатического и антропогенного изменения стока воды и его внутригодового распределения. Современный этап развития страны обуславливает выполнение этой работы последовательно, по крупнейшим речным бассейнам, субъектам РФ и Федеральным округам с учетом результатов реализации современных федеральных целевых программ. Результатом этих исследований может стать подготовка современного варианта монографий «Ресурсы поверхностных вод».
2. Для совершенствования методов гидрологических расчетов и прогнозов в условиях изменяющегося климата и хозяйственной деятельности необходимо расширять исследования в области генетической гидрологии – науки о причинах и механизмах изменения стока воды и его внутригодового распределения. Эта задача неизбежно предполагает более широкое привлечение метеорологической и гидрогеологической информации для проведения гидрологических исследований, а также данных воднобалансовых станций, сеть которых нуждается в модернизации и расширении, а программа работ в обновлении.
3. Перспективной и актуальной темой гидрологических исследований на ближайшие годы является разработка технологий оценки характерных расходов воды для трансграничных и

пограничных рек России в условиях дефицита или отсутствия данных гидрологического мониторинга. Эта тематика наиболее востребована для рек Амур, Аргунь, Селенга, Иртыш, Уссури и Самур

4. Представляется важным проведение периодического анализа соответствий между стоком воды и его изъятием на хозяйственные нужды, особенно в годы различной водности. Оценки «водного стресса» необходимы для получения актуальных сведений об антропогенных нагрузках на водные ресурсы регионов Российской Федерации.

5. Необходима активизация исследований в области теории речного стока, в которой параллельно с теорией формирования и изменения стока воды должны развиваться научные представления о других его составляющих (стока наносов, химических веществ, живого вещества, тепла). Без учета совместных изменений всех составляющих речного стока невозможно добиться прогресса в теории опасных гидрологических явлений, в понимании механизмов формирования качества воды.

6. Особого внимания заслуживает разработка сценарных прогнозов будущего состояния водных ресурсов с учетом влияния комплекса климатических и антропогенных факторов и на их основе рекомендаций по наиболее рациональному, экологически безопасному водопользованию и проведению адаптационных мероприятий. Научные исследования в этом направлении должны быть сфокусированы на развитие глобальных и региональных МОЦАО и моделей гидрологического цикла.