

FRESH-WATER RESOURCES AND KEY PROBLEMS OF HYDROLOGY

V. A. SEMENOV

A problem of fresh-water supply to the increasing population of the Earth is described. The runoff variations caused by the climate and anthropogenic activity are estimated on the basis of complex statistical analysis of observations.

Рассмотрена проблема обеспечения пресной водой растущего населения Земли. По результатам комплексного статистического анализа данных наблюдений приведена оценка изменений стока воды рек под влиянием климата и хозяйственной деятельности человека.

РЕСУРСЫ ПРЕСНОЙ ВОДЫ И АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ГИДРОЛОГИИ

В. А. СЕМЕНОВ

Калужский государственный педагогический университет им. К.Э. Циолковского

ВВЕДЕНИЕ

Вода — одно из самых распространенных на Земле и необычных по своим свойствам химических соединений. Без воды невозможно существование самой жизни. Вода — носитель механической и тепловой энергии играет важнейшую роль в обмене веществом и энергией между геосферами и географическими районами Земли. Этому во многом способствуют и ее аномальные физические и химические свойства. Один из основоположников геохимии, В.И. Вернадский, писал: “Вода стоит особняком в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных, самых грандиозных геологических процессов. Нет земного вещества — минерала, горной породы, живого тела, которое бы ее не заключало. Все земное вещество — под влиянием собственных воде частных сил, ее парообразного состояния, ее вездесущности в верхней части планеты — ею проникнуто и охвачено” [1].

Гидрология — комплекс наук, изучающих природные воды на Земле и гидрологические процессы. Термин “гидрология” (гидрос — вода, логос — наука) впервые упомянут в 1694 году в книге, содержащей “начала учения о водах”, изданной Мельхиором во Франкфурте-на-Майне, а первые гидрологические наблюдения, по мнению американского гидролога Раймонда Найса, 5000 лет назад проводили на р. Нил египтяне, которые ежегодно фиксировали высоту паводков на скалах, стенах зданий, ступенях береговых лестниц. Но в самостоятельную науку гидрология оформилась лишь в начале XX столетия и продуктивно развивалась, опираясь на фундаментальные науки: физику, химию, математику. Наиболее тесно связана она с метеорологией и климатологией, а также с геологией, биологией, почвоведением и геохимией.

Наибольшее развитие в последние 50 — 60 лет получил раздел гидрологии — гидрология суши. Это является следствием быстро возрастающего использования пресной воды, ее возросшей роли в развитии экономики и жизни человеческого общества. Важнейшей задачей гидрологии суши является оценка изменений водных ресурсов как источника водоснабжения и водопотребления. Особое место занимает количественная оценка изменений во

времени и пространстве стока воды рек, который составляет основные, ежегодно возобновляемые водные ресурсы и обеспечивает основной объем возможного водопотребления на хозяйственные нужды. Современные исследования водных ресурсов, особенно в части прогнозирования их на будущее, тесно связаны с учетом глобального изменения климата и влияния на водные объекты хозяйственной деятельности человека.

Результатом не всегда разумной хозяйственной деятельности человека стало увеличение безвозвратного водопотребления (до полного истощения водных источников) и угрожающее загрязнение природных вод, что вносит нередко необратимые изменения в водный баланс и экологические условия обширных районов. Это обусловило возникновение нового направления гидрологической науки — гидролого-экологического, которое является одновременно важной составной частью геоэкологии — науки, изучающей необратимые процессы и явления в природной среде и биосфере, возникающие в результате интенсивного антропогенного воздействия, а также близкие и отдаленные во времени последствия этих воздействий.

Основное внимание в статье уделено ежегодно возобновляемым ресурсам пресных вод — речному стоку, так как запасы воды, сосредоточенные в озерах и подземных горизонтах, используются еще слабо. На территории России используют менее 1% общих запасов озерных вод (около 25 000 км³), а из подземных горизонтов ежегодно извлекают менее 10% потенциальных эксплуатационных запасов подземных вод. Это объясняется главным образом особенностями географического расположения озер и запасов подземных вод: их большая часть сосредоточена в районах избыточного и достаточного увлажнения, например 23 000 км³ озерных вод находится в озере Байкал, где мало водопользователей и много более доступных речных вод.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ГИДРОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ СУШИ

Водообеспеченность и основные водные проблемы

Мировые запасы пресной воды составляют 34 980 тыс. км³, а ежегодно возобновляемые (суммарный годовой сток рек) — 46 800 км³ в год [2]. Современное полное водопотребление в мире составляет 41 30 км³ в год, а безвозвратное — 2 360 км³ в год. Запасы пресных поверхностных и подземных вод на территории Российской Федерации составляют более 2 млн. км³, а ежегодно возобновляемые водные ресурсы — 4 270 км³ в год. Средняя обеспеченность водой речного стока каждого жителя России — около 31 тыс. м³ в год, а удельные водные ресурсы, отнесенные на единицу территории (1 км²), превыша-

ют 250 тыс. м³ в год. Но в наиболее густонаселенных южных и центральных районах европейской части России водообеспеченность очень мала: в Северо-Кавказском и Центрально-Черноземном районах суммарные водные ресурсы составляют около 90 км³ в год, а воды местного формирования — всего 60 км³ в год.

Всемирные водные ресурсы распределены по территории Земли еще более неравномерно, они не беспредельны и становятся основным фактором, ограничивающим устойчивое экономическое развитие во многих регионах. Повсюду увеличивается потребность в пресной воде для удовлетворения нужд растущего населения, урбанизации, промышленного развития, ирригации с целью получения продовольствия и т.д. Эта ситуация, несомненно, ухудшается при росте народонаселения, загрязнении поверхностных и подземных вод и угрозе изменений климата. Существуют даже прогнозы, что при удвоении народонаселения мира к середине следующего столетия и при стремительно растущих запросах через несколько лет наступит всемирный водный кризис. При этих обстоятельствах мировые ресурсы пресной воды могут стать источником конфликтов на некоторых из 200 международных речных бассейнов. Кроме того, рост населения, концентрирующегося вокруг рек как основных источников воды, неминуемо приведет к существенному увеличению жертв наводнений, количество которых и теперь составляет 25% общего количества жертв всех стихийных бедствий на Земле, а количество людей, ежегодно страдающих от наводнений, равновелико количеству страдающих от засух (32 и 33%). Поскольку страдания от засух усугубляются нехваткой воды, то, следовательно, бедствия, вызванные временным избытком или недостатком воды, составляют в сумме 65% всего пострадавшего населения.

В последние десятилетия во многих странах мира наблюдается ухудшение экологического состояния водных объектов суши (рек, озер, водохранилищ) и прилегающих к ним территорий. Это связано в первую очередь со значительно возросшим антропогенным воздействием на природные воды. Оно проявляется в изменении водных запасов, гидрологического режима водотоков и водоемов, и особенно в изменении качества воды. По характеру воздействия на ресурсы, режим и качество водных объектов суши факторы хозяйственной деятельности объединяются в три группы.

1. Факторы, непосредственно воздействующие на водный объект путем прямых изъятий воды и сбросов природных и сточных вод или за счет преобразования морфологических элементов водотоков и водоемов (создание в руслах рек водохранилищ и прудов, обвалование и спрямление русел рек).

2. Факторы, воздействующие на водный объект посредством изменения поверхности речных водосборов и отдельных территорий (агротехнические

мероприятия, осушение болот и заболоченных земель, вырубка и посадка лесов, урбанизация и т.п.).

3. Факторы, воздействующие на основные элементы влагооборота в пределах конкретных речных водосборов и отдельных территорий посредством изменения климатических характеристик в глобальном и региональном масштабах.

Изъятие речного стока

Проблема учета количественных изменений водных ресурсов под влиянием хозяйственной деятельности возникла в 50-х годах XX века, когда резко повысилось водопотребление во всем мире. Если за период с 1900 по 1950 год среднее увеличение водопотребления за десятилетие составляло 156 км^3 , то с 1950 по 1960 год — 630 км^3 , то есть возросло в 4 раза, а в последующие годы возрастало на $800 - 1000 \text{ км}^3$ за десятилетие. Наиболее интенсивно используется речной сток в Европе и Азии (около 13% суммарного годового объема), несколько меньше — в Северной Америке (около 8%) и значительно меньше — в Африке, Австралии и Южной Америке (от 1 до 3% объема водных ресурсов). Вместе с тем на всех континентах есть крупные регионы, где интенсивность использования речного стока достигает 30 — 65% общего объема водных ресурсов рек.

В России наиболее интенсивно используется сток рек в южных районах европейской части территории. Поэтому если годовой сток р. Волги уменьшился на 10% по сравнению с естественной нормой стока, то сток рек Дона, Кубани, Терека — на 25 — 40%. В целом в странах СНГ ежегодное снижение суммарного стока рек составляет примерно 150 км^3 , что равно всего 3 — 5% суммарных водных ресурсов. Но наибольшее снижение стока за счет антропогенного фактора, достигающее 30%, приходится тоже на реки южных районов, где естественные водные ресурсы составляют 490 км^3 в год, или 11% суммарного стока рек СНГ (4500 км^3 в год). Вместе с неблагоприятной экологической ситуацией в речных бассейнах южных районов СНГ в результате чрезмерного изъятия стока рек неблагоприятная экологическая обстановка сложилась на многих естественных водоемах, которые они питают, — озера Балхаш, Иссык-Куль, Севан, а Аральское море и все Приаралье объявлены зоной экологического бедствия, так как изъятие стока из питающих его рек Амударья и Сырдарья превышает 90% нормы годового стока.

Малые реки

Факторы, воздействующие на водные объекты посредством изменения поверхности речных водосборов, особенно ошутимо сказываются на экологическом состоянии малых рек. К малым относятся реки длиной от 26 до 100 км, что соответствует рекам с площадями водосборов от 150 до 1500 км^2 . Малые реки играют решающую роль в формировании

водных ресурсов, на их долю в европейской части России приходится около 80% среднего многолетнего стока. В отдельных районах ресурсоформирующая роль малых рек еще более существенна.

Одна из основных особенностей малых рек — тесная связь формирования стока с ландшафтом бассейна. Это обуславливает необычайную уязвимость рек при интенсивном освоении водосбора. Увеличение распаханности земель, отставание почвозащитных мероприятий и распашка до уреза воды, вырубка лесов и осушение болот на их водосборах, строительство крупных животноводческих комплексов, ферм и птицефабрик без проведения сопутствующих природоохранных мероприятий и сброс в реки сточных вод без надлежащей очистки быстро приводят к нарушению экологической обстановки, ускорению старения малых рек. Рациональное комплексное использование ресурсов малых рек, их охрана от загрязнения и истощения требуют безотлагательных мер. Без разумного регулирования возрастающей водохозяйственной нагрузки на малые реки становится все труднее управлять рациональным использованием и охраной больших территорий, больших рек.

Загрязнение вод

Острейшей гидрологической проблемой стало изменение качества природных вод и состояния водных экосистем под влиянием хозяйственной деятельности. Стремительное распространение веществ антропогенного происхождения привело к тому, что на поверхности Земли практически не осталось пресноводных экосистем, качество воды которых не изменилось бы в той или иной степени. Следствием химических и физических воздействий антропогенного происхождения является изменение состава донных отложений и живого вещества водных объектов.

Наибольшее количество загрязнителей поступает в водные объекты от предприятий нефтеперерабатывающей, химической, целлюлозно-бумажной, металлургической, текстильной отраслей промышленности. Формирование химического состава поверхностных и подземных вод в условиях антропогенного воздействия характеризуется: 1) повышением (или понижением) концентрации тех компонентов природных вод, которые обычно присутствуют в незагрязненной воде; 2) изменением направленности естественных гидрохимических процессов; 3) обогащением вод веществами, чуждыми природной воде. Например, если поверхность воды покрыта пленкой нефти, жирных кислот или других плавающих загрязнителей, поступающих со сточными водами, то многие химические и биохимические процессы существенно изменяются, так как ограничивается поступление в воду кислорода, света, уменьшается испарение воды, меняется состояние карбонатной системы.

Проблема самоочистки и очистки водных систем, охраны вод от загрязнения стала не только гидрологической. В ее решении принимают участие химики, биологи, физики, математики, гидрогеологи.

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И СТОКА ВОДЫ РЕК В XX СТОЛЕТИИ

Изменения климата

В 1979 году в Женеве Всемирной метеорологической организацией (ВМО), специализированным учреждением ООН, и другими международными организациями была созвана конференция экспертов, посвященная взаимосвязям климата и деятельности человека. Собравшиеся на конференции специалисты в разных областях знаний пришли к заключению, что наряду с естественными колебаниями климата, связанными с изменением поступления энергии от Солнца, перераспределением ее между основными резервуарами Земли (атмосферой, океанами и ледниками), с выбросами вулканов, существенное влияние на климат стала оказывать деятельность человека [3]. Сжигание ископаемого топлива, сведение лесов и изменения в землепользовании, выбросы двуоксида углерода, метана, окиси азота привели к возрастанию концентрации парниковых газов в атмосфере, что является чрезвычайно важным фактором, определяющим температуру атмосферы Земли. Это обуславливает дополнительные изменения в распределении температуры, осадков и других метеорологических параметров атмосферы, что, сказываясь на локальных изменениях климата, может оказаться благоприятным или неблагоприятным для жизни и хозяйственной деятельности человека.

Анализ стационарных наблюдений и многочисленные научные исследования в последние 15 лет подтверждают антропогенное влияние на изменение климата в XX столетии. Поэтому внимание к влиянию парниковых газов на климат и последствиям его изменений в последние годы настолько усилилось, что стало необходимо принять Международное соглашение об ограничении выбросов отходов производства в атмосферу — рамочную конвенцию по изменению климата.

Достигнуты успехи в разработке прогнозов изменений климата. Они основываются на гипотезе изменения температурного градиента между экватором и полюсами, что обуславливает изменения в циркуляции атмосферы. Если северный полярный район будет охлаждаться сильнее, чем экваториальная область, то пояса муссонов в Азии и Африке и бароклинные зоны умеренных широт, в которых преобладают западные ветры, сместятся к экватору. При относительном повышении температуры на полюсах будет наблюдаться обратная картина. Эта гипотеза подтверждается палеоклиматическими данными и численным моделированием. Изменения зон переноса влажных воздушных масс неиз-

бежно отражаются на количестве и сезонном распределении атмосферных осадков, а следовательно, на стоке воды рек и суммарных водных ресурсах, так как в естественных условиях ежегодное формирование водных ресурсов определяется разностью основных элементов водного баланса — суммы осадков и испарения с водосборов рек.

Глобальное потепление с начала XX столетия к настоящему времени составило около $0,5^{\circ}\text{C}$, а локальные изменения количества атмосферных осадков достигают существенных величин. На рис. 1 и 2 приведены заимствованные из работы [3] графики изменений глобальной средней годовой приземной температуры воздуха и среднего годового количества атмосферных осадков над континентами внетропической части северного полушария. Данные рис. 2 свидетельствуют о различиях в изменении количества осадков даже в целом на континентах. Очевидно, в последующие 50 лет климат Земли будет эволюционировать под влиянием непрерывных естественных вариаций в сочетании с постоянно сохраняющейся тенденцией к потеплению вследствие накопления в

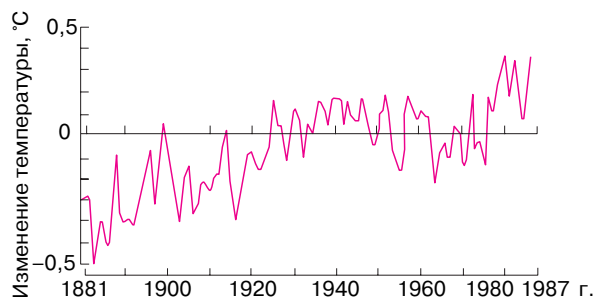


Рис. 1. Оценка изменений средней годовой глобальной температуры воздуха (отклонения от средних за период).

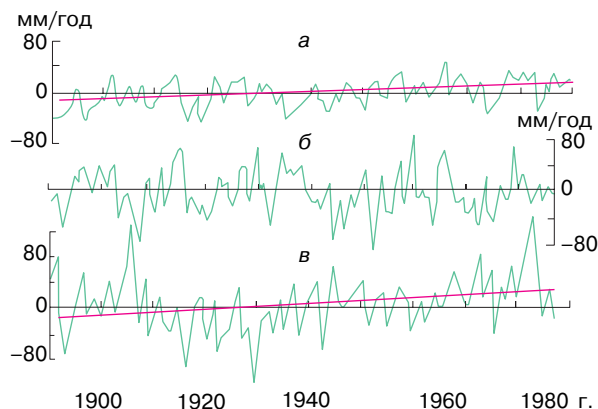


Рис. 2. Изменения среднего годового количества осадков над континентами северного полушария: а — территория СНГ, б — Западная Европа, в — Северная Америка.

атмосфере парниковых газов. Эта тенденция к потеплению замедляется из-за термической инерции океанов, но она будет сохраняться еще длительное время после того, как состав атмосферы стабилизируется. Независимо от того, насколько решительными окажутся действия, предпринимаемые для контроля изменения концентрации в атмосфере газов, вызывающих парниковый эффект, некоторое глобальное потепление в следующем столетии, по-видимому, неизбежно. Поэтому климатические изменения водных ресурсов за последнее столетие и в будущем интересуют водохозяйственные и другие организации.

Методика статистических исследований

Оценка последствий влияния изменений климата на водные ресурсы основывается на детерминистическом моделировании изменения составляющих водного баланса и комплексном статистическом анализе данных многолетних (не менее 30 лет) непрерывных наблюдений за стоком воды рек. С использованием созданного при участии автора банка гидрологических данных по пунктам наиболее продолжительных гидрологических наблюдений (150 – 60 лет) на реках земного шара, сток которых не искажен непосредственной хозяйственной деятельностью, произведен комплексный статистический анализ величин среднего месячного и годового стока воды [4, 5]. Основными показателями изменения стока под влиянием климата или хозяйственной деятельности являются нарушения стационарности рядов данных наблюдений – существенные изменения (переломы) в направленности изменений, наличие устойчивых трендов – односторонних отклонений величин от среднего их значения.

Для оценки пространственных закономерностей направленности и интенсивности изменений стока использованы результаты расчетов только за 35-летний (1951 – 1985 годы) период наблюдений по несколько упрощенной методике [6], которая основывается на специальном испытании на тренд. Выделение тренда и его анализ осуществлены методом наименьших квадратов. Необходимые для анализа статистические параметры получены после предварительного функционального сглаживания временных рядов.

Результаты комплексного анализа изменений стока

Комплексный статистический анализ позволил установить, что в различных широтно-климатических условиях континентов Евразии, Америки, Африки, Австралии в XX столетии отмечаются изменения стока рек. В некоторых районах климатические изменения стока в определенные периоды были настолько велики, что отмечены нарушения стационарности рядов. Так, на реках северо-западной части территории России, Северной Украины и стран

Прибалтики существенные изменения водности рек в сторону уменьшения произошли в 30-е годы, а в северо-восточных районах европейской территории России (бассейн р. Камы) в сторону увеличения – в 60-е годы (табл. 1). На азиатской части территории России в бассейне р. Амура в 60-е годы произошло нарушение стационарности рядов вследствие существенных отрицательных изменений, а на реках Сибири и остальной части Дальнего Востока, хотя и отмечались изменения, они не привели к нарушению стационарности рядов. На реках Средней Азии, где учет изменений водных ресурсов имеет особенно важное значение, наибольшие изменения в сторону уменьшения стока отмечены в 60-е годы. На реках Западной и Центральной Европы переломы направленности в сторону отрицательных изменений наблюдались в конце прошлого столетия, а в 80-х годах XX века – в сторону положительных изменений. Переломы в рядах наблюдений за стоком на реках Северной Америки и Западной Африки приходится на начало 70-х годов, а в Австралии – на конец 60-х годов. При этом направленность изменений во второй половине XX столетия была неоднородна. Например, в стоке рек Атлантического побережья Северной Америки отмечаются положительные тенденции, во внутриконтинентальных районах нет изменений, а на Тихоокеанском побережье преобладают отрицательные тренды. В стоке рек

Таблица 1. Направленность изменений (плюс означает увеличение, минус – уменьшение водности) вероятности линейных трендов (%) и годы перелома в изменениях стока воды за период 1926 – 1985 годов

Река–пункт	Вероятность тренда, %	Перелом
Северная Двина – Усть-Пинега	–94,3	1930 г.
Западная Двина – Даугавпилс	–98,1	1933 г.
Волга – Старица	–87,9	1962 г.
Ока – Калуга	–81,9	
Белая – Уфа	+67,7	1927 г.
Вятка – Вятские Поляны	+99,4	1964 г.
Десна – Чернигов	–88,7	1933 г.
Иртыш – Тобольск	–67,4	–
Бия – Бийск	+61,0	–
Томь – Новокузнецк	+84,4	–
Тура – Тюмень	+77,9	–
Енисей – Никитино	+60,7	–
Лена – Табага	+53,6	–
Алдан – Томмот	+91,9	–
Амур – Хабаровск	–93,6	1964 г.

субэкваториальной зоны Австралии отмечены положительные тенденции, а в юго-восточной оконечности острова — отрицательные.

Направленность изменений годового и сезонного стока

Более детальное изучение направленности изменений стока по данным наблюдений почти на 450 реках за 1951 — 1985 годы позволило оценить причины и территориальные закономерности их пространственного распределения. Наиболее подробные исследования проведены на территории Евразии. Изменения стока воды рек Западной и Центральной Европы во второй половине XX столетия характеризуются преобладанием положительных тенденций, вероятность которых возрастает с запада на восток и с юга на север. Исключение составляют реки Альпийского региона, где отмечаются отрицательные тенденции или изменения незначительны. В стоке рек Восточных Карпат, на территории Польши, Румынии, Украины, наоборот, отмечается повышенная вероятность положительных изменений среднего годового, весеннего и летнего стока.

На европейской территории России в стоке большинства рек бассейнов Волги (кроме Камы и ее притоков), Дона, Днепра отсутствуют значимые изменения среднего годового стока. Но сток в период весеннего половодья уменьшается, а в летне-осенний и зимний периоды увеличивается. На реках бассейна р. Камы и других реках, стекающих с западных склонов Северного Урала, отмечаются положительные изменения стока, а на реках Среднего и Нижнего Поволжья изменения среднего годового и сезонного стока незначительны, с некоторым увеличением в зимние месяцы. На реках севера европейской части России наблюдается уменьшение стока в многоводный период весеннего половодья и его увеличение в зимние месяцы. На рис. 3 показан многолетний ход среднего годового стока на реках Волга (в верхнем течении), Северная Двина и Большой Нарын (Средняя Азия).

На реках Сибири в пределах 50 — 60° с. ш. отмечаются положительные изменения среднего годового стока и многоводного весеннего периода, что свидетельствует об увеличении количества осадков в зимние месяцы. К северу от 60° с. ш. и южнее 40° с. ш. изменения стока или незначительны, или отрицательны. На реках Дальнего Востока, формирующих сток в условиях муссонного климата, отмечается его увеличение в зимний и весенний периоды, но уменьшение в многоводные летние периоды.

Для выяснения причин изменений стока воды во второй половине XX столетия произведены испытания на тренд сумм средних годовых и сезонных атмосферных осадков по 150 метеостанциям на территории СНГ. Анализ результатов свидетельствует о том, что в годовых и зимних суммах осадков на большей части территории в пределах 50 — 60° с. ш.

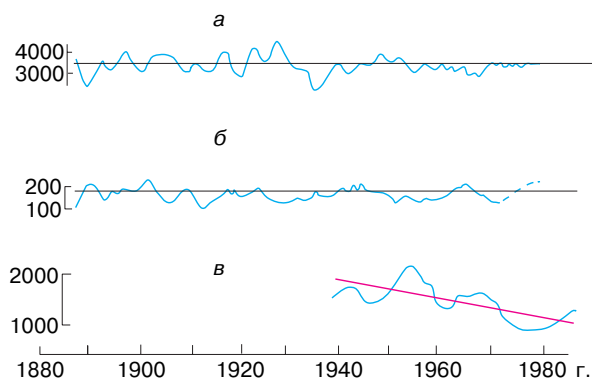


Рис. 3. Изменения сглаженного среднего годового стока рек: а — р. Северная Двина — п. Усть-Пинега; б — р. Волга — п. Старица; в — р. Большой Нарын — Устье.

наблюдались положительные изменения, кроме северо-западной части территории. А севернее и южнее изменения либо незначительны, либо отрицательны (в Казахстане, Средней Азии, Приморье, Прибалтике). Учитывая то обстоятельство, что для большинства рек рассматриваемой территории основным источником формирования стока являются накапливаемые за зиму осадки в виде снежного покрова, вполне можно объяснить, почему положительные изменения стока воды приходятся на территорию в пределах 50 — 60° с. ш., а отрицательные наблюдаются на юге Дальнего Востока, северо-западе европейской территории СНГ и в Средней Азии, где количество годовых и сезонных осадков во второй половине столетия имело тенденцию уменьшения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема обеспечения питьевой водой растущего населения и предупреждения о катастрофических наводнениях и паводках становится одной из наиболее важных не только для гидрологической науки. Глобальное потепление климата Земли и увеличивающаяся антропогенная нагрузка на водные объекты усложняют разработку систем водоснабжения и гидрологических прогнозов изменения возобновляющихся водных ресурсов — речного стока воды. По мере развития хозяйственной деятельности возрастает зависимость водных ресурсов от изменений климата. Результаты комплексного статистического анализа данных наблюдений за стоком воды рек разных континентов земного шара свидетельствуют о наличии направленных изменений стока в XX столетии, которые в отдельных районах настолько существенны, что поддаются количественным оценкам и прогнозам. Направленность этих изменений зависит в основном от широтного перераспределения годовых и сезонных сумм осадков. Наблюдающееся в некоторых районах

России увеличение количества атмосферных осадков и повышение температуры воздуха в холодный и переходные периоды года благоприятно отражаются на стоке воды рек. Но в ряде районов (северо-запад и юг России, Казахстан, Средняя Азия, внутриконтинентальные районы Америки), наоборот, наметилась тенденция к уменьшению количества ежегодно возобновляющихся водных ресурсов.

Продолжающееся увеличение забора воды из рек и пресноводных водоемов, загрязнение водных объектов усиливают опасность водного кризиса в районах неблагоприятных изменений стока рек. Для предотвращения водного кризиса кроме усиления административных мер по охране природных ресурсов необходима организация широкого геоэкологического образования населения, особенно молодежи. Это будет способствовать целостности восприятия изменений в ландшафтной оболочке Земли, необходимости сохранения от разрушения природных связей между ее компонентами: атмосферой, гидросферой, литосферой и биосферой.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вернадский В.И.* Избранные сочинения. М.: Наука, 1960. Т. 4, кн. 2.
2. *Шикломанов И.А.* Исследование водных ресурсов суши: итоги, проблемы, перспективы. Л.: Гидрометеопиздат, 1988.

3. Предстоящие изменения климата. Л.: Гидрометеопиздат, 1991.

4. *Семенов В.А., Алексеева А.К., Дегтяренко Т.И.* Изменения стока рек России и прилегающих территорий в XX столетии // Метеорология и гидрология. 1994. № 2.

5. *Кендэлл М.* Временные ряды. М.: Финансы и статистика, 1981.

6. *Семенов В.А., Алексеева А.К.* Региональные особенности климатических изменений стока рек СССР // Метеорология и гидрология. 1989. № 9.

* * *

Вениамин Александрович Семенов, доктор географических наук, профессор Калужского государственного педагогического университета им. К.Э. Циолковского, руководитель Центра данных государственного учета вод Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных, действительный член Международной Академии проблем сохранения жизни, член Комиссии гидрологии Всемирной метеорологической организации. Автор и соавтор 10 научных и научно-справочных монографий, учебного пособия, 150 научных статей по методам оценки водных ресурсов и их изменений под влиянием климата и хозяйственной деятельности, автоматизации обработки гидрологической информации и создания банков данных.