

## HYDROLOGY IN RESOLVING ECOLOGICAL PROBLEMS

V. A. SEMENOV

*The requirements for water quantity and quality with respect to the requirements of the human population and to the conservation of water commodities are given in the paper; also given is an estimation of the changes of river runoff, the ecological state of aquatic systems under the influence of land reclamation and irrigation, runoff regulation through the use of reservoirs and the combination use of water resources.*

**В статье приведены требования к количеству и качеству воды для обеспечения потребностей населения и требования к охране водных объектов. Дана оценка изменения стока воды реками, экологического состояния водных систем под влиянием осушительной мелиорации и ирригации земель, регулирования стока водохранилищами и комплексного использования водных ресурсов.**

## ГИДРОЛОГИЯ В РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

В. А. СЕМЕНОВ

Калужский государственный педагогический университет  
им. К.Э. Циолковского

### ВВЕДЕНИЕ

На рубеже XX и XXI столетий человечество осознало, что природные ресурсы нашей планеты ограничены и что усиливающееся загрязнение окружающей среды вредит здоровью нынешнего поколения и может сделать невозможной жизнь последующих поколений. Проблемы охраны от загрязнения атмосферы, Мирового океана, сохранения лесов как основных источников кислорода, рационального использования земельных и водных ресурсов, без которых невозможно существование человека на Земле, являются глобальными.

Важную роль во всех природных процессах на Земле играет вода, которая, по образному выражению Леонардо да Винчи, является “кровью Земли”. Она является одним из важнейших компонентов жизнеобеспечения человека, непременным условием существования всего живого и наиболее чутко реагирует на изменения в природных процессах под влиянием естественной цикличности и антропогенной деятельности. Поэтому не случайно появление в комплексе наук, изучающих природные воды Земли и гидрологические процессы, гидрологии нового направления – гидролого-экологического, которое еще находится в стадии оформления. Первая отечественная публикация по гидролого-экологическим основам водного хозяйства относится к 1990 году [1], и экологизация гидрологии пока идет еще как неосознанный, но интенсивно развивающийся неизбежный процесс.

Экологическая задача гидрологии – обеспечение информацией о неблагоприятных для человека и сложившихся экосистем тенденциях в изменении количества воды и ее качества в бассейнах рек и водоемах, термического режима водных объектов под влиянием преобладающих видов хозяйственной деятельности и комплекса антропогенных воздействий с учетом природных изменений водных систем.

### ГИДРОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Вода расходуется на удовлетворение питьевых и хозяйственно-бытовых нужд населения, на нужды общественных, коммунально-бытовых, культурно-просветительных, лечебно-профилактических и иных учреждений, на удовлетворение потребностей промышленности. Много воды потребляют сельское хозяйство и энергетика.

Количество воды, идущей на удовлетворение хозяйственно-питьевых нужд людей, определяется в зависимости от численности населения, а на нужды промышленности — в зависимости от вида и объема производства. В городах на долю промышленности в среднем приходится 30–40% (иногда 60–70% суммарного водопотребления), на удовлетворение водой потребностей одного городского жителя — 460–520 л воды в сутки, а в южных районах России водопотребление на одного человека достигает 600–700 л/сут [1].

К качеству воды для водоснабжения населения предъявляются наиболее высокие требования (экологические и гигиенические). Для этого приняты требования к предельно допустимой концентрации (ПДК) того или иного вещества в природной воде. В общей сложности установлено около 1000 ПДК хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения. Понятие о ПДК базируется на идее порогового действия вредных веществ на человека в районе водопользования, то есть это такая концентрация, которая при более или менее длительном воздействии на организм человека не приводит к патологическим изменениям и не вызывает болезней. В отношении рыбохозяйственных водных объектов данное толкование расширено, так как за ПДК принимается такая концентрация, которая не нарушает звенья трофической цепи водоема (фитопланктон, макрофиты, зоопланктон, рыба).

В связи с требованиями к качеству воды главным при создании любой системы водоснабжения является выбор источника и местоположения водозабора. Наилучшим источником хозяйственно-питьевого водоснабжения являются межпластовые артезианские воды, перекрытые сверху водонепроницаемыми породами (глинами, кристаллическими породами), что защищает их от прямого попадания загрязняющих веществ. Их температура и химический состав подвержены незначительным колебаниям, мутность невелика, бактерии почти отсутствуют. Далее по степени предпочтительности следуют глубокие грунтовые воды, затем воды проточных озер и водохранилищ, наконец, воды бессточных озер и рек. В середине 70-х годов XX столетия две трети всех населенных пунктов бывшего СССР удовлетворяли свою потребность в питьевой воде за счет подземных источников (сельское население и малые города). Средние и большие города на 85% покрывают свою потребность в воде за счет поверхностных источников.

При использовании подземных вод приходится считаться с тем, что в местах их интенсивного отбора образуются депрессионные воронки. Одна из самых больших по площади депрессионных воронок (около 5 тыс. км<sup>3</sup>) образовалась в районе Москвы, где из земных недр за период с 1938 по 1958 год выкачано около 2,4 км<sup>3</sup> воды, что в 6 раз превышает питание водоносных горизонтов.

В гидрологическом отношении особое значение имеет вопрос об уменьшении водности рек на территории депрессионной воронки. Например, за 25 лет после начала откачки подземных вод поверхностный сток рек на территории депрессионных воронок уменьшился в Зауралье на 40%, в Предуралье на 60%, а в горно-складчатой области Урала на 90% [1].

При сравнительно небольших масштабах откачки запасы подземных вод искусственно пополняются путем принудительной закачки воды через скважины, колодцы или самотечной инфильтрацией воды через дно рек, прудов, каналов и борозд или на специально подготовленных полях фильтрации с легкопроницаемыми грунтами. Искусственное пополнение подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения имеет много экологических достоинств: вода изолируется от источников загрязнения, уменьшаются потери ее на испарение, сокращаются непроизводительные потери земли, которые неизбежны при создании водохранилищ. Например, в результате искусственного пополнения подземных вод стоком реки Кара-Кенгир и ввода в действие Айдосского водозабора (Центральный Казахстан) суммарные водные ресурсы в районе областного центра — г. Джезказгана возросли, что позволило увеличить подачу питьевой воды в город на 200 л/с [2].

Применительно к любому виду водоснабжения важнейшее значение имеют минерализация воды и состав главных ионов. По степени минерализации (в г/дм<sup>3</sup>) различают следующие воды:

Пресные	< 1
Солоноватые	1–25
Соленые	25–50
Рассолы	> 50

Наименьшая минерализация воды в реках наблюдается в периоды половодья и дождевых паводков, а наибольшая — в зимний период. Минерализация речных вод в целом увеличивается с севера на юг от 100–150 мг/дм<sup>3</sup> в тундровой зоне до 800–1000 мг/дм<sup>3</sup> на реках пустынной зоны. Большинство рек России имеют малую (100–200 мг/дм<sup>3</sup>) и среднюю (200–500 мг/дм<sup>3</sup>) минерализацию воды [3].

К числу содержащихся в природной воде главных ионов относятся гидрокарбонаты (НСО<sub>3</sub><sup>-</sup>), сульфат-ионы SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, хлорид-ионы (Cl<sup>-</sup>), кальций (Ca<sup>2+</sup>), магний (Mg<sup>2+</sup>), натрий (Na<sup>+</sup>), калий (K<sup>+</sup>). По их составу (преобладающему аниону) природные воды разделяются на три класса: гидрокарбонатный, сульфатный, хлоридный. Более 85% территории России относится к слабоминерализованным водам суши гидрокарбонатного класса.

Наряду с минерализацией и ионным составом важными характеристиками свойств природной воды также являются водородный показатель и жесткость воды. Водородный показатель (рН) или

концентрация свободных ионов водорода определяют степень кислотности или щелочности воды. В природных водах он изменяется от менее 3,0 у сильнокислых до 6,5–7,5 у нейтральных и более 9,5 у сильнощелочных. При  $pH > 5,5$  в пресных водах начинает уменьшаться видовое разнообразие гидробионтов (живых организмов).

По степени общей жесткости, то есть по суммарному содержанию катионов кальция и магния (в ммоль/дм<sup>3</sup>), независимо от того, с каким анионом они связаны, природные воды, согласно О.А. Алену [3], различаются следующим образом:

Очень мягкие	<1,5
Мягкие	1,5–3,0
Умеренно жесткие	3,0–6,0
Жесткие	6,0–9,0
Очень жесткие	>9,0

Важными признаками при оценке пригодности воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения являются цветность, вкус, привкус, запах, прозрачность, содержание органических веществ. Для всех этих показателей тоже разработаны классификации и методы их оценки.

Наряду с характеристикой качества природных вод по нормам ПДК иногда используются комплексные классификации по некоторым компонентам. В простейших из них берут 5–8 основных показателей, а в наиболее подробных учитываются несколько десятков показателей с разделением на группы: гидрофизические, гидрохимические, гидробиологические, микробиологические. Предпочтение отдается комплексным гидробиологическим показателям, основанным на степени чувствительности организмов к загрязненности воды. Иногда учитывается также видовое разнообразие в водных объектах: с возрастанием степени загрязнения водных масс экосистема упрощается, остаются стойкие к загрязнению виды. В этом смысле наиболее информативными считаются донные организмы: трубочники, красные черви и т.д. При сельскохозяйственном водоснабжении учитываются потребности животноводческих комплексов и ферм, полевого и пастбищного водоснабжения.

Гидролого-экологические аспекты сельскохозяйственного производства чрезвычайно разнообразны: обеспечение доброкачественной оросительной водой, обоснование противоэрозионных мероприятий, предотвращение смыва с полей минеральных и органических удобрений.

О химическом составе и размерах выноса веществ поверхностным стоком с полей богарного земледелия можно судить по данным, приведенным в табл. 1.

Для улучшения водообеспечения сельскохозяйственных угодий проводятся осушительная мелио-

рация земель или их орошение. С гидрологической точки зрения осушительная мелиорация предусматривает понижение уровня грунтовых вод на осушаемом земельном массиве, ускоренный отвод поверхностного стока, перехват склонового стока, поступающего извне на осушаемый массив, регулирование половодий и паводков в реках-водоприемниках. Главная задача заключается в поддержании уровня грунтовых вод на оптимальной глубине для развития сельскохозяйственных культур. Благодаря этой мере большую часть времени поддерживаются наилучшие для растений водный, воздушный, тепловой и питательный режимы в корнеобитаемом слое почвы.

Мелиорация болот и заболоченных земель называется на водном режиме рек. В первые годы происходит сброс воды с осушенного массива и прилегающей территории, вследствие чего сток реки возрастает. В последующем максимум весеннего половодья несколько возрастает, а максимум дождевых паводков, наоборот, уменьшается. В результате уменьшения испарения с осушенных территорий сток реки за летне-осенний период увеличивается. В целом за год сток воды вследствие осушения увеличивается. Степень увеличения зависит от широты местности: чем южнее осушенный массив, тем больше увеличение стока реки. Дренажные воды с осушенных земель обладают повышенной минерализацией с увеличением в воде содержания хлоридов, нитратов, железа. Но все же эти изменения водных ресурсов не настолько значительны, чтобы повлиять на состояние водных экосистем больших и средних по размерам бассейна рек-водоприемников.

Малые реки более чутко реагируют на мелиорацию заболоченных земель, и для сведения к минимуму возможных изменений водного режима не

**Таблица 1.** Средний химический состав и вынос веществ поверхностным стоком с полей богарного земледелия на Северном Кавказе

Вещество	Концентрация, мг/л	Вынос веществ, кг/га
Взвешенные вещества	318	44
Гидрокарбонат-ионы ( $HCO_3^-$ )	135	19
Сульфат-ионы ( $SO_4^{2-}$ )	267	37
Хлорид-ионы ( $Cl^-$ )	41	6
Кальций ( $Ca^{2+}$ )	85	12
Магний ( $Mg^{2+}$ )	27	4
Натрий ( $Na^+$ )	54	7
Калий ( $K^+$ )	7,0	0,9
Азот нитрат-ионов ( $N-NO_3^-$ )	3,2	0,5
Азот нитрит-ионов ( $N-NO_2^-$ )	0,08	0,011
Азот аммиака ( $N-NH_4^+$ )	1,2	0,16
Фосфор ( $P_{мин}$ )	0,63	0,08
Сумма ионов	616	85

следует осушать болота, расположенные на приводораздельных пространствах, которые являются источниками питания малых и больших рек чистой водой, а также болота, питающие ценные в рыбохозяйственном отношении озера.

Оросительная мелиорация наиболее эффективна с точки зрения повышения урожайности сельскохозяйственных полей, особенно в южных засушливых районах. Но она по сравнению с осушительной мелиорацией в гораздо большей степени воздействует на сток и экосистемы рек и водоемов. На долю орошения приходится около 50% всего забора воды и 70% безвозвратного водопотребления. Кроме уменьшения водности рек к отрицательным последствиям орошаемого земледелия относятся подтопление и заболачивание пониженных территорий, повышение степени минерализации речных вод, засоление и эрозия почв и т.д. Степень отрицательного влияния орошения зависит от способа полива, состояния оросительных систем и взаимосвязи поверхностных и подземных вод.

Особенно сложные изменения в водном балансе бассейнов рек под влиянием орошения происходят в предгорных районах засушливых территорий [2]. Это объясняется сложными изменениями взаимосвязи поверхностных и подземных вод. В верхних частях предгорных районов, сложенных обычной мощной толщей гравийно-галечно-песчаных отложений, даже в естественных условиях происходят интенсивные русловые потери стока, которые пополняют естественные ресурсы подземных вод, а потери воды на испарение (благодаря бедной естественной растительности и глубокому залеганию подземных вод) практически равны нулю. Орошение в этой зоне резко увеличивает безвозвратные потери стока на испарение. Кроме потери воды на фильтрацию увеличиваются потери на испарение сельскохозяйственными культурами, частично увеличивается минерализация и изменяется качественный состав воды.

В нижней части предгорий происходит наибольшее поступление (выклинивание) естественных подземных и лишних оросительных вод в русловую сеть основных рек и выходящих на поверхность подземных вод (родников, ключей). Близкое к поверхности залегание подземных вод способствует бурному развитию влаголюбивой растительности, и затраты на испарение достигают наибольшей величины (предельно возможному испарению в данной природной зоне), которую принято называть испаряемостью. Освоение земель в данной зоне требует осушительных мер и понижения уровня грунтовых вод. Это приводит к уменьшению суммарного испарения и компенсирует уменьшение речного стока вследствие забора воды на орошение.

Ниже зоны выклинивания подземных вод на предгорных равнинах обычно располагается область с неглубоким залеганием грунтовых вод. Оро-

шение в этой зоне уменьшает общие водные ресурсы, но степень его в значительной мере зависит от характера проводимых ирригационных мероприятий: при наличии инженерных оросительных систем, дренажа, обоснованных научно-оросительных норм степень уменьшения речного стока может существенно снизиться. Основное уменьшение речного стока в данной зоне происходит за счет увеличения потерь воды на испарение.

Для улучшения экологического состояния водных объектов осуществляются водоохранные мероприятия.

## ВОДООХРАНА

В соответствии с научными рекомендациями вдоль рек устанавливаются водоохранные зоны с особым режимом использования. В зону включаются пойма реки, склоны надпойменной террасы, прибрежная овражно-балочная система. Внутри водоохранной зоны выделяется прибрежная полоса, ширина которой зависит от длины реки и расстояния от истока.

Важнейшую водоохранную роль на поймах рек играют лесные и кустарниковые заросли. На склонах бассейнов рек водоохранную роль выполняют искусственные лесокустарниковые насаждения. С позиций гидрологии общим для них является, во-первых, то, что лес способствует переводу части поверхностного стока в грунтовый и тем самым предотвращает обмеление малых рек в летний период. Во-вторых, лес перехватывает часть взвешенных и растворенных веществ, содержащихся в талой и дождевой воде, улучшая качество речной воды. В-третьих, лесные полосы способствуют задержанию снега на полях, что особенно важно для открытых степных районов. В-четвертых, лес имеет санитарно-гигиеническое и культурно-эстетическое значение. В-пятых, лесные насаждения предотвращают эрозию почв. Лесные насаждения по берегам рек и на орошаемых землях создаются для защиты береговых склонов от размыва, для перехвата части взвешенных и растворенных веществ.

## РЕГУЛИРОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЮ ВОДНЫХ И ОКОЛОВОДНЫХ СИСТЕМ

Водный режим рек отличается большой изменчивостью во времени. Наиболее распространенным средством преобразования естественного водного режима рек с целью использования водных и энергетических ресурсов речных систем в XX столетии было регулирование речного стока водохранилищами.

По данным А.Б. Авакяна и др. [4], общий объем водохранилищ на земном шаре на рубеже XIX и XX веков составлял 15 км<sup>3</sup>, а в настоящее время он превышает 6 тыс. км<sup>3</sup>, то есть увеличился в 400 раз. На территории бывшего СССР общий объем водохранилищ к 1987 году составил 1195 км<sup>3</sup>. Их полезный

объем (возможность использования воды) — 587 км<sup>3</sup>, а площадь водного зеркала 8,66 млн га. Речной сток, зарегулированный водохранилищами, составлял в СССР энергетический потенциал, равный 3338 млрд кВт/ч.

Водоохранилища и пруды (малые водохранилища) играют большую положительную роль в водобеспечении населения (особенно сельского), рыбобоводстве, при использовании в рекреационных целях. Но в гидролого-экологическом отношении строительство водохранилищ имеет отрицательные последствия. Поэтому в целом строительство больших водохранилищ на реках часто признается скорее ошибкой, чем достижением успеха в использовании водных ресурсов. Опыт эксплуатации гигантских водохранилищ США, СССР, Канады и других стран убедил, что спад в развитии или уничтожении рыболовных промыслов, сельскохозяйственное загрязнение, заиление водохранилищ привели к осознанию нецелесообразности строительства крупных водных объектов.

При заполнении водой чаши водохранилищ в зонах постоянного или периодического затопления оказалось большое количество населенных пунктов, ценных сельскохозяйственных земель, лесных угодий. При строительстве водохранилищ на территории СНГ пришлось создать свыше 150 крупных инженерных узлов. Ими защищено 180 населенных пунктов, в том числе города Кинешма, Кострома и Ульяновск на Волге, Абакан на Енисее, Киев на Днепре. Всего предотвращено затопление около 200 тыс. га сельскохозяйственных угодий. Но это составляет лишь 6% использовавшихся в сельском хозяйстве земель, ушедших под воду.

При эксплуатации водохранилищ значительная часть воды теряется на испарение с их поверхности, что приводит к уменьшению речного стока. Но если на реках Сибири (Енисей, Обь) это уменьшение не превышает 5–8%, то на реках южных районов оно достигает 25–30%. Отрицательное влияние больших водохранилищ сказывается и на экологии околородных природных систем в результате подтопления водохранилищами. В равнинных районах площадь подтопления обычно изменяется от 10–15 до 30–40% площади самого водохранилища. В районах избыточного увлажнения основное отрицательное влияние подтопления выражается в заболачивании местности. В засушливых районах подтопление сопряжено с опасностью засоления почв. Создание крупных водохранилищ приводит и к изменению микроклимата в прибрежных районах.

Строительство водохранилищ на малых реках (прудах), в балках и понижениях рельефа (копани) получило большое распространение не только в засушливых районах, но и в зонах достаточного увлажнения и является средством, способствующим эффективному и всестороннему использованию местных ресурсов поверхностных вод. При соблю-

дении мероприятий водоохранного регулирования (регулярного периодического сброса воды из прудов) строительство малых водохранилищ имеет положительное значение для развития активных экологических систем (например, способствует увеличению рыбных запасов, числа водоплавающих птиц и т.д.). Но при чрезмерном регулировании стока и загрязнении малых рек подавляется возможность их нормального развития.

## ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВОДНЫХ И ОКОЛОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ БОЛЬШИХ РЕК

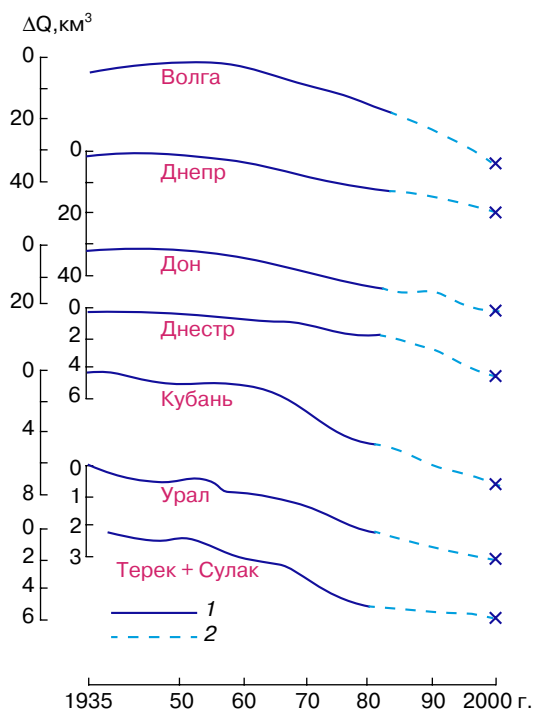
Под влиянием регулирования стока водохранилищами, изъятия его на орошение, другие нужды сельского хозяйства и промышленности происходят существенные изменения гидрологического и гидрохимического режима не только малых, но и больших рек.

В табл. 2 приведены результаты оценки изменений водности рек Северного Кавказа, юга Сибири, Казахстана и Средней Азии за 50-летние периоды использования их стока, а на рис. 1, заимствованном из работы И.А. Шикломанова [5], показаны изменения величины среднего годового стока воды больших рек России и Украины под влиянием комплекса хозяйственных мероприятий.

Кроме существенного уменьшения величин среднего годового стока использование ресурсов поверхностных вод сопровождается перераспределением его в течение года (уменьшение в периоды половодий и паводков), спрямлением речных русел, увеличением густоты водопроводящей сети при проведении осушительных мелиораций и т.д. Все это наряду с загрязнением воды оказывает существенное влияние на экологические системы водных объектов суши (рек, озер, морских устьев рек). Так, по данным Б.В. Фащевского, строительство

**Таблица 2.** Изменение среднего годового стока рек под влиянием хозяйственной деятельности

Река—пункт	1931—1980 гг.		1941—1990 гг.	
	изменения в л/с с 1 км <sup>2</sup>	вероятность тренда, %	изменения в л/с с 1 км <sup>2</sup>	вероятность тренда, %
Терек—Моздок	-0,109	99,9	-0,008	99,9
Кубань—Краснодар	-0,018	99,4	-0,029	99,8
Кура—Мингечаур	-0,037	99,9	-0,036	99,9
Иртыш—Тобольск	-0,004	83,8	-0,012	91,1
Урал—Кушум	-0,004	73,2	-0,030	95,7
Тобол—Кустанай	-0,007	99,7	-0,020	99,9
Чилик—Малыбай	-0,005	81,1	-0,016	93,8
Чу—Муляфан	-0,058	99,9	-0,056	99,9



**Рис. 1.** Изменение стока рек России и Украины под влиянием хозяйственной деятельности ( $Q, \text{км}^3$ ): 1 – по наблюдениям за стоком воды; 2 – прогнозируемое до 2000 года для средних климатических условий

Цимлянское водохранилище и многолетнее регулирование на р. Дон резко изменили не только гидрологический режим, но и экологические условия всей Дон-Азовской гидрологической системы. Цимлянская плотина отрезала все нерестилища белуги, 75–80% нерестилищ осетра и рыбака, до 50% нерестилищ севрюги, сельди и чехони. Урожайность сенокосных угодий поймы Дона упала в 3–5 раз, а отдельные участки вовсе деградировали. Аналогичные изменения произошли в бассейнах рек Кубани, Волги, Куры, Днепра, Терека, Урала.

Почти полное истощение водных ресурсов рек Амударьи и Сырдарьи привело к деградации не только Аральского моря, но и прилегающих к морю дельт этих рек, которые отличались разнообразием животного мира, имели важное хозяйственное значение. Например, площадь озер, богатых прежде рыбой и ондатрой, в дельте Сырдарьи сократилась с 14,9 тыс. до 400 га, а в дельте Амударьи – с 60 тыс. до 10 тыс. га. Зарегулирование стока р. Или Капчагайским водохранилищем (Южный Казахстан) и уве-

личение использования стока рек на орошение привели к экологической катастрофе в дельте р. Или и озере Балхаш.

Эти примеры показывают, что изменения водности рек и их водного режима являются исключительно важными экологическими факторами, иногда более важными, чем загрязнение воды. Поэтому задачей гидрологии является оценка допустимых пределов в изменении водного режима при регулировании стока и хозяйственной деятельности в бассейнах рек. Научно обоснованное использование и регулирование стока с учетом потребностей водных и околотоводных экологических систем позволяет создавать оптимальные условия для их функционирования без ущерба для хозяйственного использования водных ресурсов. Приведенные здесь сведения об изменениях водных ресурсов и связанных с водными объектами экосистем затрагивают только часть актуальных задач, решаемых гидролого-экологией.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Нежиховский Р.А.* Гидролого-экологические основы водного хозяйства. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 229 с.
2. *Семенов В.А.* Сток рек засушливых территорий. М.: Гидрометеиздат, 1990. 169 с.
3. *Алексин О.А.* Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.
4. *Авакян А.Б., Литвинов А.С., Поддубный С.А.* Гидролого-географические исследования водохранилищ // Географическое направление в гидрологии. М.: Изд-во Россельхозакадемии, 1995. С. 180–191.
5. *Шикломанов И.А.* Исследование водных ресурсов суши: Итоги, проблемы, перспективы. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 153 с.

\* \* \*

Вениамин Александрович Семенов, доктор географических наук, профессор Калужского государственного педагогического университета им. К.Э. Циолковского, ведущий научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации, действительный член Международной академии проблем сохранения жизни, член Комиссии гидрологии Всемирной метеорологической организации. Автор и соавтор десяти научных и научно-справочных монографий, учебного пособия, 130 научных статей по методам оценки водных ресурсов и их изменений под влиянием климата и хозяйственной деятельности, автоматизации обработки гидрологической информации и создания банков данных.