

УДК 656.18

О ПРИНЦИПАХ ДОПУСТИМОГО ОБЪЕМА ИЗЪЯТИЯ РЕЧНЫХ ВОД И ОБОСНОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТОКА РЕК

Канд. геогр. наук М.Ж. Бурлибаев

Современное управление водными ресурсами и водохозяйственное планирование при изъятии речного стока исходит из обоснования минимально-необходимых расходов воды, или так называемых санитарных попусков ниже крупных водохранилищ и гидроузлов. При этом хозяйственников абсолютно не волнуют вопросы сохранения речной экосистемы, ярким примером чему служит деградация речных экосистем всех крупных водотоков Казахстана. Поэтому данная статья посвящается методам оценки допустимых изъятий воды и обоснованию экологического стока рек.

Для сохранения речных экосистем важнейшей задачей современности становится научное обоснование допустимых объемов изъятия и экологического стока рек. Причем это экологическое нормирование имеет общие черты для всех водотоков, но, тем не менее, должно быть дифференцированным для каждого из них в отдельности в силу индивидуальности и уникальности экосистем рассматриваемого региона.

Для рассмотрения и решения этого экологического нормирования необходимо четко уяснить все виды антропогенных факторов воздействия на окружающую среду, доминирующих в том или ином речном бассейне. Следует подчеркнуть, что многовекторность и многоплановость факторов воздействия, а также слабая изученность их влияния на речную экосистему и реакцию (отклик) речной экосистемы на эти воздействия, делают решаемые задачи трудноразрешимыми. Это высказывание в полной мере относится к оценкам приемлемых антропогенных воздействий на естественный режим поверхностных и подземных вод при обосновании допустимых объемов изъятия как непосредственно из водотока, так и из подземных вод, перехватывающих поверхностный сток. Допустимость такого изъятия может определяться экологическими или хозяйственными условиями.

Как показывают результаты исследований, естественный режим колебаний водности, т.е. стохастичность, является оптимальной для речных экоси-

стем, которые сформировались в этих условиях и приспособлены к ним. При естественной стохастичности гидрологического режима, речная экосистема также испытывает дискомфорт, выражающийся в длительном затоплении в многоводье и отсутствии затопления в маловодные годы. К этому необходимо добавить еще тот факт, что современные населенные пункты находятся на близком расстоянии от самих водотоков, построенные вопреки существующим водоохраным зонам и, как следствие, подвергаются наводнениям.

Однако существование и развитие цивилизации неизбежно, и какие-то нарушение равновесия в речной экосистеме также является неизбежными. В связи с чем возникает абсолютно правомерный вопрос: каковы пределы этого нарушения равновесия в речной экосистеме; существуют ли возможные компромиссы между интересами общества и речной экосистемы?

Понятное дело, что речная экосистема предъявляет следующие требования гидрологическому режиму: по сохранению видового разнообразия и воспроизводства флоры и фауны; по обеспечению чистоты речного стока по гидрохимическим и гидробиологическим показателям, обеспечению температурного режима, по ежегодному затоплению пойменных лугов и дельтовых участков в определенный промежуток времени; по обеспечению промывок затапливаемых пойменных лугов и дельтовых участков и т.д.

Требования общества к гидрологическому режиму в первую очередь выражается в перерегулировании естественного гидрографа внутригодового распределения стока с помощью водохранилищ для дальнейших транспортировок стока на орошаемые массивы, бытовых пусков для целей гидроэнергетики и т.д. При этом естественное внутригодовое распределение стока подвергается коренному преобразованию.

Представляется, что современное сообщество не может ставить задачи однозначного экологического нормирования допустимых изъятий стока, ибо естественный гидрологический режим водотоков подчинен глубоко интересам отраслей экономики. Необходимо подчеркнуть, что еще с советских времен экологическая стабильность в речном бассейне в экономическом плане уступает экономическому эффекту, получаемому от орошаемого земледелия, гидроэнергетики и водного транспорта. Поэтому в большинстве случаев сопоставительная оценка между благополучием речной экосистемы и экономической эффективностью использования водных ресурсов в различных отраслях экономики решалась в пользу последнего. В случае же приоритетности сохранения речной экосистемы до-

стигаемый экономический эффект оказывается меньше экономических ущербов, наносимых отраслям экономики. Как нам кажется, такой подход при оценке экологического ущерба изначально вреден, так как в каждом случае следует подсчитывать экономический эффект намечаемых объемов изъятия стока с последствием и тяжестью возможных экологических ущербов, наносимых речной экосистеме.

Например, ныне действующие санитарные попуски или же минимально-необходимые расходы воды во всех речных экосистемах республики привели к нарушению биоразнообразия, снижению биопродуктивности в затопляемых пойменных лугах и пойменных участках, продуктивности промысловых рыб и водных животных, деградации эндемичных и реликтовых видов флоры и фауны, потере самоочищающей способности и ухудшению качества воды, изменению температурного режима и т.д. Поэтому современные санитарные попуски ниже крупных водохранилищ и гидроузлов являются бессодержательными. При этом они ни по объемам ни по времени не удовлетворяют потребности речной экосистемы в воде. Мало того, эти попуски и расходы не могут обеспечить нормативные санитарные условия чистоты потока путем разбавления поступающих в реку загрязняющих веществ.

По нашему представлению, прежде чем обосновывать допустимые изъятия речного стока, необходимо определиться, что в данном случае является приоритетным - охрана речной экосистемы или обеспечение водой различных отраслей экономики, в частности сельское хозяйство, гидроэнергетика, водный транспорт и т.д.? Разумеется, что оба направления являются приоритетными! В таком случае необходимо найти компромиссное решение между ними и весь процесс не должен разрабатываться в ущерб кому-либо из этих направлений, как это было сделано на примере речной экосистемы Сырдарьи, низовья которой объявлены зоной экологического бедствия и происходит переселение населения, веками живущего в этом бассейне.

Представляется целесообразным, что сток рек необходимо разделить на две составляющие, а именно, на экологический сток и потенциально свободный сток. При этом экологический сток предназначается глубоко для сохранения речной экосистемы путем поддержания видового биоразнообразия и воспроизводства флоры и фауны затопления пойменных лугов и дельтовых участков в весенний период, промывки почв пойменных лугов и дельтовых участков, обеспечение нормативного гидрохимического режима, обеспечения нормативного гидробиологического режи-

ма, нормативного кислородного режима, температурного режима, стока – взвешенных наносов, обеспечение гидравлической связи между поверхностными и подземными водами, водного режима и рекреации (Рис. 1).

Потенциально-свободному стоку вменяется обязанность обеспечения водой различных отраслей экономики: сельхозорошения и сельхозводоснабжения, гидроэнергетики и водного транспорта, рыбо-прудового и жилищно-коммунального хозяйства.

В соответствии с изложенным экологический сток превращается в комплексный показатель, гидрограф которого изменяется во времени, в зависимости от водности реального гидрологического года и во внутригодовом разрезе, т.е. он не имеет ничего общего с современным санитарным попуском, который по своей сути является постоянной величиной, независимой от водности года. Как видно из требований к экологическому стоку, на первый план выдвигается воссоздание весеннего половодья и паводков, ибо благополучие речной экосистемы на весь год определяется весенними затоплениями. В остальное время года экологический сток должен поддерживать достигнутое благополучие. Необходимо сделать отступление и подчеркнуть, что при весеннем затоплении достигаются цели:

- влагозарядка почв пойменных лугов и дельтовых участков;
- затопление (с определенной длительностью) нерестилищ фитофильных рыб с необходимыми глубинами, обеспечением температурного, кислородного и скоростного режимов. Немаловажную роль играет также длительность затопления с завершающей стадией плавного спада уровней для обеспечения ската мальков в основное русло реки.

Наряду с этими весенними требованиями к экологическому стоку, в течение всего года необходима поддержка на нормативном уровне качественных характеристик водного потока и т.д. Поэтому, когда речь идет о допустимых объемах изъятия речного стока, наиболее значимым отрицательным экологическим последствием является снижение стока как внутри года, так и в многолетнем периоде, а также искусственное увеличение цикла маловодных лет. В такой постановке задачи необходимо определиться с таким понятием как экологический допустимый уровень воздействия на речную экосистему.

Теперь, что касается путей определения допустимого объема изъятия речного стока, предлагаемых различными авторами в постсоветском пространстве и нормативными документами по данному вопросу.

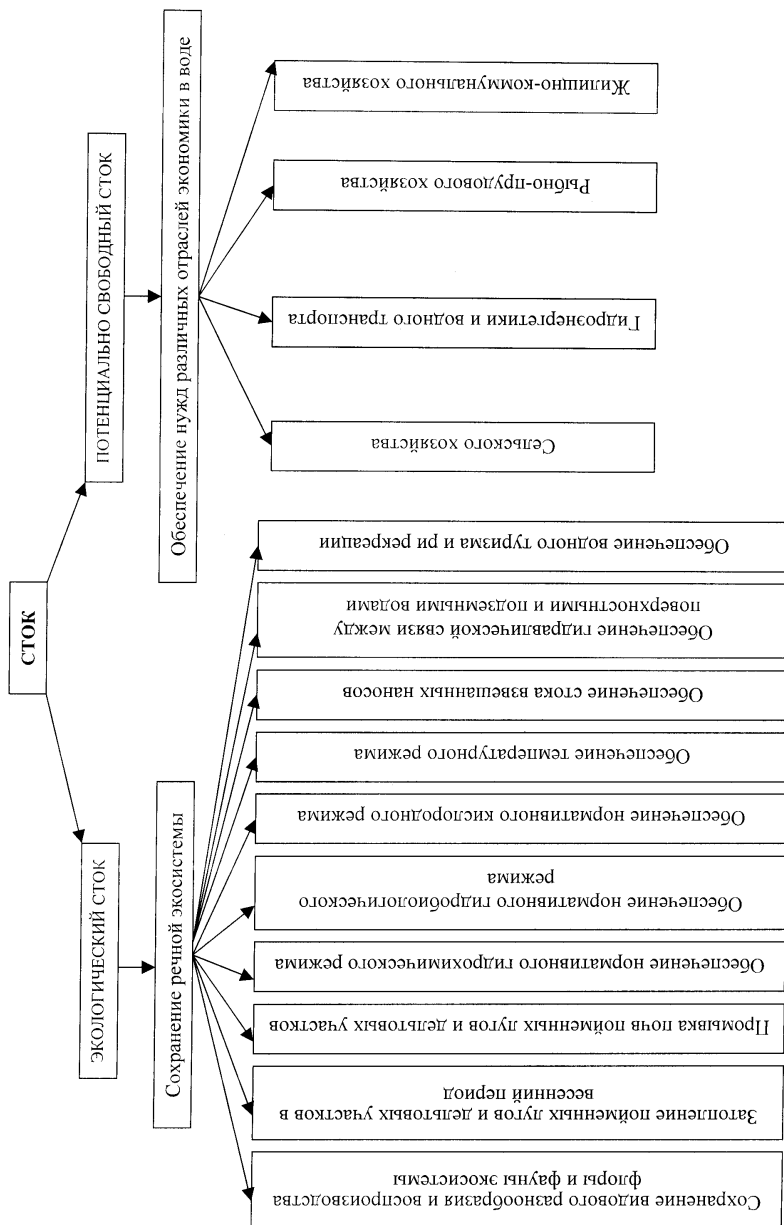


Рис. 1. Блок-схема разделения стока рек.

Например, в Советском Союзе и в постсоветском пространстве использовался и используется единственный документ по регламентации данного вопроса, СНиП 2.04.02-84. В этом документе оговаривается, что обеспеченность среднемесячных расходов воды в поверхностном водосточнике должна зависеть от категории водоснабжения. Согласитесь, что данная формулировка никого, тем более водохозяйственников, ни к чему не обязывает по ограничению изъятия речного стока. В нем также нет четкого определения по допустимости того или иного снижения расхода воды в маловодный период.

Известна позиция по данному вопросу А.В. Яцыка, что экологический сток реки должен обеспечивать:

- сохранение в речном потоке «гидродинамического равновесия, обеспечивающего транспортирующую способность потока и процесса руслообразования, замыкающихся в обосновании учета скоростей потока;
- сохранение благоприятного водного режима, обеспечивающего биологическую продуктивность водных экосистем и способность водоочистки водотоков, оцениваемая по содержанию растворенного кислорода в потоке.

При такой постановке трудно вести речь о сохранении целостной речной экосистемы, так как вообще отсутствуют признаки воссоздания весеннего половодья и паводков, которые и определяют благополучие речной экосистемы. В предлагаемом варианте автор замыкается обоснованием расходов воды только в русле реки, игнорируется вопрос о заливных лугах и дельтовых участках. Далее, выводя растворенный кислород в ранг основных критериев обоснования расходов воды он ограничивается при определении загрязненности органическими веществами. Нельзя забывать о том, что растворенный кислород реагирует только на загрязнение органического происхождения, тогда как тяжелые металлы, ядовитые вещества тоже являются противодействующими элементами устойчивости биологической продуктивности и т.д.

По мнению Б.Ф. Фащевского (2000 г.) минимальный остаточный сток рек не может быть меньше стока 99 %-ной обеспеченности. Соглашаясь с мнением этого автора, хотелось бы подчеркнуть, что это предложение может относиться только к маловодному году, тогда как ежегодный экологический сток необходимо определять исходя из водности реального гидрологического года, т.е. из года в год данный сток не может быть постоянной

величиной, а является динамичной величиной. Предлагаемый Б.Ф. Фашевским вариант разработки экологического стока в виде гидрографа внутригодового распределения стока нами приветствуется. Следует отметить, что для водохозяйственных целей предлагаемый метод получения гидрографа должен иметь инженерный характер, иметь расчетные формулы и номограммы экологического стока. К сожалению, автор проигнорировал это.

Известны работы А.Г. Каска (1998), В.С. Ковалевского и Д.Я. Ратковича (2003). Если суть работы А.Г. Каска заключается в разработке лимитирующего гидрографа по модели неблагоприятного маловодного года ($P = 95 \%$), то В.С. Ковалевский и Д.Я. Раткович ограничиваются аналитическими выводами на основе работ отдельных авторов и примерами из реальной практики.

Общим замечанием для всех вышеприведенных работ является отсутствие в них рассмотрения вопроса устойчивости речных экосистем. Между тем представляется, что обоснование экологического стока и допустимого объема изъятия речного стока это проблема, исходящая из анализа толерантной устойчивости экосистемы. Об этом нами достаточно сказано в ранее опубликованных работах, поэтому считаем, что нет необходимости детально останавливаться на их анализе. Подчеркнем лишь, что на примере р. Шу присутствуют признаки устойчивости всегда. Вопрос только в том: какая это устойчивость? Есть устойчивость речной экосистемы на оптимальном уровне ($P = 50..60 \%$), также есть устойчивость при многоводье ($P = 1..25 \%$) и маловодье ($P = 70..99 \%$) при антропогенном состоянии биоты. Поэтому необходимо подчеркнуть, что при обосновании экологического стока основным критерием должен выступать принцип сохранения речной экосистемы, в том числе при маловодье, а не ориентация на минимальный статистический гидрограф, отмеченный за многолетний период наблюдения за гидрологическим режимом. В настоящее время все крупные реки республики зарегулированы водохранилищами. Эти водохранилища могут сыграть неоценимую роль в обеспечении речных экосистем экологическим стоком, с помощью перерегулирования стока в многолетнем цикле. Многоводный год для речной экосистемы также вреден, как и маловодный. Поэтому для обеспечения устойчивости речной экосистемы на уровне оптимума ($P = 50..60 \%$ в весенний период) необходимо перенацелить существующие водохранилища из сезонного в многолетнее регулирование.

Ранее нами были разработаны номограммы для определения экологического стока от суммарного речного стока при $P = 25 \%$; 50% ; 75% ; 95% . Как показали результаты дальнейших исследований, при правильности постановки задачи и по-

лученных результатов применения этих номограмм, настало время уточнения экологического стока для других обеспеченностей с учетом потребности речной экосистемы в воде в различные периоды года. Особенно это касается предохранения рек от зарастания и заиления, которые являются результатом антропогенного воздействия на естественный гидрологический режим и отсутствия научного обоснования перерегулирования речного стока водохранилищами и другими гидротехническими сооружениями. Для наглядности предъявляемых речной экосистемой требований к экологическому стоку, нами была проиллюстрирована блок-схема разделения речного стока на экологический и потенциально-свободный сток (Рис. 1), где подробно приведена детализация основных требований.

Итак, в маловодные годы охрана речной экосистемы от заиления и зарастания достигается при обеспечении скоростей течения водного потока на уровне подвижки частиц грунта по дну русла реки, которая может быть описана формулами Г.И. Шамова и В.Н. Гончарова:

$$V_{cp} = 3,7 d_{cp}^{1/3} H_{cp}^{1/6}, \quad (1)$$

$$V_H = lq \left(\frac{8,8 H_{cp}}{d_{5\%}} \right) \sqrt{\frac{2q(\gamma_s - \gamma)}{3,5\gamma}} d_{cp}, \quad (2)$$

где V_{cp} – средняя скорость потока, м/с, при которой прекращается движение влекомых наносов; d_{cp} – средний диаметр частиц донных отложений, мм; H_{cp} – средняя глубина потока, м; V_H – предельная неподвижная скорость, м/с; $d_{5\%}$ – диаметр крупных частиц донных отложений, мм, доля которых составляет 5 % от суммарного; γ – плотность воды ($\gamma = 1 \text{ т/м}^3$); γ_s – плотность частиц наносов, т/м^3 .

Расчеты по формулам (1) и (2) показывают весьма похожие результаты. Для всего диапазона средних глубин р. Шу в низовьях, т.е., где необходим выход воды на пойму для целей затопления, наблюдавшихся в весенний, летне-осенней межени, получены средние скорости, изменяющиеся в пределах от 0,10...0,45 до 1,50 м/с.

H_{cp} , м	0,10	0,20	0,30	0,50	0,70	0,90	1,00	1,20	1,40
V , м/с	0,18	0,19	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,35	0,50
H_{cp} , м	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40	2,50	2,70	2,90	>3,0
V , м/с	0,61	0,68	0,80	0,95	1,05	1,20	1,35	1,40	1,47

Для определения расходов воды, отвечающих скоростям 0,50...1,50 м/с использованы графические зависимости средних скоростей (V_{cp}) от расходов воды (Q_{cp}), построенные за многолетний период наблюдений при естественном гидрологическом режиме р. Шу. Из-за разброса точек, обусловленного непостоянством морфометрических характеристик русла р. Шу (средние глубины, ширина и уклоны), в зависимостях $V_{cp} = f(Q_{cp})$ сначала проводились верхние и нижние огибающие, а затем – расчетные кривые. При этом для облегчения расчетов полученные зависимости для р. Шу аппроксимируются зависимостью (рис. 2 и 3):

$$Q_{эс} = \alpha Q_{рс}^2 + \beta Q_{нс} \quad (3)$$

где $Q_{эс}$ – экологический сток, м³/с; $Q_{рс}$ – речной сток, м³/с; α – эмпирический коэффициент, равный при летней, осенней и зимней межени – 0,0003 (при $R^2 = 0,9961$) и в период половодья и паводков – 0,0002 (при $R^2 = 0,9980$); β – эмпирический коэффициент, равный в межень 0,3803 (при $R^2 = 0,9961$) и в период половодья и паводков 0,6885 (при $R^2 = 0,9980$).

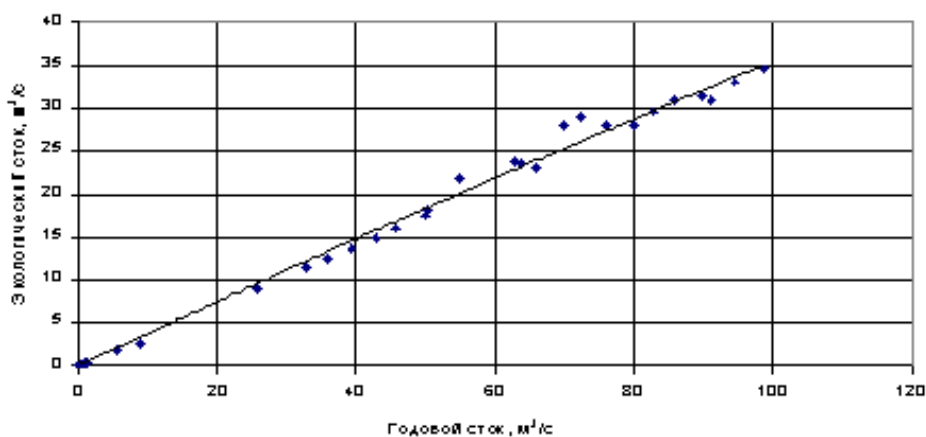


Рис. 2. Зависимость экологического стока р Шу от внутригодового в летнюю, осенне-зимнюю межень.

Следует подчеркнуть, что естественный месячный минимум расходов воды является базовым (расчетным) при зарегулированности стока рек, свойственной рекам с положительным подземным водообменом, бассейны которых закарстованы и где русла реки дренируют не только собственные воды, но и воды смежных речных бассейнов. Среднемноголет-

ний годовой сток (расход) – это допустимый минимум для рек со слабым базисным стоком. Меженный сток представляет резервируемый сток рек, занимающих промежуточное положение по степени его зарегулированности. Ясно, что экологический сток реального года зависит от стока данного года, т.е. экологический сток не может быть постоянной величиной как применяемые на практике минимально-необходимые расходы воды или санитарные попуски ниже водохранилищ.

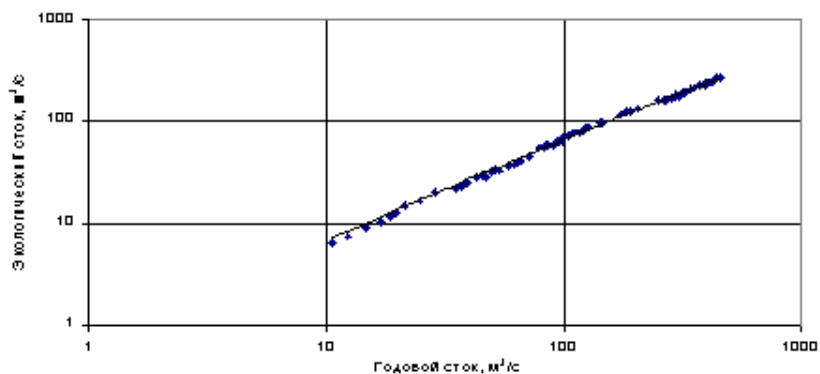


Рис. 3. Зависимость экологического стока *р. Шу* от внутригодового в период весеннего половодья и паводков.

В обосновании экологического стока немаловажную роль играет определение затопляемости пойм рек, ибо от этого процесса во многом зависит устойчивое развитие речной экосистемы. В настоящее время расчетные наивысшие уровни воды (при которых затопляется пойма) для свободного состояния русла на реках следует определять по максимальному расходу воды расчетной вероятности превышения $P\%$ и зависимости $Q = f(H)$. Но практика показывает, что эти методы определения максимальных уровней воды приводят к существенным ошибкам в определении максимальных уровней. Основной причиной этого выступает неточность экстраполяции в верхней части зависимости, особенно при наличии широкой поймы. Следует подчеркнуть, что в курсах гидравлики и гидрометрии в основном излагаются лишь различные способы экстраполяции полученных зависимостей, а не способы их построения при отсутствии гидрометрической и морфологической информации.

В настоящее время неизвестны работы, в которых приводилась бы оценка точности расчетных значений наивысших уровней воды, полученным по равнообеспеченным расходам воды на неизученных участках *р. Шу*. Неоднократно нами отмечалось, что уровни рек, хотя и находятся в зависи-

мости от принятого нуля отсчета, но выраженные в абсолютных значениях или превышениях какой-либо характеристики, например межени или отметки выхода на пойму, могут быть также подвержены статистическому анализу, как и ряды измеренных расходов воды. Причем для рассматриваемого речного бассейна коэффициент асимметрии (C_s) статистического ряда уровней остается неизменным независимо от нуля «графика». Чтобы провести районирование зон затопления, необходимо выявить характеристики затопленной поймы, независящие от площади водосбора.

Пример р. Шу показывает, что почти все характеристики половодья (паводков) и затоплений (высота водного потока, ширина разлива, продолжительность стояния воды на пойме и т.д.) в большей или меньшей степени зависят от площади бассейна. При этом частота (вероятность) затопления пойм зависит не от площади водосбора, а от глубины вреза русла, определяемого высотой поймы над среднемеженным урезом воды. Такая закономерность подтверждается зависимостью вероятности затопления поймы от относительного превышения его среднегодового максимального уровня воды.

По результатам исследования выхода воды на пойму р. Шу определено относительное превышение $\pm \Delta h$ максимальным уровнем воды (\bar{H}_{max}) (среднемаловодный год) отметки выхода на пойму (H_n):

$$\pm \Delta h = \bar{H}_{max} - H_n. \quad (4)$$

Дальнейшие исследования показали, что нулевому значению Δh соответствует год с $P = 75\%$ обеспеченностью, то есть когда отметка поймы соответствует среднемаловодному максимальному уровню воды. При незначительной асимметрии (C_s), характерному уровню статистическому ряду:

$$\bar{H}_{max} \approx H_{P=75\%}. \quad (5)$$

Итак, при приоритете затопления поймы р. Шу нижний отсчет экологического стока не может быть меньше стока $P = 75\%$ обеспеченности.

В многоводные годы выстроенные водохранилища на р. Шу должны резервировать сток и далее перераспределять их для нужд в маловодные годы в виде экологического стока.

Этот резервируемый сток определяется как:

$$W_{рез} = cQ_{рез}t, \quad (6)$$

где $W_{рез}$ – объем резервируемого стока, млн м³; $Q_{рез}$ – резервируемый расход воды, м³/с; c – модульный коэффициент заданной обеспеченности, определяемый из отношения $Q_{эс(ср.г)}/Q_{рс(ср.г)}$; t – число секунд в году, то есть $31,56 \cdot 10^6$.

То, что для речной экосистемы р. Шу оптимальным уровнем устойчивого развития является год с $P = 50\%$ обеспеченностью, определено нами в ранее опубликованных работах [1, 2, 3, 4]. В данной работе еще раз коснемся экологически допустимых уровней воздействия на речные экосистемы. При этом метод нормирования воздействий на речные экосистемы, основанный на биотической концепции контроля окружающей среды, позволяет оценить состояние речной экосистемы по шкале норма – патология с помощью ранее полученных зависимостей. Следовательно, ставится задача – оценить уровни воздействия гидрологического режима на речную экосистему, вызывающие неблагоприятное состояние последней.

Пусть P – фактор среды, то есть гидрологический режим реки, U – оценка состояния речной экосистемы (устойчивость), E – экологически допустимый уровень воздействия. При этом следует отметить, что экологическое благополучие речной экосистемы достигается при $P < E$. Зададим условие, что такое же состояние наблюдается, то есть благополучное при $U < F$, и неблагоприятное если $U \geq F$, где F – заданная константа.

Рассмотрим такие случаи, когда неблагоприятные значения находятся как справа, так и слева от значений устойчивости при $P = 50\%$ по стоку. Иначе говоря, в общем случае граница области экологически допустимых значений фактора двусторонняя и определяется двумя константами (E_1 и E_2), а значения a, b, c, d задаются следующими условиями:

a – число наблюдений, для которых $U < F$ и $U_1 < P < E_2$;

b – число наблюдений, для которых $U < F$, а $P \leq E_1$ или $P \geq E_2$;

c – число наблюдений, для которых $U \geq F$ и $E_1 < P < E_2$;

d – число наблюдений, для которых $U \geq F$, а $P \leq E_1$ или $P \geq E_2$.

В соответствии с поставленными задачами и обозначениями точность детерминации (при $P \geq E$, $U \geq F$) определяется как:

$$T = d / (b + d). \quad (7)$$

А полнота (при $U \geq F$, $P \geq E$):

$$D = d / (c + d). \quad (8)$$

Определить влияние P на U - значит, в первую очередь, найти оптимальное значение параметра E (или E_1 и E_2) при заданном значении F . Далее будем считать оптимальным такое значение E , которому соответствует максимальное значение полноты D при заданной нижней границе точности T .

Дальнейшие исследования, базирующиеся на полученной зависимости, приведенной в работах [1, 2, 3] показали, что максимальная полнота достигается при $P = 50\%$ обеспеченности, то есть достигается при минимальном экологически допустимом уровне (ЭДУ) воздействия на речную экосистему.

Как в нашем случае, если факторов среды несколько, то их однофакторные ЭДУ могут быть рассмотрены в совокупности. Например, неблагоприятное состояние речной экосистемы обнаруживается, если значение хотя бы одного из факторов P_1, P_2, \dots, P_m превышает экологически допустимый уровень. Тогда соответствующим образом переопределяются значения a, b, c, d . Принимается,

что для a : $U < F$ и $P_i < E$ для всех P_i ;

для b : $U < F$ и $P_i \geq E$ хотя бы для одного P_i ;

для c : $U \geq F$ и $P_i < E$;

для d : $U \geq F$ и $P_i \geq E$ хотя бы для одного P_i .

При таком переопределении a, b, c, d формулы для T и D сохраняют прежний вид. Полученное «суммарное» значение D не меньше одномерных значений, однако, объединенная точность может стать меньше минимально допустимого значения. Таким образом, полученные результаты показывают, что оптимальное значение устойчивого развития речной экосистемы r . Шу достигается при $U_{opt} = 1$, т.е. определяемое из соотношения:

$$U_{opt} = \left(\frac{U_i(P=50\%)}{U_{ср.мн}} \right) - 1, \quad (9)$$

где U_{opt} – оптимум устойчивости развития речной экосистемы; U_i – устойчивость при пятидесяти процентной обеспеченности стока; $U_{ср.мн}$ – среднееголетний показатель устойчивости речной экосистемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж. Об одной попытке испытания устойчивости речной экосистемы на примере р. Шу // Гидрометеорология и экология. – 1998. - № 1-2. – С. 94-106.
2. Бурлибаев М.Ж. Об одной задаче оценки сравнительной устойчивости речной экосистемы из детерминированного равновесного состояния ее развития // Гидрометеорология и экология. – 1998. - № 3 – 4. – С. 69 – 85.
3. Бурлибаев М.Ж. Очередные испытания устойчивости речной экосистемы в условиях периодических решений ее детерминированного состояния развития // Гидрометеорология и экология. – 1999. - № 1. – С. 75 – 85.
4. Бурлибаев М.Ж. К вопросу определения устойчивости речных экосистем // Географические основы устойчивого развития Республики Казахстан. – Алматы, Изд-во: Фылым, 1998. – С. 212 – 216.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

‡ЗЕН СУЛАРЫН ШЫҒАРУДЫҰ РАУАЛЫ КҒЛЕМІ МЕН ‡ЗЕНДЕРДІҰ ЭКОЛОГИЯЛЫС АҒЫСЫН НЕГІЗДЕУ САҒИДАЛАРЫ

Геогр. Ғылымд. канд. М.Ж.БҒрлібаев

Sazirgi su ресурстарын басјару мен ғзен аҒысын шыҒару кезіндегі жоспарлау суды еҰ кем јажетті пайдалануды, немесе ірі су јоймалары мен гидротораптардын санитарлыј су шыҒаруды негіздеуден шыҒады. БҒл жаҒдайда шаруашылыј жҒргізушілер ғзен экожҒйесін сајтау туралы мҒлдем ойламайды. БҒныҰ айшыјты мысалы ретінде СазајстанныҰ барлыј ірі су аҒыстарыныҰ ғзен экожҒйелерініҰ деградациясын атауҒа болады. Сондыјтан бҒл мајала суды шыҒарудыҰ рауалы кҒлемін баҒалауҒа ж, не ғзендердіҰ экологиялыј аҒыстарын негіздеуге арналҒан.