

УДК 556.5.114(075.8)

**ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК И ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ СТОКА**

Доктор техн. наук М.Ж. Бурлибаев

*Сделана первая попытка систематизации принципов экологического нормирования стока рек, в частности, на примере такого трансграничного водотока, как река Сырдарья. В представлении автора современный экологический мониторинг и экологическое нормирование стока, под которыми подразумеваются гидрохимический мониторинг и гидрохимическое нормирование (ПДК) не отвечают требованиям охраны сложных природных комплексов, к категории которых относятся речная экосистема.*

Термины “восстановление” или “реабилитация” экологического состояния речной экосистемы Сырдарьи или акватории Аральского моря, часто применяются в названиях, целях и задачах экологических программ или проектов, осуществляемых в Центрально-Азиатском регионе. Между тем известно, что вернуть экологическую ситуацию вокруг Аральского моря в естественное состояние в условиях современных антропогенных воздействий практически не представляется возможным. Речь можно вести о минимизации отрицательного воздействия высыхаемого моря и восстановлении речной экосистемы Сырдарьи, в первую очередь дельтовой системы водотока. При этом основной акцент должен быть сделан на экологическое нормирование как самого водотока, так и на антропогенные факторы, возникающие в результате хозяйственной деятельности человека. Поэтому для выработки научно-обоснованных экологических норм должны быть детально изучены трансформация и деградация речных экосистем в результате воздействия антропогенных факторов. В нашем примере воздействие антропогенных факторов будет рассмотрено относительно гидрологического и гидрохимического режимов и комплексной оценки качества вод реки Сырдарьи для выработки основополагающих принципов экологического нормирования.

**Анализ изменения гидрологического и гидрохимического режимов реки Сырдарьи**

Актуальность изучения гидрологического и гидрохимического режима р. Сырдарьи определялась со времени начала инструментального наблюдения за этими параметрами. При этом, если в начальный период

мониторинга ставилось и считалось первоочередной задачей определение питьевого и ирригационного качества вод водотока, то в настоящее время к этому прибавилась объективная оценка антропогенного изменения естественного гидрологического и гидрохимического режима р. Сырдарьи с целью получения однозначного ответа на вопрос о пригодности или непригодности использования речной воды для различных отраслей экономики. Между тем известно, что с ухудшением гидрологического и гидрохимического режимов р. Сырдарьи, начиная с 1960 года и по настоящее время, в многочисленных трудах отечественных исследователей нет однозначного ответа на вышеперечисленные вопросы. Как необходимое отступление, следует подчеркнуть, что до сих пор для р. Сырдарьи не производились полноценные сопоставительные оценки естественного и нарушенного гидрологического (гидрохимического) режимов, для выявления картины их изменения под влиянием комплекса антропогенных факторов, а также не решена одна из главных задач речной гидрохимии – определение зависимости химического состава воды от водности реки.

Наши расчеты будут базироваться на многолетнем статистическом ряде створа ГП Казалы. Предпочтение ГП Казалы будет отдаваться не потому, что у этого створа наблюдения за водным режимом ведутся с 1912 года, а с учетом эффекта контроля замыкающего створа. Известно, что для получения полной картины деградации экосистемы, т.е. собственно речной экосистемы низовьев и Аральского моря, эти наблюдения наиболее точно отражают те изменения, произошедшие в естественном гидрологическом режиме замыкающего створа всего речного комплекса. При этом весь период наблюдения за гидрологическим режимом р. Сырдарьи нами будет разделен на два периода, т.е. условно-естественный и нарушенный. Разумеется, что так называемый период с естественным гидрологическим режимом будет носить признаки условности, так как р. Сырдарья, находясь в зоне традиционного орошения, своим началом хозяйственного освоения водных ресурсов уходит корнями вглубь предыдущих веков. Поэтому, несмотря на наличие исторических фактов раннего земледелия с элементами современного понятия мелиорации и орошения, их в прикладные статические расчеты невозможно приложить. С учетом этого фактора встает задача определения объективных критериев разделения имеющихся статических рядов на условно-естественные и нарушенные периоды. На наш взгляд, наряду с множеством факторов основное внимание заслуживает ухудшение состояния Аральского моря, т.е. те изменения, которые

стали осязаемыми и зафиксированы инструментальными замерами, будь то падения уровня, повышение минерализации и т.д. Если принять это априори, то несомненно, за начало интенсивной деградации можно принять 1960 год – год, совпадающей с началом ввода и эксплуатации Шардаринского водохранилища, положивший начало коренному переустройству исторически сложившихся экосистем низовья р. Сырдарьи и Аральского моря. При этом период с 1912 года до 1960 года нами принят за условно-естественный период гидрологического режима.

Исследования изменения гидрологического режима велись нами и основывались на вероятностных характеристиках двух независимых гидрологических рядов, т.е. условно-естественного и нарушенного периодов. Известно, что ведение сопоставительного анализа между произвольно взятыми отдельными годами из двух периодов неминуемо приведет к абстрактным результатам из-за отсутствия объективного объединительного критерия между этими годами. Поэтому нам представляется целесообразным прибегать к помощи вероятностных характеристик по обеспеченностям (25, 50, 75 и 95 %). При этом мы должны четко отдавать себе отчет в том, что применение понятия вероятности в экологических изысканиях сталкивается с двумя различными типами вероятности. В нашем же случае применяемая вероятность – это эмпирическая вероятность, основанная на реальных статических данных, полученных с помощью непосредственных замеров на инструментальной основе, а не постулированная теоретическая вероятность.

Как необходимое отступление, следует подчеркнуть, что определению всех видов хозяйственной деятельности в целостном бассейне посвящен целый ряд работ, поэтому мы на них не будем останавливаться. Изменения гидрологического режима в створе ГП Казалы будут базироваться на констатации реальных фактов антропогенного изменения при различных обеспеченностях нарушенного режима относительно условно-естественного периода.

Внутригодовое распределение стока р. Сырдарьи в многолетнем периоде наблюдений, (условно-естественный период гидрологического режима в 1912...60 гг.) показывает, что этот процесс был полностью подчинен природным факторам формирования стока [1], за исключением незначительного влияния Фархадского и Кайракумского водохранилищ, и, по классификации Б. Зайкова, относился к Тянь-Шанскому типу с характерными половодьем и паводком в теплый период года и меженью в холодный. При этом в бассейне реки Сырдарьи присутствуют все виды основных факторов формирования

стока, т.е. талые снеговые, дождевые, ледниковые и подземные воды в зависимости от месторасположения составляющих гидрографической сети. Основной объем переносимого стока, как правило, приходится главным образом на долю половодья, начало и окончание которого зависят от высотного положения водосборов притоков, характера распределения снежного покрова, климатических условий дождевого стока, наличия ледников и снежников, гидрологических условий бассейна и т.д. Не вдаваясь в подробности детального изучения следственно-причинных обстоятельств формирования стока отдельных притоков и самой Сырдарьи подчеркнем, что нас, интересует прежде всего внутригодовое распределение стока реки в створе ГП Казалы.

Полученные нами результаты исследования внутригодового распределения стока как за условно-естественный, так и за нарушенный периоды различной обеспеченности показывают, что начиная с 1960 года эти показатели коренным образом преобразованы. Очевидно, что подверглись изменению не только фактические стоки за отдельные месяцы, но и произошли перестановки во внутригодовом распределении. Например, при 25 % обеспеченности для условно-естественного периода характерны высокие расходы для марта, апреля, мая, июня и июля месяцев, при нарушенном же периоде гидрологического режима они изменены в сторону уменьшения, т.е. произошла срезка пиков половодья. При кажущейся незначительности разности стоков, они таковы: при условно-естественном гидрологическом режиме: март – 650 м<sup>3</sup>/с; апрель – 930 м<sup>3</sup>/с; май – 670 м<sup>3</sup>/с; июнь – 720 м<sup>3</sup>/с; июль – 630 м<sup>3</sup>/с; – при нарушенном гидрологическом режиме – март – 410 м<sup>3</sup>/с; апрель – 445 м<sup>3</sup>/с; май – 305 м<sup>3</sup>/с; июнь – 180 м<sup>3</sup>/с; июль – 175 м<sup>3</sup>/с. Это то, что касается весенне-летнего стока. Такое же положение наблюдается и в осенне-зимнем стоке, за исключением сентября месяца, когда оба показателя, характерные для двух периодов гидрологического режима, примерно равны на уровне 300 м<sup>3</sup>/с. Тем не менее, следует отметить, что срезка характерных во внутригодовом распределении весенне-летних расходов осуществляется и в отношении осенне-зимних расходов воды.

Совершенно иная картина предстает при анализе изменения внутригодового распределения стока при 50 % обеспеченности. Если при сравнении фактических расходов воды двух периодов 25 % обеспеченности расходы воды нарушенного периода более или менее осязаемы относительно условно-естественного периода, то при 50 % обеспеченности расходы нарушенного периода уменьшены на несколько порядков от первоначальных. Например, при условно-естественном периоде расходы воды составляли: март – 400 м<sup>3</sup>/с; апрель – 650 м<sup>3</sup>/с; май – 710 м<sup>3</sup>/с; июнь –

827 м<sup>3</sup>/с; июль – 740 м<sup>3</sup>/с; август – 480 м<sup>3</sup>/с. При нарушенном периоде эти показатели следующие: март – 90 м<sup>3</sup>/с; апрель – 105 м<sup>3</sup>/с; май – 80 м<sup>3</sup>/с; июнь – 80 м<sup>3</sup>/с; июль – 40 м<sup>3</sup>/с; август – 80 м<sup>3</sup>/с. Иначе говоря, произошли коренные изменения не только во внутригодовом распределении, но и в показателях фактических расходов воды стока половодья. Как и в предыдущей обеспеченности, более или менее сопоставимы фактические расходы воды в сентябре месяце, где они соответственно равны 300 м<sup>3</sup>/с и 205 м<sup>3</sup>/с. Произошедшие изменения в осенне-зимнем периоде тоже заслуживают акцента внимания. При условно-естественном режиме во внутригодовом распределении стока фактические расходы отдельных месяцев составляли: октябрь – 316 м<sup>3</sup>/с; ноябрь – 510 м<sup>3</sup>/с; декабрь – 490 м<sup>3</sup>/с; январь – 350 м<sup>3</sup>/с; февраль – 320 м<sup>3</sup>/с. Нарушенный период гидрологического режима показывает, что за вышеперечисленные месяцы фактические расходы воды составляют: октябрь – 115 м<sup>3</sup>/с; ноябрь – 115 м<sup>3</sup>/с; декабрь – 190 м<sup>3</sup>/с; январь – 110 м<sup>3</sup>/с; февраль – 110 м<sup>3</sup>/с.

Аналогичное изменение во внутригодовом распределении стока произошли и при 75 % обеспеченности с еще большим уменьшением фактических показателей за отдельные месяцы. Например, весенне-летний сток воды за отдельные месяцы условно-естественного периода был отмечен: март – 420 м<sup>3</sup>/с; апрель – 610 м<sup>3</sup>/с; май – 770 м<sup>3</sup>/с; июнь – 780 м<sup>3</sup>/с; июль – 740 м<sup>3</sup>/с; август – 505 м<sup>3</sup>/с. В настоящее время они отличаются на уровне: март – 40 м<sup>3</sup>/с; апрель – 10 м<sup>3</sup>/с; май – 5 м<sup>3</sup>/с; июнь – 10 м<sup>3</sup>/с; июль – 8 м<sup>3</sup>/с; август – 8 м<sup>3</sup>/с. Осенне-зимние расходы воды условно-естественного периода фиксировались; сентябрь – 405 м<sup>3</sup>/с; октябрь – 390 м<sup>3</sup>/с; ноябрь – 490 м<sup>3</sup>/с; декабрь – 400 м<sup>3</sup>/с; январь – 280 м<sup>3</sup>/с; февраль – 310 м<sup>3</sup>/с. Современное их преобразование показывает, что за эти месяцы они составляют: сентябрь – 10 м<sup>3</sup>/с; октябрь – 8 м<sup>3</sup>/с; ноябрь – 8 м<sup>3</sup>/с; декабрь – 19 м<sup>3</sup>/с; январь – 20 м<sup>3</sup>/с; февраль – 19 м<sup>3</sup>/с.

Такая же картина наблюдается и при 95 % обеспеченности. При условно-естественном периоде гидрологического режима фактические среднемесячные расходы воды за отдельные месяцы составляли: март – 375 м<sup>3</sup>/с; апрель – 440 м<sup>3</sup>/с; май – 340 м<sup>3</sup>/с; июнь – 460 м<sup>3</sup>/с; июль – 380 м<sup>3</sup>/с; август – 305 м<sup>3</sup>/с. В настоящее время они составляют: март – 20 м<sup>3</sup>/с; апрель – 8 м<sup>3</sup>/с; май – 8 м<sup>3</sup>/с; июнь – 8 м<sup>3</sup>/с; июль – 5 м<sup>3</sup>/с; август – 3 м<sup>3</sup>/с. Результаты сопоставительного анализа осенне-зимних расходов воды показывают, что при естественном периоде они были следующими: сентябрь – 220 м<sup>3</sup>/с; октябрь – 285 м<sup>3</sup>/с; ноябрь – 410 м<sup>3</sup>/с; декабрь – 290 м<sup>3</sup>/с; январь – 260 м<sup>3</sup>/с; февраль – 305 м<sup>3</sup>/с. При нарушенном периоде гидрологического режима эти среднемесячные расходы

составляют: сентябрь – 5 м<sup>3</sup>/с; октябрь – 5 м<sup>3</sup>/с; ноябрь – 8 м<sup>3</sup>/с; декабрь – 25 м<sup>3</sup>/с; январь – 42 м<sup>3</sup>/с; февраль – 40 м<sup>3</sup>/с.

Полученные результаты исследования изменения внутригодового распределения стока р. Сырдарья в створе ГП Казалы показывают, что при всех обеспеченностях коренным образом произошли изменения, всецело ассоциирующие только уменьшением среднемесячных расходов воды по сравнению с условно-естественным периодом гидрологического режима. И, как закономерный итог такого изменения внутригодового распределения стока, также претерпел существенные изменения и годовой сток при различных обеспеченностях. Например, при условно-естественном периоде гидрологического режима р. Сырдарья имела годовой сток с обеспеченностью: 25 % – 17,03 км<sup>3</sup>; 50 % – 16,18 км<sup>3</sup>; 75 % – 12,05 км<sup>3</sup> и 95 % – 10,66 км<sup>3</sup>. Разность стоков (равных обеспеченностей) при естественном и нарушенном гидрологических режимах водотока составляет: 25 % – 8,86 км<sup>3</sup>; 50 % – 12,58 км<sup>3</sup>; 75 % – 11,27 км<sup>3</sup>; 95 % – 10,13 км<sup>3</sup>; при фактических значениях годового стока нарушенного периода 25 % – 8,18 км<sup>3</sup>; 50 % – 3,60 км<sup>3</sup>; 75 % – 0,78 км<sup>3</sup>; 95 % – 0,53 км<sup>3</sup>. Такое положение объясняется тем, что основное предназначение каскада водохранилищ, расположенных на территории Кыргызстана, Узбекистана, Таджикистана и Казахстана, заключается в перераспределении стока не только во времени, но и в пространстве для целей орошения. Этот случай красноречиво говорит о том, что речная экосистема и Аральское море, не являясь полноправными участниками водохозяйственного баланса бассейна, удовлетворяются по остаточному принципу. И, как нам представляется, современные деградации экосистем низовья р. Сырдарья обязаны в первую очередь тем санитарным попускам и минимально-необходимым расходам воды, разработанными и внедренными в “Схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов р. Сырдарья” под эгидой Союзводпроекта СССР. Речная экосистема Сырдарья прежде всего трансформировалось благодаря срезке пиков весеннего половодья, известно, что её благополучие и жизнедеятельность определяется весенним затоплением, тогда как в остальное время года к внутригодовому распределению стока предъявляются требования по поддержанию этого благополучия.

При неизбежности задач мониторинга качества поверхностных вод, заключающихся в определении приоритета контроля антропогенного воздействия, строгой систематичности и комплексных наблюдений, оперативности получения и передачи информации, как необходимое отступление следует отметить, что вся система современного мониторинга зачастую

не соответствует оптимальному решению вышеназванных задач. Например, в отличие от наблюдений за гидрологическими параметрами, мониторинг за гидрохимическим режимом не имеет четких нормативов ни по календарному графику отбора проб как во внутрисуточном, так и в месячном режимах, что, в свою очередь, показывает отсутствие системности при производстве таких работ. Такое положение не нуждается в трудоемких доказательствах, для чего достаточно убедиться простым анализом данных “Ежегодных данных качества поверхностных вод” (ранее “Гидрохимические бюллетени”). В свою очередь, отсутствие системности в отборе проб для гидрохимического анализа приводит к тому, что на основе имеющихся данных по гидрохимическим показателям можно лишь строить приближенную картину динамики изменения химического состава поверхностных вод как для р. Сырдарьи, так и для других водотоков.

Проанализируем изменения общей минерализации и главных ионов, органических и биогенных веществ, тяжелых металлов и хлорорганических пестицидов во взаимосвязи с гидрологическим режимом для получения зависимости гидрохимического режима от гидрологического. Для этих целей нами будут подвергаться анализу зависимости гидрохимического режима от гидрологического как за периоды с условно-естественным, так и с нарушенным режимом. При этом, наравне с установлением зависимости гидрохимического режима от условно-естественного гидрологического режима, будет достигнута и другая цель - установление антропогенного изменения гидрохимического режима в нарушенный период в независимости от водности, хотя следует отметить, что это, в некотором роде, и противоречит основному постулату гидрохимического изучения водотоков по определению зависимости химического состава от водности. Применение этого определения в основном справедливо в отношении к водотокам с естественным гидрологическим режимом, в нашем же случае, на примере р. Сырдарьи, химический состав воды последнего 40-летия во многом не зависит от водности, т.е. от нарушенного гидрологического режима водотока, которая по существу превратилась в “сточную канаву” возвратных вод с орошаемых территорий. Иначе говоря, тех попусков, осуществляемых в нижний бьеф Шардаринского водохранилища, недостаточно для внесения существенных изменений в антропогенный гидрохимический режим водотока.

Как и при исследовании, посвященном изменению гидрологического режима, так и в этом исследовании по определению изменения услов-

но-естественного и нарушенного периодов гидрохимического режима будут базироваться на вероятностных характеристиках водности. Существенным отличием от предыдущих исследований будет дополнительный ввод в расчетные ряды отдельных лет, которые по водности соответствуют тем или иным годам условно-естественного периода гидрологического режима по вероятностным характеристикам (по обеспеченностям).

Полученные результаты внутригодового распределения общей минерализации в створах Тюмень-Арык, Кызылорда и Казалы за условно-естественный период гидрологического режима 25 % обеспеченности показывают, что от первого створа к последнему прослеживается постепенное уменьшение фактической концентрации в зависимости от водности и периода года в стохастическом режиме. При этом в створе Тюмень-Арык максимумы концентрации от 800 до 950 мг/дм<sup>3</sup> отмечаются в осенне-зимние периоды с минимумами до 400 мг/дм<sup>3</sup> в летние месяцы, т.е. совпадающие во времени с половодьем. При всех обеспеченностях нарушенного периода во всех трех створах в фактических концентрациях общей минерализации отмечается аномальная стохастичность, причем с резким возрастанием показателей в летний период, очевидно связанная с ростом сброса возвратных вод с орошаемых территорий. Например, ранее наблюдавшиеся максимумы в осенне-зимние месяцы и минимумы в весенне-летнее время в настоящее время сглажены стохастичностью. Практически при всех обеспеченностях условно-естественного периода отмечались максимумы концентрации минерализации на уровне до 1000 мг/дм<sup>3</sup>, тогда как в современных условиях они повсеместно превышают этот уровень и доходят до 2000 мг/дм<sup>3</sup> независимо от водности года и периода во внутригодовом распределении. Такой же вывод справедлив и в отношении 1969, 1964 годов, которые приблизительно соответствуют по водности года 50 и 75 % обеспеченностям условно-естественного периода гидрологического режима. Результаты исследования также показывают, что ранее отмеченные возрастания или уменьшения фактических концентраций от створа к створу в настоящее время полностью утрачены и характеризуются неоднозначностью внутригодового распределения.

Анализ изменения внутригодового распределения кальция показывает, что во всех трех створах идет также неоднозначный процесс. По сравнению с условно-естественным периодом в зимние месяцы идет уменьшение, а в летние месяцы – возрастание их концентрации. Например, если до 1960 года зимние концентрации отмечались на уровне от 120 до 150 мг/дм<sup>3</sup>, то после

ввода Шардаринского водохранилища эти же показатели отмечены в пределах  $80 \text{ мг/дм}^3$ , причем независимо от обеспеченности. Летние минимумы кальция от  $60$  до  $100 \text{ мг/дм}^3$  возросли до  $150 \text{ мг/дм}^3$ , одновременно со сглаживанием зимних максимумов и летних минимумов.

По сравнению с кальцием, анализ изменения внутригодового распределения магния показывает, что независимо от периода года идет постоянный рост концентраций этого ингредиента, причем самый максимальный рост отмечается в створе ГП Кызылорда. Ранее отмеченные максимумы концентрации магния в пределах от  $7,0$  до  $60 \text{ мг/дм}^3$  в настоящее время стабильно находятся на уровне  $100 \text{ мг/дм}^3$  и более. Минимумы концентрации от  $10$  до  $20 \text{ мг/дм}^3$ , отмеченные во время половодья, при современных условиях фиксируются в пределах от  $60$  до  $120 \text{ мг/дм}^3$ , различаясь в зависимости от створов наблюдения. Для магния тоже характерна потеря зимних максимумов и летних минимумов с одновременным ростом концентрации на протяжении всего года при всех обеспеченностях.

Изменения внутригодового распределения суммы натрия и кальция идентичны изменениям магния, т.е. идет постоянный рост этого показателя в течение всего года независимо от обеспеченностей. Например, в створе Тюмень-Арык, в зимний период фактические концентрации суммы натрия и калия в пределах  $100 \text{ мг/дм}^3$  при  $25 \%$  обеспеченности условно-естественного периода, в нарушенный же период той же обеспеченности они отмечены уже на уровне  $175 \text{ мг/дм}^3$ . Этот же показатель для ГП Кызылорда соответственно равен  $75$  и  $175 \text{ мг/дм}^3$ . В Тюмень-Арыке летние минимумы в значениях от  $25 \text{ мг/дм}^3$  возросли до  $150 \text{ мг/дм}^3$ , тогда как в ГП Казалы они составляют соответственно  $98 \text{ мг/дм}^3$  и  $325 \text{ мг/дм}^3$ . Такая же четкая картина роста концентрации суммы натрия и калия на протяжении всего года отмечена и при  $50$ ,  $75$  и  $95 \%$  обеспеченностях параллельной потерей летних минимумов. В некоторые периоды во внутригодовом распределении суммы натрия и калия в створах ГП Кызылорда и Казалы соответственно достигают  $408$  и  $440 \text{ мг/дм}^3$ .

Полная противоположность росту магния – суммы натрия и калия, т.е. снижение наблюдается на примере гидрокарбонатов, причем это справедливо по отношению ко всем обеспеченностям. Концентрации гидрокарбонатов, отмечаемые на уровне  $250 \text{ мг/дм}^3$  в створе ГП Тюмень-Арык, при условно-естественном режиме достигли отметки  $175 \text{ мг/дм}^3$  в зимние месяцы. Обратная картина, т.е. некоторое повышенное содержание концентрации гидрокарбонатов отмечается в этом же створе при  $25 \%$  обес-

печенности в летний период: порядка 150 мг/дм<sup>3</sup> против 120 мг/дм<sup>3</sup> естественных. Сопоставительный анализ также показывает, что при условно-естественном периоде гидрологического режима максимальные показатели гидрокарбонатов были зафиксированы в ГП Казалы, причем эти максимумы были отмечены как в летние месяцы, так и в зимние, соответственно 240 и 275 мг/дм<sup>3</sup>. Аналогично ранее отмеченной стохастичности, характерной для всех ингредиентов, эта же стохастичность характерна и для гидрокарбонатов, в нарушенном периоде гидрологического режима при всех обеспеченностях. Самые минимальные значения концентрации гидрокарбонатов нарушенного периода на уровне 38 мг/дм<sup>3</sup> в летние месяцы отмечаются в створе ГП Тюмень-Арык при 75 и 95 % обеспеченностях. Минимальный размах колебаний разности зимних и летних колебаний концентрации из всей группы главных ионов присущ только для гидрокарбонатов как при условно-естественном периоде, так и нарушенном периоде для всех рассматриваемых обеспеченностей.

Изменения внутригодового распределения сульфатов дают однозначную тенденцию на повсеместный рост этого ингредиента, при нарушенном периоде гидрологического режима против наблюдаемых значений сульфатов условно-естественного режима. Например, при 25 % обеспеченности естественного режима, максимальные концентрации сульфатов для створа Тюмень-Арык были отмечены в пределах от 200 до 300 мг/дм<sup>3</sup> в зимние месяцы и минимальные порядка 180 мг/дм<sup>3</sup>, в летние. На современном уровне они наблюдаются на уровне 500...600 мг/дм<sup>3</sup> в зимние месяцы и 200 мг/дм<sup>3</sup> в летние. Для створа Кызылорда при условно-естественном периоде в зимний период максимумы были 200...320 мг/дм<sup>3</sup> и минимумы в пределах 150...180 мг/дм<sup>3</sup>. Современные максимумы фактической концентрации сульфатов находятся в пределах 620...670 мг/л с минимумами летних месяцев от 400 до 480 мг/дм<sup>3</sup>. Эти же показатели для створа Казалы при условно-естественном периоде отмечались на уровне 300 мг/дм<sup>3</sup> и с летними минимумами 140...145 мг/дм<sup>3</sup>. Современный зимний максимум концентрации находится на отметке 650...670 мг/дм<sup>3</sup>, тогда как летний минимум составляет порядка 500 мг/дм<sup>3</sup>. Такая же картина характерна и для 50 % обеспеченности. При 75 % и 95 % обеспеченностях нарушенного режима зимние максимумы концентрации сульфатов зачастую переваливают отметку в 1000 мг/дм<sup>3</sup>, тогда как летние минимумы находятся на уровне 400...600 мг/дм<sup>3</sup>, т.е. многократно превышают предельно-допустимые концентрации.

Тенденция роста хлоридов также очевидна для всех рассматриваемых створов. В настоящее время во внутригодовом распределении хлоридов отсутствуют ярко выраженные зимние максимумы и летние минимумы, характерные для условно-естественного периода гидрологического режима. Естественные максимумы в 50...60 мг/дм<sup>3</sup> на современном уровне находятся в пределах 100...140 мг/дм<sup>3</sup>, а летние же минимумы возросли от 20...30 мг/дм<sup>3</sup> до 250 мг/дм<sup>3</sup>. При 75 и 95 % обеспеченностях современные максимумы достигли отметки 400 мг/дм<sup>3</sup>, тогда как эти максимумы при условно-естественном периоде гидрологического режима никогда не превышали 100 мг/дм<sup>3</sup>. Современные же минимумы концентрации хлоридов, находящихся в пределах 200 мг/дм<sup>3</sup>, превышают естественные минимумы порядка четырех раз. Подытоживая общий анализ изменения внутригодового распределения общей минерализации и группы главных ионов, необходимо подчеркнуть, что, за исключением кальция и гидрокарбонатов, произошли коренные изменения как во внутригодовом распределении, так и в фактических их концентрациях, ассоциирующихся только ростом. Напротив такому положению, наблюдается обратный процесс в отношении кальция и гидрокарбонатов, т.е. их повсеместное уменьшение. Общим для всех является то, что во внутригодовом распределении всех рассматриваемых ингредиентов на современном уровне отсутствуют зимние максимумы и летние минимумы, больше стало места для стохастичности чуждых для условно-естественного периода значений гидрологического режима.

В современных условиях р. Сырдарья подвергается загрязнению на всем ее протяжении в пределах Узбекистана и Казахстана. При этом немалую лепту в загрязнение водотока привносит Республика Узбекистан. Например, по результатам анализа данных Казгидромета видно, что в 1996 году на трансграничном участке реки (с. Кокбулак) в воде содержались фенолы и нитраты, превышающие в среднем свои предельно-допустимые концентрации (ПДК) в 4 раза, максимальные концентрации нитритов были на уровне 25 ПДК, фенолов – 6 ПДК, нефтепродуктов – 5 ПДК.

В нижнем течении реки, (ГП Тюмень-Арык, Кызылорда, Казалы) обнаруживаются еще большие загрязнения. Анализ “Ежегодных данных качества поверхностных вод” показывает, что в этих створах содержание нефтепродуктов в среднегодовом исчислении достигало уровня 9 ПДК, сульфатов – 7 ПДК, нитритов – 4 ПДК, при максимальных концентрациях сульфатов 8 ПДК, нитритов – 5 ПДК и нефтепродуктов – 10 ПДК. Из группы тяжелых металлов постоянно присутствует медь и с мая по июль их

содержания отмечены на уровне 1,5 ПДК при максимальных показателях 3 ПДК. Уровень загрязненности р. Сырдарья в створе ГП Казалы гексахлораном достигло 5,7 ПДК, линданом – 2,6 ПДК. Необходимо отметить, что хлорорганические пестициды не имеют лимитирования в виде ПДК. Поэтому в отношении ПДК пестицидов нами принимается нижний порог чувствительности атомно-абсорбционного метода.

Как правило, гидробиологическое исследование на р. Сырдарья проводится по фито- и зоопланктону. В настоящее время фитопланктон в водотоке представлен 47 видами и формами водорослей. Во время весеннего половодья обычно преобладают диатомовые, тогда как в летний период – синезеленые водоросли с участием пировых и золотистых водорослей, что очевидно, связано с биогенными нагрузками в водотоке. К осенней межени опять проявляется активность диатомовых водорослей с индексом сапроотности от 1,75 до 2,10.

В зоопланктонном сообществе имеются 23 вида, из них: 12 колораток, 7 ветвистоусые, 4 веслоногие. Причем, трансграничный участок с Республикой Узбекистан является самым уязвимым местом для зоопланктонного сообщества из-за сильной загрязненности транзитного стока. Такая же картина наблюдается на отрезке между ГП Кызылорда и ГП Казалы, где практически отсутствуют эти сообщества, что связано прежде всего с сильным загрязнением реки.

#### **Комплексная оценка качества поверхностных вод и классификация водотока по степени загрязнения**

##### **Главные ионы**

Река Сырдарья по степени загрязнения по главным ионам классифицируется:

- при  $P = 25$  % обеспеченности – высоким уровнем загрязнения (КИЗВ = 3,69);

- при  $P = 50$  % обеспеченности – высоким уровнем загрязнения (КИЗВ = 3,41);

- при  $P = 75$  % обеспеченности – высоким уровнем загрязнения (КИЗВ = 3,59);

- при  $P = 95$  % обеспеченности – высоким уровнем загрязнения (КИЗВ = 3,73);

- в 2003 году – высоким уровнем загрязнения (КИЗВ = 3,24).

##### **Органические вещества**

Река Сырдарья по степени загрязнения органическими веществами классифицируется:

- при P = 25 % обеспеченности- умеренным уровнем загрязнения (КИЗВ = 1,76);
- при P = 50 % обеспеченности- умеренным уровнем загрязнения (КИЗВ = 1,63);
- при P = 75 % обеспеченности- высоким уровнем загрязнения (КИЗВ = 9,48);
- при P = 95 % обеспеченности- высоким уровнем загрязнения (КИЗВ = 9,69);
- в 2001 году нормативно-чистый класс (КИЗВ = 0,37).

#### **Биогенные вещества**

Комплексная оценка и классификация р. Сырдарьи по степени загрязнения биогенными веществами характеризуется:

- при P = 25 % обеспеченности с КИЗВ = 1,79 и классом умеренного уровня загрязнения;
- при P = 50 % обеспеченности с КИЗВ = 0,95 и классом нормативно-чистая;
- при P = 75 % обеспеченности с КИЗВ = 0,98 и классом нормативно-чистая;
- при P = 95 % обеспеченности с КИЗВ = 1,64 и классом умеренного уровня загрязнения;
- в 2003 году с КИЗВ = 1,21 и классом умеренного уровня загрязнения.

#### **Тяжелые металлы**

Комплексная оценка и классификация реки Сырдарьи по степени загрязнения ионами тяжелых металлов характеризуется:

- при P = 25 % обеспеченности с КИЗВ = 2,33 и классом умеренного уровня загрязнения;
- при P = 50 % обеспеченности с КИЗВ = 2,59 и умеренного уровня загрязнения;
- при P = 75 % обеспеченности с КИЗВ = 3,25 и классом высокого уровня загрязнения;
- при P = 95 % обеспеченности с КИЗВ = 2,64 и классом умеренного уровня загрязнения;
- в 2003 году с КИЗВ = 5,33 и классом высокого уровня загрязнения.

#### **Хлорорганические пестициды**

Комплексная оценка и классификация реки Сырдарьи по степени загрязнения хлорорганическими пестицидами характеризуется:

- при  $P = 25$  % обеспеченности с КИЗВ = 31,04 и классом чрезвычайно высокого уровня загрязнения;
- при  $P = 50$  % обеспеченности с КИЗВ = 87,44 и чрезвычайно высоким уровнем загрязнения;
- при  $P = 75$  % обеспеченности с КИЗВ = 67,02 и чрезвычайно высоким уровнем загрязнения;
- при  $P = 95$  % обеспеченности с КИЗВ = 60,67 и чрезвычайно высоким уровнем загрязнения.

**Очевиден факт перехода реки Сырдарьи из разряда гидрокарбонатного класса кальциевой группы в разряд сульфатного класса натриевой группы.**

#### **Принципы экологического нормирования**

Современное нарушение речной экосистемы под влиянием хозяйственной деятельности человека в различных физико-географических зонах происходит неоднозначно и зависит от интенсивности освоения территории, положения, сложности и продуктивности экосистем. Под влиянием антропогенных факторов изменяются как структурная организация речных экосистем, так и функциональные свойства. В зависимости от характера и степени воздействия антропогенных факторов в речной экосистеме происходит либо усложнение, либо упрощение структуры, а иногда и полная ее трансформация и формирование новых, не свойственных естественным природным образованиям, т.е. антропогенных техногеосистем.

При такой постановке проблема экологической безопасности в речном бассейне может быть расчленена на несколько составляющих, т.е. детерминированных через единство конечной цели, а глобальные противоречия между антропо- и биосферой преодолеваются путем превращения его в ряд локальных противоречий, разрешаемых, как правило, на основе различных методологических подходов.

Анализ наиболее распространенных систем оценок уровня антропогенного изменения биоты показывает, что различие между технократической и биотической позициями заключается в следующем. В первом случае понятие общего воздействия формируется путем соединения различных детально детерминированных антропогенных факторов, тогда как во втором по такому принципу формируется понятие биоты. Другой же элемент рассматриваемой системы “антропогенное воздействие – речная экосистема” при всех случаях априори принимается интегральным. Внутренняя противоречивость такого подхода заключается в различиях прин-

ципов формирования критериев, оценивающих состояние одинаково сложных взаимодействующих объектов.

Методологическим основанием проблемы экологического нормирования сегодня является идея построения в той или иной форме эмпирической кривой “доза-эффект” путем достаточно долгих измерении изменений в биоте речной экосистемы во времени, что не всегда оправдано из-за отсутствия статистических данных экологического мониторинга в речных бассейнах. Здесь, как необходимое следует подчеркнуть, что в настоящее время для речных бассейнов под экологическим мониторингом подразумеваются гидрологические, гидрохимические и гидробиологические мониторинги. Как показывает практика этих мониторингов недостаточно, чтобы назваться экологическим мониторингом, ибо речная экосистема как интегральный показатель содержит и другие компоненты природного комплекса, выходящие далеко за рамки водной толщи. И как следствие, природоохранное нормирование современности основывается и ограничивается на таких гидрохимических показателях как ПДС и ПДК.

По мнению автора, существующая **природоохранная нормирование имеет существенные недостатки, выражающиеся в отсутствии:**

- единой концепции природоохранного нормирования, определяющей цели и критерии оценок состояния речных экосистем при тех или иных антропогенных воздействиях;
- унифицированных принципов и методов экологического нормирования как на межгосударственном, так и национальном уровнях, четких требований к обоснованности, надежности и периодической коррекции норм и регламентов экологической безопасности;
- пространственно-временной дифференциации и ограничений на использование экологических нормативов применительно к различным природным зонам и для охраны целых речных экосистем, а не только отдельных их компонентов;
- достаточных эмпирических данных и адекватных процедур экологической диагностики состояния речных экосистем, физических и математических моделей речных экосистем;
- организационных и материально-технических условий для широкого развертывания научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по проблемам обеспечения экологической безопасности, включая и экологическое нормирование.

Сложная структура речных экосистем и комплексный характер антропогенных воздействий делают неизбежным построение общеметодического подхода к выделению пороговых ограничений при их взаимодействии на принципах редуционизма, главный из которых гласит, что свойства речной экосистемы однозначно определяются свойствами ее элементов (компонентов) и структурой их связей. Иначе говоря, общий подход к разработке способов определения биологических, гидрологических и гидрохимических ограничений антропогенных факторов напрямую вытекает из допущения, что суммарное воздействие всех антропогенных факторов на биоту равнозначно по последствиям сумме этих воздействий. В таком случае методология решения проблемы должна строиться на принципе дифференцированного рассмотрения поведения антропогенных загрязняющих веществ в транзитных и депонирующих средах.

Как следует из схемы формирования антропогенных нагрузок на речные экосистемы, применение любой современной технологии использования водных ресурсов сопровождается появлением каких-либо антропогенных факторов. Распространяясь в транзитной среде, они образуют зону антропогенного поражения, в границах которой речная экосистема испытывает антропогенную нагрузку. В результате чего меняются значение тех или иных жизнеобеспечивающих факторов для объектов биоты, что и приводит к ее последующей деградации. Отсюда вполне очевидно, что последовательность действий по созданию регламентирующих показателей антропогенных воздействий, т.е. экологическое нормирование нагрузок, должна строиться на основе обратной связи и логики.

В рамках предлагаемой модели строения биоты речных экосистем устанавливаются закономерности изменения жизнеобеспечивающих факторов, затронутых антропогенным воздействием, и диапазон толерантности к нему видов эдификаторной синустии. На основе этих данных определяется биологический норматив допустимого воздействия. Исходя из этого, предлагается следующий подход **разработки экологических норм, в основе которых должен лежать системный подход и ряд обусловленных им принципов:**

- цели: приоритет учета долгосрочных целей и последствий над краткосрочными, региональных над локальными (национальными);
- саморегуляции: учет при планировании и проектировании не только положительных, но и всей совокупности отрицательных обратных

связей, включая и те из них, которые могут возникнуть на самих поздних этапах реализации проекта;

- “доза-эффект”: разная степень поражения речной экосистемы по соотношению пораженных и непораженных частей пространства, занятого экосистемой, что является интегральным показателем внутрисистемного резерва и критерием для определения предельных уровней воздействия на речную экосистему;

- “лимита”: вытекает из общих представлений о лимитирующих (критических) факторах и связях в сложных системах – нагрузка, допустимая для самого уязвимого по отношению к ней элемента системы, предполагаемая допустимой для речной экосистемы в целом;

- максимального использования внутрисистемных сил, способных действовать в желательном направлении и компенсировать антропогенное воздействие при незначительных дополнительных условиях;

- неуклонного снижения удельной антропогенной нагрузки на каждом шаге социально-экономического развития, как единственно возможный путь стабилизации или снижения экологического риска.

Исходя из вышеизложенного, экологические нормативы, наряду с концентрациями загрязняющих веществ (гидрохимический режим) и гидробиологическим ограничением, должны включать в себя ограничения на объемы изъятия вод (отраслями экономики: сельское хозяйство, гидроэнергетика и водный транспорт, рыбо-прудовое хозяйство, жилищно-коммунальное хозяйство, промышленность и т.д.) из источника (т.е. упорядочение гидрологического режима путем восстановления гидрографа естественного внутригодового распределения стока), допустимые изменения его водного режима (обоснование экологического и потенциально свободного стока рек), тепловой нагрузки (температурный режим), кислородный режим. Кроме того, экологическое нормирование должно обеспечить: сохранение видового разнообразия и воспроизводства флоры и фауны речной экосистемы; затопления пойменных лугов и дельтовых участков в период весеннего половодья и паводков; промывку почв пойменных лугов и дельтовых участков; сток взвешенных наносов с площади водосбора (естественного происхождения), а не в результате русловых процессов. Только при обеспечении вышеуказанных условия нормирование можно назвать экологическим нормированием антропогенных факторов на речную экосистему.

В заключении для определения первоочередности экологического нормирования речных экосистем с напряженным экологическим состоянием предлагается в качестве критерия индекс экологической напряженности:

$$I_{эн} = \left[ \left( \sum_{i=1}^n \frac{C_{in}}{ЭН_{in}} \right) \cdot \frac{1}{n} + \left( K \frac{V}{W} \right) \right],$$

где  $C_{in}$  – фактические показатели: видового разнообразия и воспроизводства флоры и фауны речной экосистемы; затопления пойменных лугов и дельтовых участков в весенний период; гидрологического режима; гидрохимического режима; гидробиологического режима; кислородного режима; температурного режима; стока взвешенных наносов.  $n$  – количество компонентов речной экосистемы, подлежащих экологическому нормированию.  $ЭН_{in}$  – экологические нормы компонентов речной экосистемы.  $V$  – годовой валовый продукт, производимый в пределах площади водосбора в год, млрд. тенге.  $W$  – годовой сток рек и эксплуатационные запасы подземных вод, млрд. м<sup>3</sup>.  $K$  – формализованный коэффициент (млрд. тенге / млрд. м<sup>3</sup>) для получения индекса экологической напряженности в безразмерном виде.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж., Волчек А.А., Шведовский П.В. Проблемы оптимизации природопользования и природообустройства в математических моделях и методах. – Алматы: Каганат, 2003. – 532 с.
2. Бурлибаев М.Ж. Методические рекомендации по проведению комплексных исследований и оценки загрязнения природной среды в районах, подверженных интенсивному антропогенному воздействию. – Алматы: Казгидромет, 2001. – 80 с.
3. Бурлибаев М.Ж., Волчек А.А., Калинин М.Ю. Гидрометрические измерения и гидрогеологические расчеты для водохозяйственных целей. – Алматы: Каганат, 2004. – 362 с.

Региональный экологический Центр Центральной Азии

ТРАНСШЕКАРАЛЫС ҒҰЗЕНДЕРДІҰ СУЛАРЫНЫҰ САПАСЫН БАҒАЛАУ  
М...СЕЛЕЛЕРІ Ж...НЕ АҒЫНДЫ ЭКОЛОГИЯЛЫС МҒЛШЕРЛЕУ  
ПРИНЦИПТЕРІ

Техн. Ғылымд. докторы М.Ж. БҒрлібаев

ҒҰзендердіҰ аҒынын экологиялыҒ мҒлшерлеу принциптерін  
жҒйге келтіруді трансшекаралыҒ су аҒызу Сырдария ғҰзенін мы-

салға ала отырып, бірінші „рекет жасалынған. Автордың кезіндегі бойынша, жазіргі экологиялық мониторинг ж., не алынды экологиялық мұшерлеу, яғни гидрохимиялық мониторинг ж., не гидрохимиялық мұшерлеу (ПДК), ұзінні экожүйесі категориясына жататын крделі табиғи комплекстерді жорғау талаптарына жауап бермейді.