

**ВОДНЫЕ
ПРОБЛЕМЫ
АРИДНЫХ
ТЕРРИТОРИЙ**

• ФАН •

АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ

ВОДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Под редакцией
академика Узбекской академии сельскохозяйственных наук
Н. Р. ХАМРАЕВА

ТАШКЕНТ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ФАН» АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
1993

УДК 626.81

Водные проблемы аридных территорий. Ташкент: Фан, 1993, с. 80.

В сборнике освещаются проблемы развития водохозяйственного комплекса бассейна Аральского моря, задачи дальнейшего развития фундаментальных исследований по водным проблемам, пути внедрения в производство инженерных разработок.

Для специалистов.

Табл. 8. Ил. 18. Библиогр. 106.

Рецензенты:

член-корреспондент Узбекской академии сельскохозяйственных наук

А. М. МУХАМЕДОВ

кандидат сельскохозяйственных наук **С. Х. НАЗИРОВ**

В 3302000000—з-589
М 355 (04)—93 Рез. —93 © Институт водных проблем АН РУз, 1993 г.

ISBN 5—648—01948—3

Издание осуществлено за счет средств Института водных проблем АН РУз

Н. Р. ХАМРАЕВ

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС БАСЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ: СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ, ЗАДАЧИ НАУКИ

В последние годы в жизни Узбекистана и в целом в бывшем СССР произошли существенные изменения в общественно-политическом развитии. Бывшие республики обрели государственную независимость и экономическую самостоятельность. Реализуются меры по переходу на рыночные отношения.

Новые условия по-новому определяют отношение общества к использованию природных ресурсов. Особо это затрагивает невозобновляемые природные ресурсы, из которых важнейшие для нас — водные.

Следует признать, что мы уже вступили в качественно новый этап практического истощения региональных водных ресурсов. Кроме того, качество поверхностных вод практически во всей гидрографической сети, без специальных мер, непригодно для питьевых целей, а в низовьях рек уже мало пригодно и для орошения ряда сельскохозяйственных культур.

Государственная независимость республик бассейна Аральского моря определила и обострила проблему координации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по водным проблемам.

Без должной координации, концентрации сил и средств на главных направлениях, без разработки единой региональной концепции и согласованной методики проведения важнейших исследований трудно надеяться на скорейшее решение проблем социально-экономического развития и экологического оздоровления Приаралья.

Несмотря на возрастающую напряженность водохозяйственной обстановки в бассейне Аральского моря, инвестиционная политика правительств Приаральских государств в развитии ВХК весьма пассивна и не отвечает требованиям активного развития научных исследований, не способствует повышению уровня технического совершенства водопотребителей и водопользователей, а

также усилению поисковых исследований для пополнения водных ресурсов региона.

На наш взгляд, необходимо обратить внимание планирующих органов республики, министерств и ведомств, концернов, холдингов вилоятов и туманов, специалистов водного хозяйства на организацию специального фонда развития фундаментальных исследований по проблемам баланса Среднеазиатского региона — гидрологии, гидрохимии, гидромеханики и др. Несмотря на сложное финансовое положение, спонсоры найдутся. В частности, целесообразно, видимо, будет обратиться ко всем специалистам сельского, коммунально-бытового, рыбного хозяйства и других отраслей с просьбой гонорары за публикации в течение 3—5 лет перечислять в фонд развития науки по водным проблемам.

Особое беспокойство вызывает вопрос о подготовке для республики кадров высшей квалификации по проблемам водных ресурсов и водного хозяйства.

Следует отметить, что после массовой обработки общественного мнения со стороны ряда изданий престиж специалистов водного хозяйства значительно упал, сократился приток талантливой молодежи как в вузы, так и в аспирантуру и докторантуру. В результате неуклонно снижается потенциал будущего важнейшей отрасли нашей республики и региона.

Для исправления создавшегося положения прежде всего нужно сформировать в республике цельную систему спецсоветов по защите докторских и кандидатских диссертаций по специальностям, охватывающим региональные проблемы. Представляется также целесообразным установить повышенные стипендии докторантам и аспирантам, обучающимся по водохозяйственным шифрам.

Решению указанных и множества других связанных с ними проблем может способствовать организация при Академии наук Республики Узбекистан Научного совета по водным проблемам, а также, по согласованию с Приаральскими государствами, аналогичного Регионального научного совета.

В июле 1991 г. Постановлением Президента Республики Узбекистан и Президиума АН РУз был образован Институт водных проблем АН РУз. В Узбекистане создавалась цельная научная система, охватывающая фундаментальные, прикладные исследования, инженерные разработки, опытно-конструкторские работы и их внедрение в производство.

К настоящему времени в составе института имеются 5 основных отделов с 9 лабораториями. По 5 важнейшим и актуальным проблемным направлениям лаборатории не были открыты из-за ограниченности бюджетных средств. Вопросы оснащения существующих лабораторий практически не решаются по той же причине. В организационную структуру института от САНИИРИ переда-

на научно-исследовательская станция техники орошения и в апреле 1992 г. образован Бухарский научный центр.

Научный потенциал института сегодня представляют 9 докторов и 20 кандидатов наук, общее количество работников 135 человек, средний возраст которых составляет 41 год, в том числе докторов наук — 50 лет и кандидатов — 43 года.

Проблема водных ресурсов — это проблема всех академий и отраслевых министерств и ведомств, поэтому необходима действенная и реальная помощь, в частности со стороны Президиума сельхозакадемии Узбекистана и других организаций республики.

Без кардинального решения вопросов оснащения лабораторий и служб института трудно надеяться на широкое развитие фундаментальных исследований в области водного хозяйства.

Современное состояние водохозяйственной системы Республики и бассейна Аральского моря хорошо известны. Известны и те региональные проблемы, которые обострились в результате практического исчерпания водных ресурсов: это и усыхание Арала, и связанные с ним экологическое оздоровление, социально-экономическое развитие в условиях возрастающей численности населения и др.

В республике создан ГКНТ, который, по всей видимости, будет заниматься координацией НИОКР в республике, определять приоритеты исследований, планировать средства на проведение научно-исследовательских работ и др. Академией наук республики и Узбекской академией сельхознаук уже определены такие приоритетные проблемы. Среди них ряд важнейших тем по проблеме водообеспечения НХК Узбекистана.

Хотелось бы еще раз подчеркнуть, что среди ряда ограничивающих ресурсов, таких как металл, лес, мясомолочные продукты, зерно, важнейшими, определяющими направление социально-экономического развития остаются водные ресурсы.

И если выход из дефицита леса, металла, мяса и зерна можно найти за счет ресурсосбережения и обмена с другими государствами, то в водообеспечении это сделать гораздо сложнее. Поэтому на работников науки и специалистов водного хозяйства ложится особая ответственность за эффективное решение проблем водных ресурсов республики.

Нам представляется, что поиск и исследования целесообразно организовать в следующих главных направлениях:

1. Сокращение непродуктивных потерь воды за счет повышения уровня технического совершенства водопотребления во всех водопотребляющих отраслях и, прежде всего, в орошаемом земледелии.

2. Повышение эффективности орошаемого земельного фонда за счет повышения плодородия почв, совершенствования струк-

туры посевных площадей, выведения новых высокоурожайных видов основных сельхозкультур и др.

3. Широкое производственное внедрение водосберегающих способов орошения и технологий полива. Этому может способствовать создание в республике специальной сети предприятий по изготовлению оборудования и устройств для водосберегающих технологий.

4. Использование полимеркомпозитов для сокращения потерь воды на глубинную инфильтрацию и физическое испарение с полей орошения, водоемов, каналов.

5. Развертывание поисков и исследований по пополнению региональных водных ресурсов за счет:

нетрадиционных источников воды: искусственные осадки, управляемое, в пределах экологически допустимого, таяние ледников, снежников, извлечение влаги из атмосферы и др.;

территориального перераспределения стока рек на взаимовыгодной основе с другими регионами;

разработки научных основ использования дополнительно минерализованных, термальных и других поверхностных и подземных вод через систему очистки и опреснения, т. е. тех водных ресурсов, которые в настоящее время еще не участвуют в сфере производства.

6. Необходимость научных поисков и исследований по эффективному использованию природных осадков, выпадающих над неорошаемой территорией площадью более 23 млн га, а также подземных вод на ней. Речь может идти ориентировочно о 8—10 км³/год. Видимо, это может быть специальная система «Аквосети Кызылкумов», состоящая из современных инженерных сардоб, каков, кяризов, скважин и др.

Будущее республики без системы «Аквосети», без комплекса опреснительных и очистительных установок трудно себе представить.

До сих пор нет единой региональной, а также национальной концепции социально-экономического развития, экологического оздоровления и сохранения Арала. Это серьезно осложняет связи республики с мировым сообществом, исключает возможность привлечения для решения проблемы Арала сил и средств зарубежных стран.

Необходимо в ближайшее время предметно обсудить обозначившиеся разногласия и принять окончательные рекомендации. Важно, чтобы проблема водных ресурсов как особо приоритетная была специально предусмотрена в Государственной научно-технической программе Республики Узбекистан и в полном объеме подкреплена финансированием.

Что касается приоритетов и целей в использовании водных ресурсов, то их с учетом региональных особенностей следовало

бы определить в следующем порядке: питьевое водоснабжение, промышленное водопотребление, экологическое оздоровление, орошаемое земледелие, рыбное хозяйство, рекреация и др.

У. УМАРОВ, Л. З. ШЕРФЕДИНОВ

О ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ПО ВОДНЫМ ПРОБЛЕМАМ

В целях развития фундаментальных исследований по водным проблемам, разработки научных основ рационального использования водных ресурсов в условиях обострившейся экологической ситуации в бассейне Аральского моря в составе АН Республики Узбекистан создан Институт водных проблем.

Основными направлениями научной деятельности института определены:

✓ комплексное изучение гидрологии суши и гидрогеологии, процессов и закономерностей формирования величины, режима и качества водных ресурсов в условиях техногенного воздействия;

✓ разработка экологических требований к охране водных ресурсов, критериев оценки их состояния и экономических методов управления режимом и качеством поверхностных и подземных вод;

✓ разработка научных основ комплексного использования ограниченных водных ресурсов, включая проблемы ирригационно-гидроэнергетического и других народнохозяйственных комплексов;

изучение проблем теории гидродинамики поверхностных и подземных вод, управления и компьютеризации водохозяйственных систем;

математическое и численное моделирование гидродинамических процессов и влагопереноса, исследование динамики русловых процессов и речной гидравлики, водной и ветровой эрозии почв;

✓ разработка научных основ водосберегающих технологий использования воды в орошаемом земледелии, промышленности, коммунальном хозяйстве, восстановление и сохранение экологического равновесия в регионе;

изучение теоретико-экспериментальных и экологических основ внутрисистемного использования возвратных и минерализованных вод, проблем межрегиональной переброски части водных ресурсов;

решение проблем использования атмосферных осадков для орошения новых земель и производства сельскохозяйственной продукции;

исследование организационных и экономических проблем, связанных с рациональным использованием водных ресурсов в условиях перехода к рыночной экономике.

В соответствии с поставленными задачами разработана структура института (рис. 1).

Ресурсы поверхностных вод Средней Азии и Южного Казахстана в год 90%-ной обеспеченности составляют 97 ± 5 км³/год, в т. ч. Республике Узбекистан по вододелению, приведенному в комплексных схемах использования и охраны водных ресурсов бассейнов рек Амударьи и Сырдарьи, полагалось $58,6 \pm 3$ км³/год, а также $13,1 \pm 0,6$ км³/год возвратных вод.

Ресурсы подземных вод Средней Азии и Южного Казахстана оценены в 61 ± 12 км³/год, из них Узбекистана — 19 ± 4 км³/год, в т. ч. пресных и слабосоленых около $15,7 \pm 3,2$ км³/год. По оценкам, около 75—90% ресурсов пресных подземных вод обеспечивается поверхностным стоком.

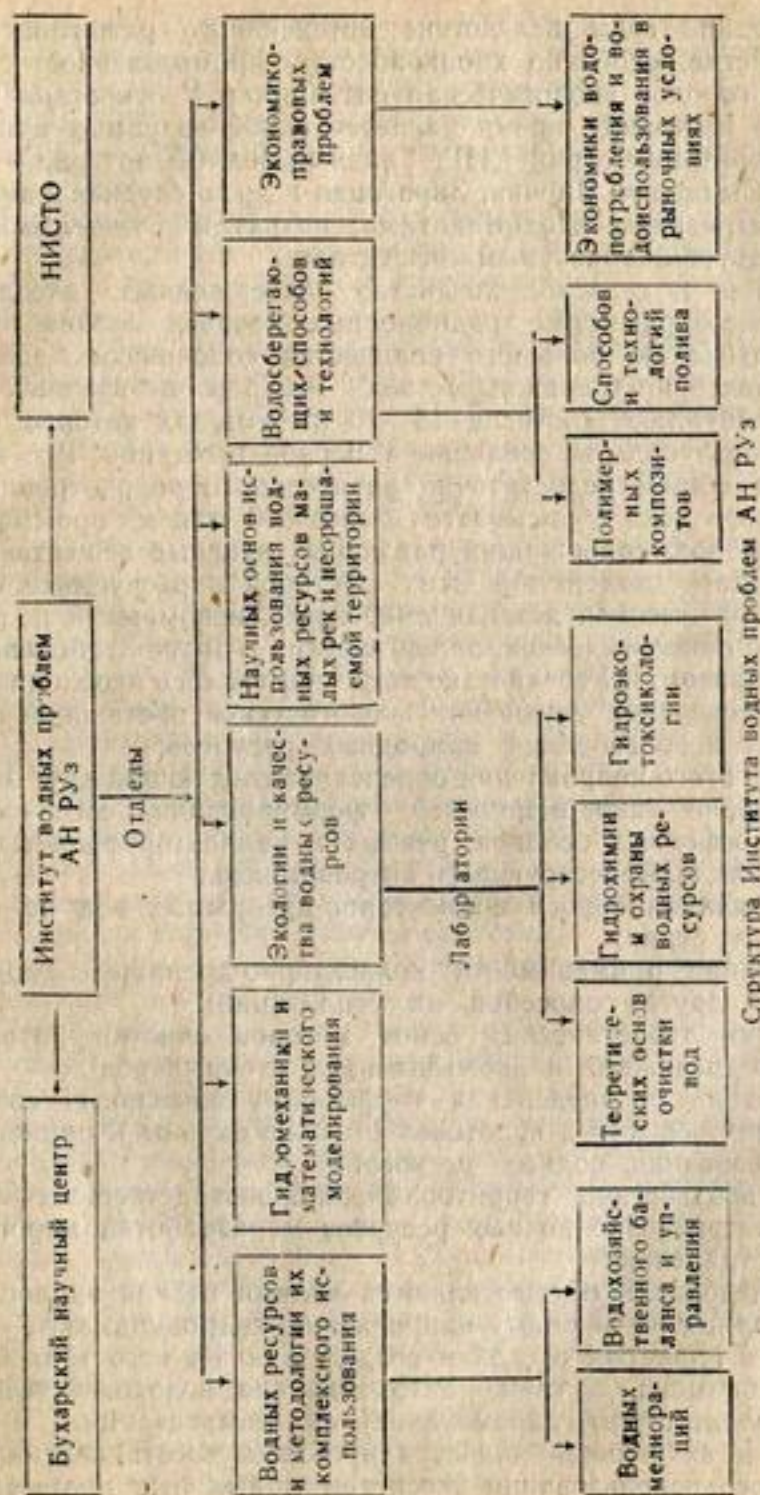
К 1990 г. в Узбекистане водозабор на орошение составил примерно 45 ± 5 км³/год, для этого использовалось также около 12 ± 4 км³/год возвратных вод. Промышленность и энергетика потребляли около $6,2 \pm 0,6$ км³/год. На нужды коммунально-хозяйственного водоснабжения расходовалось около $3 \pm 0,5$ км³/год. При общем водозаборе 65 ± 7 км³/год Узбекистан вышел практически на полное использование отведенного ему лимита водных ресурсов.

Последующее социально-экономическое развитие республики в этой обстановке существенно зависит от упорядочения и рационализации использования обладаемых по вододелению водных ресурсов. Следует отметить, что на территории Узбекистана формируется только 10—12 км³/год поверхностных и 3,3—4 км³/год в основном соленых и соленых подземных вод.

Функционирование водохозяйственной системы республики и сопредельных с ней государств Средней Азии и Казахстана обусловило наметившийся общий экологический кризис на субконтиненте, который в Приаралье и Аральском море достиг степени экологического бедствия. Наряду с различного рода просчетами в народном хозяйстве в целом и водном, в частности, такая ситуация сложилась и из-за слабого научно-технического обеспечения водного хозяйства, орошаемого земледелия и недоучета экологических императивов.

В свою очередь слабость, а порой и неудовлетворительность научно-технического обеспечения водного хозяйства и орошаемого земледелия обусловлены организационными причинами: отсутствием научного учреждения по фундаментальному исследованию водных проблем.

Всестороннее изучение закономерностей формирования водных ресурсов, разработка новой концепции развития и гармонизации водохозяйственных систем и комплексов в условиях их полного освоения и действия экологических приоритетов проводится отделом водных ресурсов.



В последние годы вследствие интенсивного развития сельского хозяйства, особенно хлопководства, промышленности, бурного роста городов экологическая ситуация в Узбекистане ухудшилась и в настоящее время является одной из самых критических на территории стран СНГ. Главные водные артерии — реки Амударья, Сырдарья, Чирчик, Зарафшан и др. в средних и нижних течениях загрязнены ядохимикатами, нитратами, тяжелыми металлами и другими токсичными веществами.

Вовлечение в сельское хозяйство подверженных засолению земель и несовершенство традиционных методов полива приводят к образованию большого количества соленоватых возвратных (коллекторно-дренажных) вод. Ресурсы возвратных вод в нашей республике достигли 18—20 км³/год, из которых 1,1—2,5 км³ используется на орошение в период вегетации. Все это — результат в общем недостаточного рачительного водопотребления.

Ежегодно в реки сбрасывается более 300 млн м³ промышленных сточных вод, содержащих различные вредные вещества.

В результате воздействия этих факторов в республике отмечаются весьма высокая детская смертность, непомерный рост инфекционных, онкологических, аллергических и других заболеваний.

Таким образом, в Узбекистане четко наметилась необходимость научного обеспечения улучшения экологической обстановки и рационального использования природных ресурсов.

Тематика этого направления определяет следующий круг задач: установление закономерностей формирования химического состава атмосферных осадков, речных и коллекторно-дренажных вод в условиях прогрессирующего антропогенеза;

оценка влияния сброса коллекторно-дренажных вод на качество воды в реках;

исследование применимости коллекторно-дренажных вод на орошение и других способов их утилизации;

разработка теоретических основ методов очистки питьевой, коллекторно-дренажной и промышленных сточных вод;

исследование распределения и физико-химического состава загрязняющих веществ в водотоках с целью охраны и рационального использования водных ресурсов;

оценка воздействия территориально-производственных комплексов на загрязнение водных ресурсов и разработка мероприятий по их устранению.

Эти исследования осуществляются силами отдела экологии.

Исследования по важному направлению гидродинамики — движению вод в пористых средах и воздействию на него транспирации и массообмена, а также автоматизации водохозяйственных систем проводит отдел гидромеханики и автоматизации.

Важной и актуальной является проблема восстановления и рационального использования экосистем малых рек, нарушенных

антропогенной деятельностью, не только повлекшей за собой истощение водных ресурсов малых рек, но и обострившей экологическую обстановку на больших территориях и в значительной мере способствовавшей уменьшению стока средних и больших рек. Это пока еще слабо изученное направление ведется специализированным отделом.

Отделом планируется исследовать современное состояние водных ресурсов малых рек (изучение данных проектных, эксплуатационных водохозяйственных организаций), достоверность гидрометрических данных и внедрение современных средств измерения и учета стока (специально разрабатываемые ультразвуковые расходомеры), на математических моделях стоковые характеристики малых рек, в т. ч. для неустановившегося движения воды; разработать практические рекомендации по правилам эксплуатации малых рек, их паспортизации, рациональному использованию и восстановлению стока.

В условиях жесткого дефицита водных ресурсов в республике вопросы водоснабжения при возделывании сельскохозяйственных культур становятся особенно актуальными. Этим направлением занимается отдел водосберегающих технологий и способов полива. В числе исследованных им проблем — поиск резервов экономии воды как в сельскохозяйственном, так и в коммунальном и промышленном производстве на основе совершенствования существующих передовых технологий полива в орошаемом земледелии и разработка нетрадиционных подходов к водоснабжению, которая будет вестись в двух направлениях:

регулирование электромагнитными методами влагообмена между атмосферой и грунтовыми водами через зону аэрации, где расположена корневая система растений;

разработка способа влагодефицитного-стрессовой мобилизации скороспелости в растениях.

Последний подход включает в себя экологически чистую технологию и позволяет сокращать расход оросительной воды при поливе в завершающей стадии вегетации, а также проводить раннюю вспашку, обеспечивающую уменьшение потери влаги на физическое испарение поздней осенью.

Экономическое и правовое обеспечение мероприятий по увеличению располагаемых, т. е. кондиционных по качеству и доступных к использованию в народном хозяйстве водных ресурсов, суши, почвенных вод, является предметом исследования специального отдела. Он призван заниматься изучением процессов и закономерностей формирования экономико-правовых основ комплексного использования водных ресурсов бассейна Аральского моря, а также разработкой принципов и методологии их эффективного использования и развития экономики водопользования на законодательной основе.

Актуальность подобных исследований характеризуется практикой экстенсивного развития сельского хозяйства и промышленности региона. Неограниченное использование воды при усилении демографической нагрузки не может обеспечить поступательное развитие и повышение показателей народного хозяйства. В программах использования водных ресурсов не находили и не находят применения экономические критерии и экологические показатели для обоснования направлений развития отдельных отраслей и капиталовложений для повышения эффективности сельскохозяйственного производства, промышленности и других отраслей.

До настоящего момента не выработан экономический механизм комплексного использования водных ресурсов, который обеспечил бы восприимчивость народнохозяйственного комплекса региона к водосбережению и общественно необходимым затратам в условиях рыночных отношений.

Отсутствует государственная и межгосударственная правовая основа использования водных ресурсов.

В соответствии с этим перед отделом ставится задача разработки научных основ и методологии экономико-правовой оценки комплексного использования водных ресурсов и управления водным хозяйством в бассейне Аральского моря.

Таким образом, основные дисциплины, из которых вытекает решение технических и технологических задач водного хозяйства, — учение о речном стоке, теория регулирования речного стока, гидромеханика русловых процессов, теория управления водохозяйственными системами, водное право и экономика водного хозяйства — разрабатываются коллективом научных работников института.

Фундаментальность проводимых научно-исследовательских работ определялась по 8 общенаучным и 4 отраслевым критериям, рассмотренным Ю. Б. Татариновым [2]. С. Н. Крицким и М. Ф. Менкелем [1]. При этом в основном учитывалась направленность тем на решение фундаментальных общенаучных и научных проблем (разработка теории; выдвижение общенаучного принципа, понятия; открытие закономерности, объекта, явления, свойства; создание метода исследования, отличающегося принципиальной новизной) и на решение одной из основных проблем данной научной дисциплины (отрасли, в нашем случае — мелиорация и водное хозяйство).

Анализ тематики НИР показал, что большая часть (2/3) по содержанию и значимости может быть отнесена к категории фундаментальных исследований (учение о речном стоке, теория регулирования речного стока и др.). Остальная часть тем решает отдельные более общие проблемы отрасли.

Следует отметить, что по особенностям, содержанию и масштабности научное направление «Разработка концепции сохра-

нения Аральского моря и восстановление экологического равновесия в его бассейне» является наиболее фундаментальным. Однако данная проблема многоаспектна [3] и требует участия различных отраслевых научно-исследовательских коллективов, в том числе Института водных проблем АН РУз.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крицкий С. Н., Менкель М. Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. М.: Наука, 1981.
2. Татаринов Ю. Б. Проблемы оценки эффективности фундаментальных исследований. М.: Наука, 1986.
3. Хамраев Н. Р. Концептуальные положения комплексной программы восстановления Арала // Вестник сельхоз. науки. ВАСХНИЛ. 1990. № 9.

Д. Ф. ХАМРАЕВ

О ЯВЛЕНИИ ВЛАГО- И ВОЗДУШНО-ДЕФИЦИТНОЙ СКОРОСПЕЛОСТИ В РАСТЕНИЯХ (ВВД-СКОРОСПЕЛОСТЬ)

В основе влагодефицитной скоропелости лежат следующие идейные позиции физического и генетического характера. Физическая — если тем или иным способом уменьшить содержание влаги и тургорное давление в листьях растений в период начала вызревания плодов на величину, не превышающую 18–20% их первоначального значения, то это приведет к увеличению плотности клеточной плазмы, а она в свою очередь — к увеличению (при прочих равных условиях) вероятности, скорости и частоты биофизических и биохимических реакций без нарушения их генетически приобретенного порядка протекания. Внутриклеточные процессы должны протекать при увеличении к. п. д. фотосинтеза и дыхания, т. е. усиление частоты реакций не может наблюдаться без повышения энергопотребления, и в связи с ограниченностью внутриклеточных ресурсов дефицит должен компенсироваться усилением дыхания и текущих энергопоступлений. Все это может произойти при условии, если первоначальная влажность, принятая за 100%, уменьшится до 18–20% по сравнению с первоначальной и по достижении определенного возраста растениями, ниже которого произойдет усиление процессов кристаллизации вещества клеточной плазмы за счет увеличения доли процессов губительного распада над производительным синтезом. Генетическая — уменьшение влаги воспринимается растениями как сигнал к бедствию, и любой живой организм, в том числе растение, не может не выработать в себе механизм самосохранения, обеспечивающий доведение до нормальной зрелости прежде всего элементов наследственности, т. е. своих плодов и семян.

Влагодефицитная скороспелость касается всех растений, семена и плоды которых расположены на поверхности (хлопчатник, зерновые, плодовые деревья и др.). Рекомендуется прибегать к этому эффекту при необходимости сокращения сроков вызревания и обеспечения ускоренного листопадения.

Воздушнодефицитная скороспелость имеет место только в корнеплодах и основывается с физических позиций — на уменьшении интенсивности дыхания, приводящем к сокращению доли энергии фотосинтеза, затрачиваемой на холостое дыхание листьев, и увеличении доли энергии и энергосодержащих веществ, поступающих в корневую часть. Как известно, листья корнеплодов с возрастом быстро теряют фотосинтетическую активность, тогда как уровень дыхания, при прочих равных условиях, уменьшается не так интенсивно. В частности, интенсивность и к.п.д. фотосинтеза сорокадневного листа моркови, приходящегося на единицу площади листовой пластинки, в 6—7 раз меньше, чем у молодых побегов, тогда как дыхание — в 1,5—2 раза. Быстрое же увеличение лучевоспринимающей поверхности молодых побегов увеличивает интенсивность и к.п.д. фотосинтеза.

С генетических позиций — резкое уменьшение поступления воздуха в корнеплоды воспринимается наследственными элементами как сигнал опасности, приводящей к увеличению роста молодых побегов и жизнестойкости самих плодов путем уплотнения их внутренней структуры и увеличения плотности или их объемного веса.

Уменьшение подачи влаги и воздуха в организм растений надо произвести быстро. Это в свою очередь не что иное, как быстрое изменение жизненных условий растительных организмов — они это воспринимают как стресс, а уменьшение сроков вызревания плодов называется его скороспелостью. Поэтому рассматриваемый эффект или явление автором названо ВВД-скороспелостью (Stress WID).

Возможное множество путей и способов перевода растений в ВВД-стрессовое состояние. Автор предлагал и испытывал самые простые для понимания пути.

Влагодефицитную скороспелость предлагается создать путем частичной подрезки боковой части корневой системы растения на заданную глубину так, чтобы кустостояние не было существенно нарушено. Такой подход обеспечит прежде всего устойчивый влагодефицит в листьях из-за уменьшения доступа влаги в организм растений. Кроме того, упростится применение существующей уборочной техники без капитальных изменений в конструкции и технологии уборочного процесса.

Один из путей обеспечения воздушнодефицитной скороспелости — это стрижка определенной части старой ботвы. Такой подход обеспечит доступ большего потока световых лучей к

молодым побегам, находящимся всегда внизу и затемненными листьями высокорослой старой ботвы.

Влагодефицитная скороспелость была испытана на хлопчатнике, пшенице и кукурузе. Остановимся на результатах работ, произведенных на хлопчатнике. С 1985 по 1989 г. (5 лет) опыты проводились в 18 хозяйствах различных областей Узбекистана на площади от 0,1 до 12 га в каждом хозяйстве. Основные показатели следующие:

1. В хлопчатнике скороспелость действительно имеет место. Она изменяется от 3—4 до 25—30 дней, если за основу оценки взяты данные сравнительного подхода (опыта и контроля), когда достигается 95%-ное раскрытие коробочек. Характеристика показателя скороспелости зависит прежде всего от качества подрезки, затем от сорта хлопчатника, влажности почвы в момент подрезки и метеоусловий после подрезки. Поэтому данный показатель характеризуется таким большим диапазоном — от 4—5 до 25 дней.

2. Процент листопадения по истечении трех недель после подрезки колеблется в пределах от 30—40 до 60—70. Оставшиеся листья находятся в полусухом состоянии и не крошатся, поэтому при машинном сборе хлопок-сырец не загрязняется мелкими, трудно удаляемыми частицами, как после химической дефолиации хлопчатника. Здесь успех зависит от тех причин, что были отмечены в п. 1.

3. Происходит увеличение средней массы каждой коробочки от 3—4 до 25% по сравнению с контрольными, а в качестве контрольных, как правило, принимались коробочки с дефолированного участка бутифосом или хлоратом магния. Следовательно, после подрезки коробочки вызревают лучше, чем после дефолиации. Здесь также важным фактором выступает качество подрезки и ряда внешних и внутренних условий.

4. Отмечается незначительное увеличение средних значений длины (до 2—3 мм), крепости волокон (до 0,3—0,4 г/с) и массы семян (до 12—15%) по сравнению с контрольными. Это свидетельствует об определенном улучшении качества по сравнению со сбором после дефолиации, в особенности плодов, расположенных в верхних симподиальных ветвях.

5. Существенно возрастает масса собираемого урожая хлопка-сырца: от 5—6 до 25—30%. Объясняется это двумя факторами: увеличением общего количества раскрытых коробочек и массы каждой коробочки. Раскрываемость коробочек в опытах достигала 95—98%, тогда как после дефолиации хлоратом магния — 70—75%, а остальное практически пропадало. Но эта характеристика, при прочих равных условиях, существенным образом зависит от качества подрезки.

6. Для предуборочной подготовки хлопкового поля не требуются химические вещества, вредные для природной среды. Следовательно, этот путь экологически чистый, что, по современным требованиям, имеет первостепенное значение.

7. Экономится один или два полива. Поэтому наш подход надо отнести еще к категории водосберегающих.

Однако указанные результаты, как видим, могут быть получены при условии качественной подрезки корневой системы растений, являющейся одним из многочисленных способов сообщения стресс-импульса растениям. На практике этот путь (подрезка) оказывался часто трудноосуществимым из-за использования кустарно изготовленных пассивных сельхозорудий, которые не всегда могли обеспечить подрезку, особенно в тяжелых суглинистых или супесью-суглинистых почвах. Все это заставляет искать новые пути для сообщения влагодефицитного стресс-импульса растениям. И такой путь, на наш взгляд, найден. Речь идет о гидроэлектрическом способе сообщения ВВД-стресс-импульса, в результате использования которого для достижения желаемого эффекта даже не придется заходить в поле. Уменьшение необходимого уровня 15—20% от влаги в листьях растений в нужный момент их вегетационного развития будет получено электромагнитным полем с определенными характеристиками. Технику безопасности будет необходимо соблюдать как при работе с бытовыми электронагревательными приборами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рубин Б. А. Курс физиологии растений. М.: Высшая школа, 1961.
2. Рубин А. Б. Биофизика. Кн. 1, 2. М.: Высшая школа, 1987.
3. Хражановский. Курс общей ботаники. М.: Высшая школа, 1982.
4. Певницкий Д. О. Кальций и биологические мембраны. М.: Высшая школа, 1990.
5. Справочник по хлопководству. Ташкент: Узбекистан, 1981.

Л. З. ШЕРФЕДИНОВ

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ: СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ, НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ АРАЛА

Нормативное определение самого понятия «комплексное использование водных ресурсов» подразумевает такое «удовлетворение нужд населения и различных отраслей народного хозяй-

ства (в воде), при котором находят экономически оправданное применение все полезные качества того или иного водного объекта» [1, с. 3].

Организация и развитие водохозяйственных отношений определяются в межотраслевом документе — схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна большой реки (или какой-либо другой территории), в котором «устанавливаются лимиты из водных объектов и предельно допустимые сбросы загрязняющих воду веществ в водные объекты» участникам водохозяйственного комплекса [2, с. 4]. «Целью комплексных схем является определение основных водохозяйственных и других мероприятий, подлежащих осуществлению для удовлетворения потребностей в воде населения, отраслей народного хозяйства, а также мероприятий по охране вод и предупреждению их вредного воздействия. Намечаемые в... схемах мероприятия должны быть направлены на рациональное и экономное использование воды...» [2, с. 6]. Важное место в схеме отводится «перечню комплексных водохозяйственных объектов, обеспечивающих потребности в воде и сохранение или восстановление надлежащего качества водных ресурсов в водных объектах» [2, с. 6].

По сложившейся практике, схема комплексного использования и охраны водных ресурсов «служит водохозяйственной основой» планов, программ «развития и размещения производительных сил...» [2, с. 4].

По бассейну Аральского моря и составляющим его бассейнам больших рек разработано и уточнено за последние примерно 30—40 лет несколько схем комплексного использования. Все эти схемы, сохраняя содержательно идеологию комплексного использования водных ресурсов, основной целью ставили водообеспечение орошаемого земледелия и наращивание фонда орошаемых земель. Ныне в бассейне Аральского моря сложилась такая ситуация, что доминирующим участком водохозяйственного комплекса стало орошаемое земледелие с хлопковой специализацией, потребляющее около 90% первичных и вторичных располагаемых водных ресурсов.

В силу особенностей водохозяйственных систем и комплексов в бассейне Аральского моря произошло такое их сращивание и группирование, что преобразилась коренным образом гидрология и гидрогеология как бассейна в целом, так и отдельных водохозяйственных районов.

Одно из главных изменений — деградация Аральского моря, было спрогнозировано еще в 50—60-х годах при разработке первых схем комплексного использования водных ресурсов [3, с. 11]. В какой-то степени в последующих схемах предсказывалось и основное изменение — ухудшение качества вод. Но часто разработчики и директивные органы склонялись в пользу утешитель-

ных прогнозов по данному вопросу, и, следовательно, в комплексных схемах не учитывалась в должной мере значимость водоохранных объектов и технологий.

Охрана вод в силу климатических и геохимических особенностей бассейна Аральского моря видится на двух принципиальных уровнях: технологическом и экогеосистемном.

Технологический уровень связан с рациональным использованием вод и сводится к мероприятиям по водосбережению, опреснению, очистке от токсичных веществ и т. д. Экогеосистемный уровень обусловлен геохимическими факторами и процессами, которые требуют регулирования качества вод по стволам больших, средних, малых рек и других мероприятий. Собственно речь идет о водоохранном комплексе бассейна Аральского моря, который, по-видимому, будет формироваться из сооружений и систем технологического и экогеосистемного уровней.

Касаясь самого Аральского моря, следует заметить, что оно выступает как основное звено регионального базиса водного и, особенно, ионно-солевого стока. В естественной структуре Среднего региона оно является специфической геосистемой — солеприемником, который необходимо сохранить функционально и предотвратить дефляцию уже накопленных весьма значительных запасов солей, в том числе и на обсохшем дне.

Методологически наработанные комплексные схемы в бассейне Арала реализовали программную стратегию управления водными ресурсами и водохозяйственными системами. Оперативное управление осуществляется при этом на основе диспетчерских графиков гидроузлов применительно к фазам водного и термического режима, русловых процессов и наносных явлений и т. д.

В какой-то мере нынешний экологический кризис в бассейне Аральского моря обусловлен методологическими причинами, слабым научно-техническим обеспечением водного хозяйства и мелиорации. Хотя, конечно, более значительная причина — это невосприимчивость экономики, всего народнохозяйственного комплекса к инновациям, научно-техническому прогрессу.

Очевидно, что все государства бассейна Аральского моря остро ощущают необходимость структурной перестройки своих народнохозяйственных комплексов. Их экономическая независимость возможна при достижении мирового технологического уровня развития и занятии своих специфических позиций в международном разделении труда.

Из-за ограниченности водных ресурсов бассейна Аральского моря структурная перестройка народнохозяйственного комплекса возможна, в основном, на путях освоения безотходных, безводных и маловодных технологий. В складывающихся условиях первоочередными являются задачи сохранения достигнутого уровня производительных сил, ликвидации экологического кризиса и

водообеспечения структурной перестройки народнохозяйственного комплекса. Эти задачи, по-видимому, можно будет решить лишь при переходе к новой стратегии управления водными ресурсами, известной в теории управления под названием позиционной, которая технологически осуществляется в автоматизированном и автоматическом режиме.

Нынешняя гидротехническая организация водохозяйственных систем и их информационное обеспечение практически не могут реализовать требования более совершенной стратегии управления. Для ее внедрения потребуются значительная реконструкция водохозяйственных систем и создание самой системы управления. Все это в конечном счете будет способствовать переводу водного хозяйства на новый технологический уровень, созданию качественно новой системы водоустройства субконтинента.

Перечисленные положения имеют не только научную значимость, но и по многим аспектам могут получить практическое воплощение в разрабатываемых генеральных схемах комплексного использования земельно-водных ресурсов, новых концепциях и программах водообеспечения, экологического оздоровления и социально-экономического развития субконтинента.

Следует обратить внимание на одно обстоятельство. В наработанных схемах комплексного использования оценивались и распределялись в основном водные ресурсы рек бассейна Аральского моря, хотя пора уже оценивать отдельно водные ресурсы бассейнов рек и в целом бассейна Аральского моря. В этих оценках должны найти отражение происшедшие коренные преобразования гидрологии и гидрогеологии, а также гидрохимии субконтинента. Не менее важно при этом установить пределы техногенных нагрузок на водные объекты с тем, чтобы обеспечить устойчивость и разнообразие их биоценозов и биоты субконтинента в целом, что требуется для достижения экологической безопасности населения.

Решение перечисленных задач необходимо для нормального функционирования экономики Узбекистана и других государств бассейна Аральского моря, так как в ближайшей перспективе, да и в отдаленной, другой, менее затратной «большой воды» в Среднеазиатском субконтиненте для него нет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 17.1.1.01—77. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1980.
2. ИВН 33—5.1.07—87. Методические указания о составе, содержании, порядке разработки, согласования, утверждения и уточнения схем комплексного использования и охраны водных ресурсов. М.: Минводхоз СССР, 1987.

Р. А. КУЛМАТОВ, А. Б. НАСРУЛИН, М. С. ИСМАТОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В р. АМУДАРЬЕ

Интенсивное использование водных ресурсов Амударьи в сельскохозяйственных, коммунальных и промышленных нуждах приводит к антропогенному загрязнению ее различными сбросными водами, содержащими загрязняющие вещества [1, 4, 6, 8]. В связи с этим актуально изучение и оценка закономерностей форми-

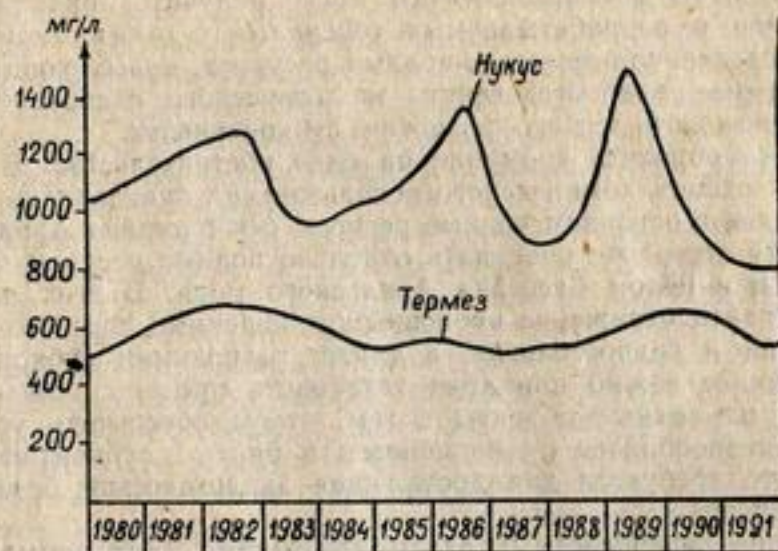


Рис. 1. Минерализация (среднегодовая).

рования физико-химического состава речных вод с учетом роста антропогенных факторов [9, 3, 5].

Ниже приводятся результаты анализа особенностей пространственно-временного распределения минерализации и концентрации загрязняющих веществ в гидростворах Термез и Нукус р. Амударьи за 1980—1991 гг. В работе использовались данные Узгидромета, Минмелиорации, а также собственные результаты. Данные обрабатывались с помощью законов математической статистики на ЭВМ типа IBM-PCAT 286 по программе «Графер», «Статграф».

Результаты наблюдений по временному ходу изменения общей минерализации в гидростворах Термез и Нукус представлены на рис. 1 и 2. Как следует из данных рис. 1, минерализация воды по времени осталась почти на прежнем уровне, хотя в пространстве она резко изменилась (сравнения гидростворов Термез и Нукус). В створе Нукус минерализация выше ПДК. Это связано с тем, что в бассейне реки в нижнем течении попадает боль-

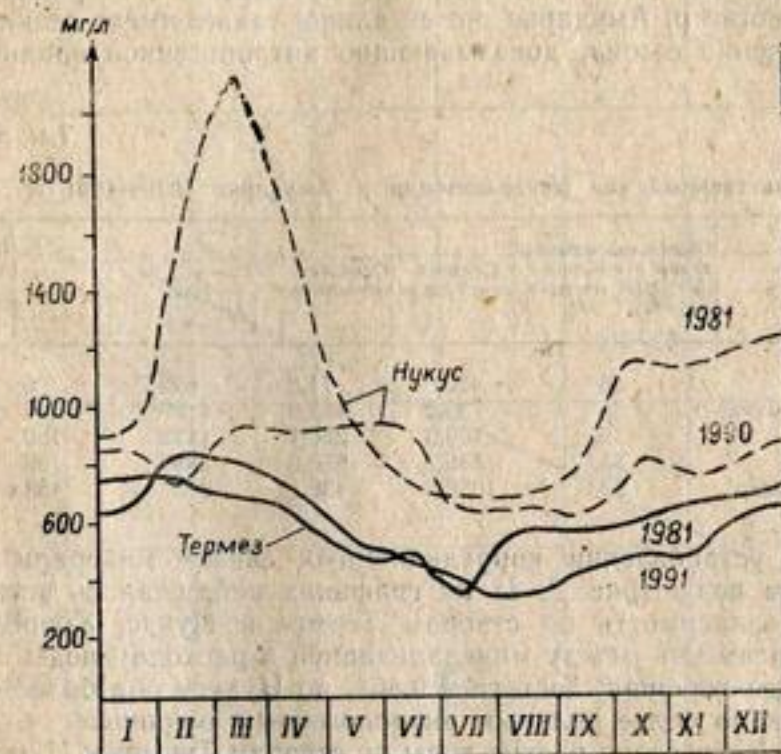


Рис. 2. Внутригодовое (по месяцам) распределение минерализации.

шое количество минерализованных коллекторно-дренажных вод, приводящее к накоплению солей.

На распределение минерализации влияет естественный химический состав по основным ионам, затрудняющий определение антропогенной нагрузки. По сравнению с фоновыми створами (слияния Вахша и Пянджа) наблюдается повышение минерализации в несколько раз [4] в среднем и нижнем течении р. Амударьи.

Данные о внутригодовом изменении минерализации (рис. 2) свидетельствуют о более плавном распределении минерализации по створу Термез и более резком внутригодовом ходе распреде-

ления по створу Нукус, что связано с изменением объема сбросных коллекторно-дренажных вод в течение года.

Минерализация воды р. Амударьи в нижнем и среднем течении изменяется в очень больших пределах: от 150 до 3999 мг/л, хотя средние значения составили за 1980—1991 гг. по Термезу всего 588,6 мг/л, а по Нукусу — до 1087,36 мг/л.

Из данных табл. 1 видно, что повышение минерализации в пространстве р. Амударьи, по ее длине, также имеет резкие скачки в течение сезона, доказывающие антропогенное влияние.

Таблица 1

Пространственный ход минерализации р. Амударьи 1980—1991 гг. (мг/л)

Створ	Общее число наблюдений в интервале VI—VIII месяцев (лето)	Среднее содержание	Стандарт. отклонение	Max	Min	Число, превышающее ПДК
Термез	36	422	71,6	625,7	300	—
тесн. Туямуюн	35	739,2	163,5	1129	526	4
Кипчак	36	750,0	290,1	1428	150	4
Нукус	35	889,7	610,6	3999	166	7
к. Кзылджар	32	1052,8	438,1	2157	458	15

При установлении корреляционных связей минерализации с расходом воды (рис. 3, 4) на графиках наблюдалась четкая линейная зависимость по створам Термез и Нукус. Корреляционная зависимость между минерализацией и расходом воды по створу Термез хорошая, достигает 0,864, по Нукусу она более слабая, что вызвано более сильным антропогенным влиянием.

Непосредственно расход воды по створам Термез и Нукус сильно изменился из-за вмешательства человека (рис. 5).

Концентрация отдельных главных ионов, таких, как хлориды и щелочные металлы, изменяется по длине реки подобно минерализации (увеличивается), меньшим изменениям подвергается концентрация калия, магния, кальция и почти не изменяется концентрация гидрокарбонатов, что связано с наименьшим антропогенным влиянием на эти элементы.

Из данных табл. 2 следует, что по сравнению с 1981 г. концентрация главных ионов в верхнем створе изменилась незначительно, в нижнем створе Нукус — изменение более заметное. В частности, уменьшилась концентрация сульфатов, хлора, в пространственном ходе элементов относительно 1981 г. также прослеживается уменьшение концентрации главных ионов.

По сравнению с 1980 г. по временному ходу пошла на убыль концентрация фенола, хотя и осталась выше ПДК (рис. 6).

Диаграмма изменения концентрации фенола в 1991 и 1981 гг. (по створам Термез и Нукус) показывает уменьшение среднего содержания и стандартное среднее отклонение, но средняя концентрация фенола не доходит до ПДК (рис. 6).

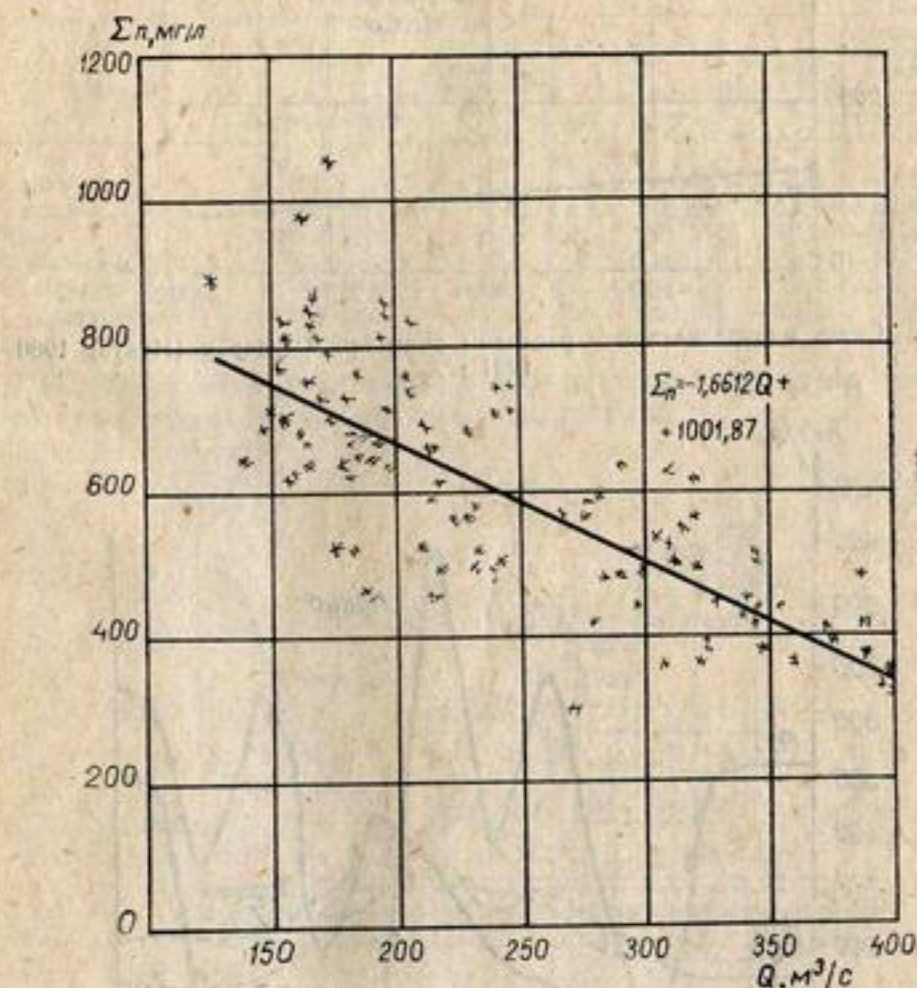


Рис. 3. Связь минерализации с расходом воды р. Амударьи (Термез, протока) 1980—1991 гг.

Изучение многолетнего процесса концентрации ртути, одного из особо опасных для здоровья населения металлов, показало уменьшение ее относительно 1980 г. И хотя имеют место отдельные высокие ртуть-содержащие сбросы, по длине реки концентрация ртути сильно не изменяется (рис. 7). Не обнаружено корреляционной зависимости ртути от расхода воды, тогда как между ртутью, медью и другими металлами связь имеется (табл. 3).

Была проанализирована также функция распределения загрязняющих веществ в речной воде.

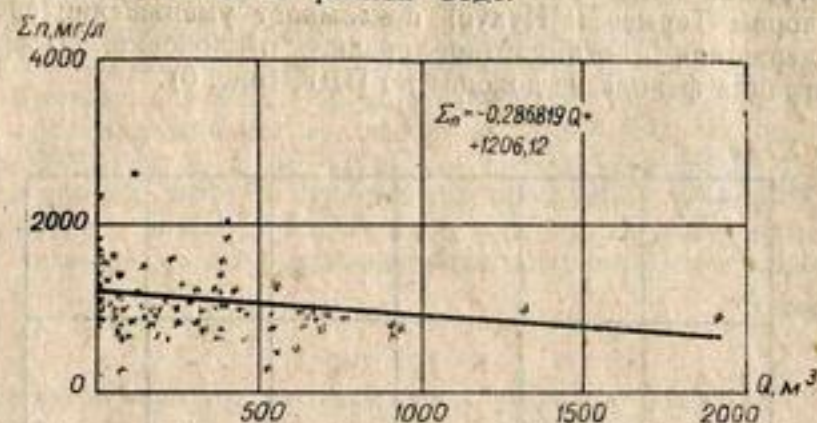


Рис. 4. Связь минерализации с расходом воды р. Амударьи (Нукус) 1980—1991 гг.

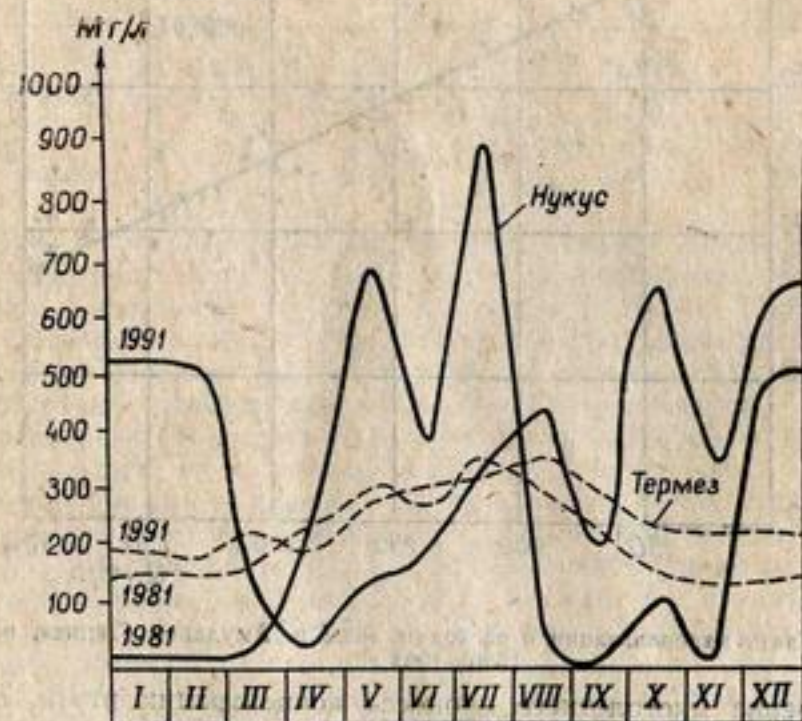


Рис. 5. Внутригодовой расход воды р. Амударьи.

В данных гистограмм (рис. 8) она имеет вид нормальный, левосторонний асимметричный, что свидетельствует о логнор-

мальном распределении загрязняющих веществ в воде Амударьи. При изучении значений концентрации ртути (Hg), превышающих

Таблица 2

Средние значения содержания главных ионов в створах Термез и Нукус (1991 г. и 1981 г.) р. Амударьи (мг/л)

Элемент	Термез		Разница временного хода	Нукус		Разница временного хода	Разница пространственного хода	
	1991 г.	1981 г.		1991 г.	1981 г.		1991 г.	1981 г.
Калий	2,1	2,7	-0,6	3,0	4,1	-1,1	-0,9	-1,4
Кальций	19,2	71,4	7,4	99,5	106,9	7,4	-20,4	-103,4
Хлор	80,2	101,1	-20,9	131,7	221,9	-89,5	-51,5	-120,1
Магний	36,4	20,9	15,5	62,8	46,7	16,1	-26,4	-25,8
Сульфаты	197,9	210,7	-12,8	314,4	416,5	-102,2	-116,4	-205,8
Гидрокарбонат	126,8	139,4	-12,7	126,3	152,5	-26,2	0,5	-26,2

ПДК, по сезонам года (1980—1991 гг.) было выявлено (рис. 7), что она практически остается постоянной.

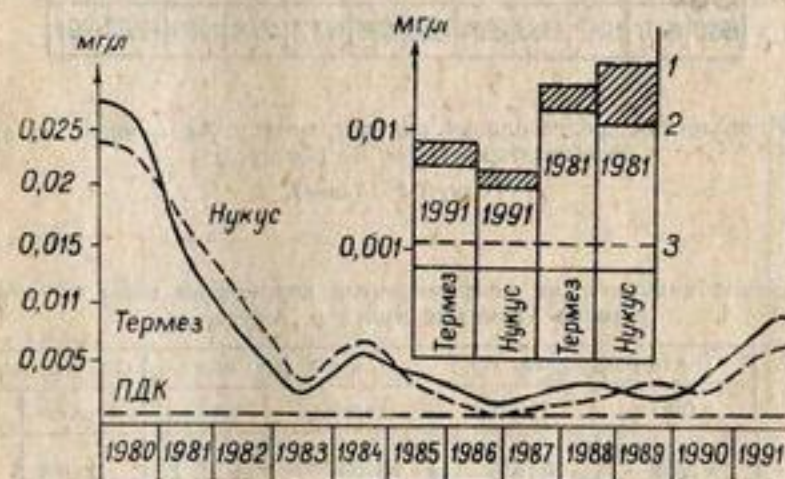


Рис. 6. Диаграмма и график многолетней среднегодовой концентрации фенола (1980—1991 гг.) р. Амударьи:

1 — среднее содержание; 2 — стандартное отклонение; 3 — ПДК.

Анализ многолетней среднегодовой концентрации гексахлорана также выявляет уменьшение ее по сравнению с 1980 г. (рис. 9). Судя по графику, в пространственном ходе распределения гексахлорана больших изменений не наблюдается. Подобные же графики по тяжелым металлам, органическим и биогенным ве-

ществам выявили особенности изменения пространственно-временного распределения их в средних и нижних течениях р. Амударьи.

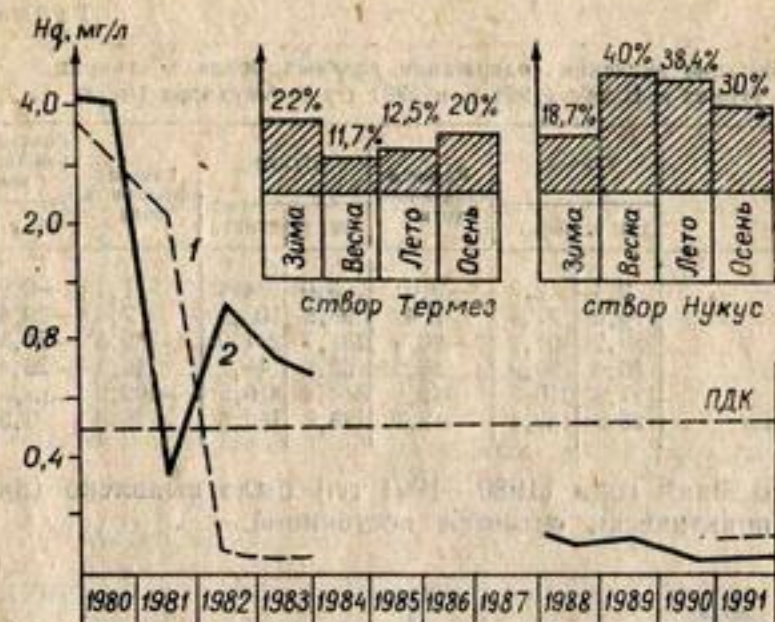


Рис. 7. Многолетняя среднегодовая концентрация ртути и число ее значений, превышающих ПДК, % Hg мкг/л:
1 — Нукус; 2 — Термез.

Таблица 3

Изменение эмпирических коэффициентов корреляции воды (Q м³/с) створов Термез и Нукус р. Амударьи

Год	С минерализацией, мг/л		С медью (Cu) мг/л		С ртутью (Hg) мкг/л	
	Термез	Нукус	Термез	Нукус	Термез	Нукус
1981	0,757	0,355	0,697	0,712	0,008	0,036
1991	0,864	0,178	0,432	0,367	0,246	0,047

Год	С взвешен. веществами, мг/л		С нитратами, мг/л		С хромом (Cr), мкг/л		С цинком (Zn), мкг/л	
	Термез	Нукус	Термез	Нукус	Термез	Нукус	Термез	Нукус
1981	0,493	0,772	0,509	0,174	0,366	0,115	0,344	0,014
1991	0,589	0,281	0,335	0,321	0,165	0,652	0,174	0,408

Были составлены графики распределения среднегодовых концентраций меди, хрома, мышьяка, цинка, нитритов и нитратов,

СПАВ, нефтепродуктов и т. д., из которых также следует, что загрязнение реки по сравнению с 1980 г. уменьшилось.

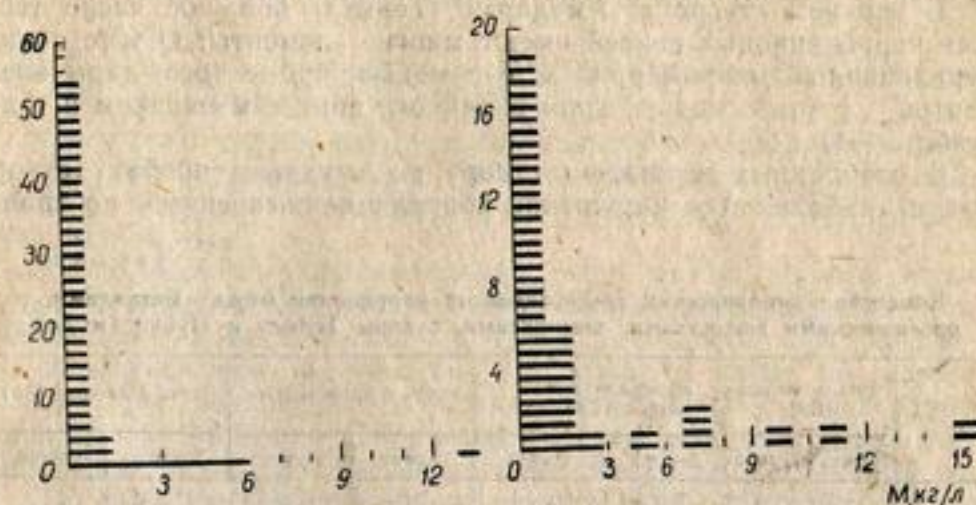


Рис. 8. Гистограмма распределения концентрации ртути (1980—1991 гг.), Термез и Нукус.

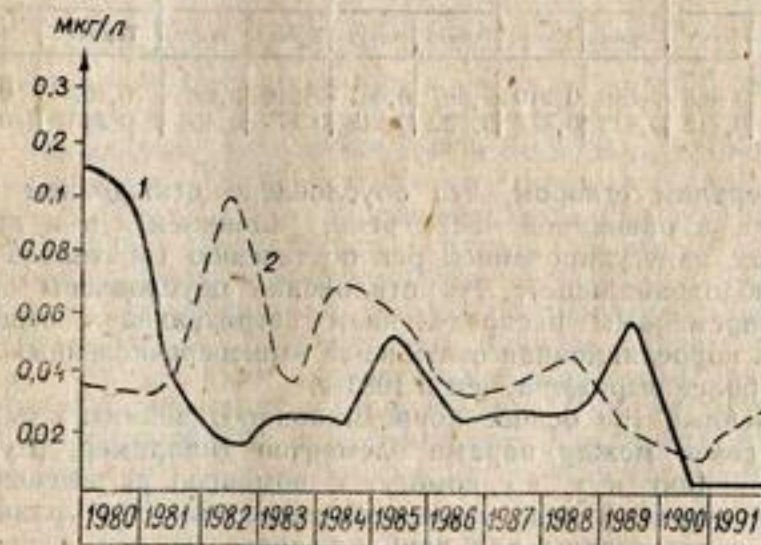


Рис. 9. Многолетняя среднегодовая концентрация гексахлорана:
1 — Термез; 2 — Нукус.

С целью выявления временных колебаний, эмпирических коэффициентов корреляции между парами элементов, расходами воды

и загрязняющими веществами пробы 1981 и 1991 г. подвергали статистическому анализу, так как они отличались по химическому составу.

В верхнем створе р. Амударьи (Термез) большое число тесных корреляционных связей имеют многие элементы: Q м³/с с минерализацией, например, Q м³/с с медью, кроме того, пары элементов — ртуть с медью, хром с цинком, цинк с мышьяком и т. д. (табл. 3—4).

В отобранных в нижнем створе р. Амударьи пробах (створ Нукус) наблюдается нарушение корреляционных связей по срав-

Таблица 4

Изменение эмпирических коэффициентов корреляции между металлами, органическими веществами, химикатами, створы Термез и Нукус (мг/л)

Год	Ртуть с медью (Cu)		Минерализация с медью (Cu)		Ртуть с хромом (Cr)		Ртуть с цинком (Zn)	
	Термез	Нукус	Термез	Нукус	Термез	Нукус	Термез	Нукус
1981	0,458	0,052	0,651	0,124	0,019	0,007	0,120	0,810
1991	0,481	0,815	0,259	0,539	0,381	0,006	0,647	0,003

Год	Хром с цинком (Zn)		Цинк с мышьяком (As)		в-ГХЦГ с нитратами		Нитраты с СПАВ		Нитраты с в-ГХЦГ	
	Термез	Нукус	Термез	Нукус	Термез	Нукус	Термез	Нукус	Термез	Нукус
1981	0,425	0,465	0,643	0,210	0,387	0,667	0,218	0,182	0,167	0,119
1991	0,481	0,112	0,412	0,377	0,232	0,219	0,177	0,405	0,240	0,261

нению с верхним створом, что обусловлено осаждением крупной фракции в равнинной части реки, влиянием с/х и других сбросных вод, зарегулированием рек по течению (появилось Туямуновское водохранилище). Эти отклонения обусловлены пространственно-временным распределением загрязняющих веществ.

В 1981 г. корреляционная связь из-за вышеперечисленных факторов была более выражена, чем в 1991 г.

Установленные (на основе корреляционного анализа) паранетические связи между парами элементов (например, ртуть — медь, ртуть — цинк и т. д.) помогут с помощью регрессионного анализа описать их в виде уравнений регрессии. Эти уравнения могут быть использованы для приближенного расчета и прогноза содержания некоторых токсичных элементов (1).

Отсутствие корреляционных зависимостей между концентрацией загрязняющих веществ и соответствующих значений расхода воды рек позволяет использовать для расчета их выноса и прогноза различные формулы.

Например, для нефтепродуктов формулу $G = \bar{C}O$, где G — вынос нефтепродуктов за расчетный период, например, за год;

$\bar{C}$ — средняя арифметическая концентрация нефтепродуктов;
 O — водный сток за этот период [10].

Отсутствие связей между концентрацией и расходами воды позволяет рассчитывать вынос ЗВ без выделения гидрологических фаз, что упрощает методику расчета и оценку точности полученных результатов.

Обнаруженная корреляционная связь между парами загрязняющих веществ свидетельствует о совместной миграции этих элементов, их поступлении из одних источников загрязнений.

Коэффициенты корреляции, как сказано выше, в верхних створах рек больше, чем в нижних, что связано с зарегулированием рек по течению и сбросами с/х и других вод, нарушением внутриводоемных физико-химических процессов по течению вод.

По наличию корреляционной связи можно определить возможный источник загрязнения — предприятие, с/х область и т. д.

В дальнейшем, создав при помощи компьютера гистограммы и графики распределения, проведя расчет прогноза увеличения и уменьшения их данных, можно координировать планы развития очистных сооружений, где выгодно и необходимо создавать очистные сооружения, а также с помощью мониторинга ЗВ отобрать приоритетные вещества по опасности для жизни и возможности их нарастания.

В перспективе на основе полученных данных будет создана математическая модель загрязняющих веществ (например, р. Амударья), где будут даны прогноз тенденций экологических нарушений и изменений, факторов, влияющих на эти процессы, пространственное, внутригодовое, многолетнее распределение веществ, картосхема распределения ЗВ по предприятиям промышленности, сбрасывающим сточные воды, влияния коллекторно-дренажных вод. Это поможет водоохраным и водохозяйственным организациям планировать и прогнозировать экологическую обстановку в водохозяйственном комплексе Аральского бассейна, а также разработать комплексные меры по мониторингу и охране воды.

Выводы

1. На формирование химического состава среднего и особенно нижнего течения р. Амударья большое влияние оказывает хозяйственная деятельность человека: наблюдается резкое повышение минерализации, содержания органических веществ, минерального азота, тяжелых металлов и т. д. за счет увеличения сброса большого количества КДВ.

2. Корреляционная зависимость выявлена между расходом воды и минерализацией. Корреляционные связи между расходом воды и другими загрязняющими веществами слабые или отсутствуют.

3. Установлена тесная корреляционная связь между тяжелыми металлами, некоторыми загрязняющими веществами, на основании которой можно делать прогнозы.

4. Выявлено по сравнению с 1980 г. снижение концентрации загрязняющих веществ, что связано с усилением природоохранных мероприятий, сокращением с/х площадей, запретом на применение ядохимикатов и уменьшением сброса загрязняющих веществ в речные воды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рахматов У., Исаиатов Э., Кулматов Р. А., Кист А. А. и др. Содержание, фоновое распределение и формы нахождения тяжелых и некоторых сопутствующих элементов в поверхностных водах Узбекистана // Исследование загрязнения среды Среднеазиатского региона. Труды САННИИ. Вып. 3. Л.: Гидрометеониздат, 1988. С. 12.
2. Кулматов Р. А., Насруллин А. Б. Оценка и прогнозирование состояния загрязнения реки Амударьи // Международная научно-практическая конференция «Ученые и специалисты в решении социально-экономических проблем». Ташкент, 1992. С. 78.
3. Рубинова Ф. Э. Изменение стока р. Амударьи под влиянием водных мелиораций в ее бассейне. М.: Гидрометеониздат, 1985. С. 3—8.
4. Чембарисов Э. И. Гидрохимия орошаемых территорий (на примере бассейна Аральского моря). Ташкент: Фан, 1988. С. 105—165.
5. Чембарисов Э. И., Бахритдинов Б. Химический состав оросительных вод Узбекистана. Ташкент: Узбекистан, 1981. С. 40—55.
6. Доклад о состоянии окружающей среды в Узбекской ССР «Водные ресурсы». Ташкент: Госком УзССР по охране природы, 1990. С. 27.
7. Полинов С. А., Пинхасов М. А., Речицкая Л. Р. Водохозяйственно-экономическая оценка ущерба от роста минерализации стока реки Амударьи и меры по его снижению в орошаемом земледелии низовьев. Ташкент: Гос. конспер. по вод. хоз. стр-ву «Водстрой», 1990. С. 3—14.
8. Григорьев А. А. Экологические уроки прошлого и современности. Л.: Наука, 1991. С. 15—60.
9. Райхмист Р. Б. Графики функций. М.: Высшая школа, 1991. С. 110.
10. Мадиева Н. П., Тарасов М. П. и др. Расчет выноса нефтепродуктов речным стоком и оценка его достоверности // Гидрохим. материалы. Т. СХ. Вопросы гидрохимии. Методы анализа природных вод. Л.: Гидрометеониздат, 1991. С. 38—43.

М. МИРЗИЯТОВ

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ К ИЗУЧЕНИЮ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Одной из важных проблем современности является разумное использование природных ресурсов, в том числе водных. Особую

остроту приобретает изучение законов формирования речных русел в связи со всевозрастающим использованием рек.

В русловом процессе в качестве единственного активного фактора, обладающего механической энергией и способного выполнять работу, естественно выделить гидродинамическое действие текущей воды. Однако этот единственный фактор сам не является вполне независимым. Он подчинен гидрологическому режиму реки и случайным его проявлениям, свойствам материала формирующих границ потока и морфометрическим элементам [1]. Лишь рассмотрение в сочетании методов трех наук: гидрологии, гидродинамики и геоморфологии открывает путь к раскрытию общих законов руслообразования и их прогнозирования.

Всестороннее изучение русловых процессов требует разработки и применения новых универсальных теоретических, методических и космических способов исследований.

Космические снимки выступают в роли фотографических моделей местности, объективно отражающих реальную географическую ситуацию на момент съемки [2]. Составленные на базе материалов космической съемки карты и схемы дешифрирования служат надежными моделями русел рек, отличающимися высокой достоверностью объекта, который позволяет характеризовать механизм их функционирования и развития. Анализ такого рода модели: космический снимок — карта — схема развития руслового процесса, может служить основой комплексных русловых исследований для прогнозирования и районирования речных бассейнов на территории Средней Азии.

С этой целью нами были исследованы р. Амударья на территории Сурхандарьинской области в районе каналов и насосных станций «Искра» и им. Ленина. Для этого использованы космические съемки участка начиная с июня 1983 по 1989 г.

Рассмотрим несколько подробнее возможность дистанционного определения содержания наносов в воде по глубине. Основным признаком, определяющим содержание мутности по фотоизображению наносов в воде, является тон изображения на фотоснимке. Яркостные свойства воды (мутной и светлой) на фотографиях передаются достаточно точно. Если допустить, что минеральная основа воды и шероховатость ее поверхности (нет волн) неизменны, то оптическая плотность фотоизображения будет зависеть в основном от содержания в воде наносов (мутности). Наличие тесной связи между величинами влагосодержания почвы в русле, пойме реки и отражением представляет основу для определения состояния русла в нижних слоях по глубине потока.

Космические съемки выполнялись с высоты 270 км в масштабе 1:275000 в черно-белом изображении, затем в масштабе 1:36000. Дешифрирование снимков проводилось на основании пря-

мых дешифрованных признаков с привлечением признаков косвенных. Прямые дешифрованные признаки — это свойства объектов, которые непосредственно и воспринимаются дешифровками на снимках. К ним относятся форма, размер, тон, структура (рисунок) и тень (форма и величина). Из вышеуказанных признаков, кроме тона изображения, можно определить по карте их размерность. А тон изображения можно установить (по Михайлову В. П.) по 7-балльной шкале тональности:

Балл тона	Тон	Принцип выделения тона
1	Белый	Крайний, визуально различимый тон шкалы
2	Почти белый	Плотность визуальная
3	Светло-серый	Минимальная плотность большинства фотоизображений
4	Серый	Средняя плотность большинства фотоизображений
5	Темно-серый	Максимальная плотность большинства фотоизображений
6	Почти черный	Тон, превышающий максимальную плотность большинства изображений
7	Черный	Крайний, визуально различимый тон шкалы

По форме на снимке река и каналы (большие) представляются в виде извилистых полос, с характерными поворотами. Берега четко выделяются по границе между землей и водным потоком. Вода определяется по цвету, изменяющемуся от светло-коричневого до пурпурного (в цветном изображении), повторяя в плане все повороты береговой линии. В русле светло-розовыми пятнами неправильной формы опознаются острова.

Мутность воды в реке согласуется с цветом на снимке. В местах, где вода имеет меньшую мутность (старницы, рукава), цвет приближается к почти черному, в то время как вода основного русла выглядит светло-коричневой.

Для установления мутности по семитональной шкале, т. е. для определения мутности по тону цвета, космические снимки были подвергнуты компьютерной обработке. Полученная фотография с помощью сканера GS-4000 Hardware User's Manual обрабатывалась для получения изображения при относительной величине плотности (K), соответствующего фотографическому изображению космической съемки русла реки Амударьи в районе канала «Искра» (в пределах $K=0-32$). При помощи компьютера IBM PC/AT получили изображение русла от $K=14$ до $K=26$. При значении от 0 до 14 изображение получилось темным (из-за меньшей плотности отражения), после $K=26$ оно исчезло из-за большей плотности. Мутность потока, ширина и глубина его в зависимости от K изменялись. Нами были использованы материалы полевых исследований (измерения глубины, ширины и мутности потока) на р. Амударье в водозаборе канала «Искра» с 1986

по 1989 г. и были сопоставлены с космическими съемками за этот же период. Натурные исследования проведены на основании Направлений гидрометслужбы, часть II, 1978 г.

При сопоставлении полученных результатов при $K=14$ (ширина и глубина) изображение русла по космосу и натурные данные русла совпадали. С увеличением K на две единицы, т. е. $K=16$ ширина русла р. Амударьи показала уменьшенную величину по ширине русла (табл. 1) по створам от 0 до 68.

В каждом створе (от 0 до 68) ширина русла по съемке с относительным фотографическим изображением сопоставлялась с поперечными сечениями, полученными по натурным исследованиям. Ширина, совпавшая с шириной измеренной натурой, нами взята за основу определения ширины и глубины потока при $K=14-26$. Определив таким образом ширину и глубину потока по створам при $K=14-26$, можно получить изменения глубин и мутности (при наличии элюры мутности по ранее измеренным натурным данным) на реке по относительным фотографическим изображениям космической съемки.

Нами были построены графики динамики изменений глубины, ширины и мутности потока в зависимости от относительной величины плотности (K) фотографических изображений.

Полученные величины по глубине, ширине и мутности показали изменение их в сторону уменьшения.

При дальнейшем увеличении $K=26$ кривые ширины и глубины реки по створам доходили до нулевого значения, а мутность воды — до максимального. С увеличением относительной величины K мутность потока резко изменяется и доходит до $2,0-2,5 \text{ кг/м}^3$. Ширина потока в первом створе при $K=14$ равна 30 м и при $K=26$ — около 5 м, глубина потока доходит до 0,4—0,5 м, и в реке прекращается течение.

В створе 10 мутность потока изменяется от 1,0 до $1,6 \text{ кг/м}^3$ при $K=16-26$ соответственно. Ширина и глубина потока здесь уменьшаются с увеличением относительной величины плотности фотографического изображения. Ширина реки при $K=16-26$ соответствует измеренной на натуре величине от 250 до 0 м, а глубина потока — от 2,9 до 0 м.

Кривая ширины русла реки в створе 14 уменьшается с увеличением числа K плавно параболически и изогнута книзу. А кривая глубины потока изогнута вверх. Ширина потока уменьшается от 250 до 50 м при соответствующих величинах $K=16-26$. Глубина и мутность потока показывают изменение их величин от $H=2,8 \div 0,4 \text{ м}$ и $\rho=1,1 \div 1,6 \text{ кг/м}^3$.

Динамика изменения мутности, ширины и глубины потока в створе 30, 48 и 64 показала, что варьирование их величин более резкое, и параболическая линия вогнута к оси абсцисс. Глубина и ширина потока соответственно уменьшаются с увеличени-

Таблица 1

Гидравлические элементы потока р. Амударьи по космической съемке при различных величинах относительной плотности фотографического изображения (К)

Створ	Измерен. ширина по натуре, м			Общая ширина створа, м	Измерен. ширина по космическим данным, м		Измерен. глубина, м		Мутность изм. в натуре, кг/м³
	I прот.	II прот.	остров		I прот.	II прот.	I прот.	II прот.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	320	—	—	320	320	—	2,1	—	1,0
10	256	—	15	270	285	—	3,1	1,8	1,1
14	260	—	—	256	180	—	3,0	2,6	1,12
30	140	—	—	140	140	—	2,0	3,0	1,1
48	325	—	—	325	325	—	3,1	3,0	1,1
64	210	—	—	210	210	—	2,1	—	1,0
0	270	—	—	270	270	—	1,9	—	1,0
10	210	52	110	372	208	50	2,9	2,8	1,1
14	93	160	54	307	100	150	2,9	2,6	1,11
30	140	140	28	308	140	140	1,9	3,0	1,12
48	320	—	—	320	320	—	3,0	—	1,0
64	200	—	—	200	200	—	2,0	—	1,0
0	20	—	—	—	25	—	1,3	—	1,05
10	205	42	150	397	205	42	1,4	1,9	1,1
14	90	110	122	322	90	110	1,7	2,8	1,12
30	130	129	154	418	134	129	1,7	2,8	1,12
48	72	202	72	346	72	202	1,8	2,85	1,15
64	188	—	—	188	188	—	1,7	—	1,1
0	19	—	—	19	19	—	0,5	—	1,1
10	185	40	150	375	185	40	1,2	1,0	1,8
14	90	92	123	325	90	92	2,35	2,2	1,1
30	114	83	84	281	114	84	1,4	2,4	1,1
48	217	—	—	217	—	—	2,35	—	1,1
64	160	—	—	160	160	—	1,15	—	1,15
0	13	—	—	13	—	—	0,7	—	1,12
10	155	32	175	362	55	32	1,0	0,85	1,21
14	48	110	48	206	48	100	1,8	1,8	1,20
30	100	110	72	282	100	72	1,0	2,15	1,20
48	135	—	—	135	135	—	1,7	—	1,21
64	150	—	—	150	150	—	0,9	—	1,20
0	8	—	—	—	8	—	0,6	—	1,7
10	73	18	240	337	73	18	0,45	0,3	1,4
14	42	24	235	301	42	24	1,0	1,0	1,42
30	73	42	155	270	73	42	0,35	1,5	1,41
48	80	—	—	80	80	—	0,95	—	1,4
64	148	—	—	148	148	—	0,6	—	1,4

Продолж. таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	К-25	370	370	—	—	0	0	1,8
10	4,32	—	320	360	43	—	0,2	—	1,7
14	33,0	14,0	250	297	33	14	0,5	0,5	1,6
30	—	33,0	235	273	—	32,0	—	1,0	1,6
48	16,0	—	320	336	16	—	0,5	—	1,6
64	54,0	—	154	803	54,0	—	0,35	—	1,6
0	1,1	К-26	—	350	370	—	—	0	0
10	7,0	—	—	—	—	—	—	0	0
14	—	—	2,52	2,52	—	—	0	0	1,6
30	—	—	256	250	—	—	0	0	1,6
48	25	—	280	305	25	—	0,2	—	1,6
64	0	—	200	200	—	—	0,1	0,0	1,6

ем числа относительной плотности фотографического изображения.

Таким образом, полученная нами динамика распределения ширины, глубины и мутности потока р. Амударьи в районе канала «Искра» относительно величины фотографического изображения космической съемки дает возможность сократить время и средства, затрачиваемые при определении вышеуказанных гидравлических элементов и характеристик потока и русла.

По этой методике определялись глубина и мутность в подводящей части канала «Искра». Глубина и мутность воды в потоке и изменение по глубине совпали с натурными величинами до отстойника канала. При чистой воде они оставались постоянными величинами.

Задачи дальнейших исследований заключаются в определении мутности и глубины потока, соответствующих одному делению К — относительной величины плотности фотографического изображения при изобилии съемок и натурных данных и оценки точности разработанной методики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондратьев Н. Е., Попов И. В., Смирнов Б. Ф. Основы гидро-морфологической теории руслового процесса. Л.: Гидрометиздат, 1982. С. 10.
2. Глушко Е. В. Опыт применения системного подхода к изучению современных ландшафтов по космическим снимкам // Исследование земли из космоса. 1990. № 1.

ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ИОНОВ КАДМИЯ, ЦИНКА В РАСТВОРАХ И СПОСОБЫ ИХ ОЧИСТКИ

Основными источниками загрязнения водных бассейнов Республики Узбекистан являются сельскохозяйственные, промышленные и коммунально-бытовые стоки. Ежегодно в реки сбрасывается более 300 млн м³ промышленных сточных вод, содержащих различные вредные и токсичные вещества. К основным отраслям промышленности, загрязняющим водные бассейны, относятся: химическая, цветная и горная металлургия, а также все заводы, занимающиеся гальванопокрытиями.

Наблюдения последних лет свидетельствуют о том, что вода водоемов содержит не только микрокомпоненты, но и такие токсичные элементы, как цинк и кадмий.

Быстрое развитие отраслей промышленности, особенно гальванопокрытий, в республике привели к образованию значительного количества сточных вод, загрязненных различными химическими веществами, в частности цинком, кадмием и др. Повышение требований к качеству вод обуславливает широкое применение различных методов их очистки.

До сих пор для выделения цинка и кадмия из сбросных растворов и отходов используют метод осаждения в виде неорганических и органических соединений. Для этого необходимо иметь представление о состоянии цинка и кадмия в растворах в зависимости от кислотности среды, так как в кислых растворах цинк и кадмий могут существовать в различных ионных формах.

Состав этих ионов и количественные соотношения между ними зависят от степени кислотности, ионной силы и температуры раствора и других характеристик рассматриваемой системы. Знание о состоянии цинка и кадмия в растворах дало бы возможность активно влиять на скорость процесса осаждения.

В данном обзоре рассмотрены вопросы извлечения, выделения и очистки промышленных сточных вод от цинка и кадмия различными методами: осаждением, флотацией, ионообменом и электрохимией.

1. СОСТОЯНИЕ ЦИНКА И КАДМИЯ В РАСТВОРАХ

В соответствии с местом, занимаемым цинком в ряду напряжений, он легко растворяется в разбавленных кислотах с выделением водорода. При растворении цинка в азотной кислоте водород не выделяется, а расходуется на восстановление кислоты, при этом концентрированная кислота восстанавливается до окислов азота,

разбавленная до аммиака. Растворение в концентрированной H₂SO₄ сопровождается выделением не водорода, а двуокиси серы.

Цинк довольно легко растворяется в щелочах, а также водных растворах аммиака и хлорида аммония, особенно при нагревании. Очень чистый цинк растворяется медленно, и для ускорения процесса рекомендуется вводить в раствор несколько капель сильно разбавленного раствора сульфата меди [1].

В химических соединениях цинк двухвалентен. Ион Zn²⁺ бесцветен, может существовать в нейтральных и кислых растворах. В щелочном растворе гидроокись цинка ведет себя как ангидро-кислота, т. е. переходит в раствор в виде гидроцинкат-ионов за счет присоединения ионов гидроксила. Образующиеся соли называются цинкатами (гидроцинкатами). Известны соли три-, тетра-, гексагидроцинкатов: Me[Zn(OH)₃], Me[Zn(OH)₄], Me[Zn(OH)₆]. Некоторые из цинкатов были выделены в твердом состоянии, например, Na[Zn(OH)₃], Na₂[Zn(OH)₄], Na₂[Zn(OH)₆]·2H₂O, Ba₂[Zn(OH)₆], причем только пяти модификаций: α-, β-, γ-, δ- и ε-Zn(OH)₂. Устойчива лишь последняя модификация, в которую и превращаются остальные менее стабильные модификации. Есть указание, что у свежесозданной гидроокиси цинка произведение растворимости равно 3·10⁻¹⁶.

Хлорид цинка склонен к образованию комплексных солей, отвечающих общим формулам от Me[ZnCl₃] до Me[ZnCl₆]. Однако наиболее устойчивыми являются соли, в которых около атома цинка координируются четыре аниона хлора и состав большинства солей соответствует формуле Me[ZnCl₄]. Как показало изучение Раман-спектров [2], в растворах хлорида цинка, в зависимости от концентрации, могут присутствовать ионы [Zn(H₂O)₆]²⁺, ZnCl₂(aq), [ZnCl₄(H₂O)₂]²⁻ и не обнаружены ионы [ZnCl₃] или [ZnCl₅]²⁻.

Концентрированные растворы галогенидов имеют кислую реакцию вследствие образования комплексных кислот H[ZnX₂(OH)] или H₂[ZnX₂(OH)₂]. В разбавленных водных растворах галогенид цинка легко подвергается гидролизу, его водные растворы имеют кислую реакцию.

В работе [3] было исследовано образование смешанных хлоридно-сульфатных и бромидно-сульфатных комплексов цинка в растворах.

Потенциометрическим методом с использованием в качестве индикаторных металлоамальгамных электродов изучено при 25°C образование цинка в смеси растворов хлорида (бромид), сульфата, перхлората лития при значениях μ, равных 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 и 4,0. Стабильность смешанных комплексов сопоставлена с устойчивостью однородных комплексных ионов.

Методом потенциометрического титрования изучено состояние

ионов Zn^{2+} в растворах с постоянной ионной средой 3 мол $(Na)ClO_4$ при $60^\circ C$ и концентрации 0,6—1,2 мол/л. Определены доминирующие формы Zn_2OH^{3+} . Рассчитаны константы гидролиза для Zn^{2+} $\log \beta_{12} = -7,62$, $\log \beta_{11} = -9,5$ [4].

Известны формы еще более гидролизованные, с переменным содержанием гидроокиси цинка.

Сульфат цинка $ZnSO_4 \cdot 2H_2O$ растворим в избытке сульфитов щелочных металлов с образованием комплексов типа $[Zn(SO_4)_2]^{2-}$.

Аммиакаты — комплексные соединения цинка с аммиаком. Несмотря на большую растворимость удалось выделить в кристаллической форме целый ряд комплексов вида $[Zn(NH_3)_2]K_2$ (соли диамминцинка) и $[Zn(NH_3)_4]K_2$ (соли тетраамминцинка). Цинк образует значительное количество комплексов различной прочности. Отсутствие в комплексах цинка стабилизации лигандов приводит к тому, что их стереохимия зависит только от размера и от электростатической и ковалентной составляющих связи.

Оксалат цинка ZnC_2O_4 способен к образованию обычных комплексных анионов типа $[Zn(C_2O_4)_2]^{2-}$ [5].

Известно значительное число комплексов цинка с органическими соединениями основного характера. В зависимости от условий могут образовываться соединения двух типов. К первому из них относятся соединения, где органический реагент непосредственно связан с ионом цинка и образует типичный комплекс внедрения. Ко второму типу можно отнести соединения, в которых органическое основание играет роль катиона, дающего соли с теми или другими ацидокомплексными анионами цинка. Эти соединения по характеру связи с органическими реагентами по существу относятся к обычным ионным ассоциатам.

В водных растворах кадмий находится в двухвалентном состоянии. Однако имеются данные, свидетельствующие о существовании соединений Cd_2O и $CdCl$, в которых кадмий одновалентен [6, с. 180].

При его взаимодействии с водой образуется металлический кадмий и Cd^+ , поэтому неудивительно, что в водных растворах не удалось обнаружить присутствия ионов Cd^+ [7, с. 197].

Оксалат кадмия растворим в концентрированных растворах хлоридов щелочных металлов с образованием $K_4[Cd_2Cl_2(C_2O_4)_3] \times 6H_2O$ [7, 9].

Аммиакат кадмия $[Cd(NH_3)_4]^{2+}$ получается при действии аммиака на $Cd(OH)_2$ и соли кадмия. В зависимости от условий в растворах могут существовать и другие аммиачные комплексы, содержащие от 1 до 6 молекул NH_3 [8]. Аналитическое применение аммиаката кадмия основано на его способности давать осадки с крупными неорганическими анионами.

При добавлении большого избытка галогенида щелочного металла в кадмийсодержащий раствор образуются труднораствори-

мые комплексы типа $Rb_4[CdCl_6]$ и $Cs_4[CdCl_6]$, которые используют для чувствительного микрокристаллокопического определения Cd [10].

2. ЭКСТРАКЦИЯ

Метод тонкослойной хроматографии (ТСХ) использован для разделения редкоземельных и др. металлов. При применении в качестве подвижной фазы (ПФ) смеси монотетрадецилфосфорной кислоты-эфира — концентрированной HNO_3 (4:40:0,8) достигнуто полное разделение от La , Ce , Pr , Nd , Sm , Eu , Cd , а также их отделение от Cd или Co , Pb , Cu и Zn [11].

В качестве реагента для извлечения кадмия из экстракционной фосфорной кислоты был использован твердый N,N -дифенилдитиокарбамат натрия. Степень очистки кислоты от Cd достигает 100%. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности предлагаемого способа, однако в современных условиях в промышленном масштабе его осуществление не экономично. Еще можно извлечь кадмий из необработанных природных фосфатов (при получении фосфорных удобрений) [12, 13].

Известно удаление кадмия из 55—65%-ной H_3PO_4 при $90^\circ C$ в присутствии малых количеств галогенов. Коэффициент распределения кадмия при добавлении иодид-иона в количестве нескольких сотен мг/кг, достигает нескольких тыс. ед. [14].

Исследована экстракция кадмия из солянокислых растворов с высокой концентрацией новым экстрагентом амидом — N_{503} , имеющим структуру $RR'-N-CO-CH_3$. Кадмий извлекается в виде комплекса $(N_{503}H)_2CdCl_4$. Реакция экзотермическая [15].

Изучены основные факторы, влияющие на концентрацию кадмия в сточных водах (СВ) гальванических производств. Статистический анализ экспериментальных данных подтвердил зависимость концентрации кадмия от исходной концентрации железа и щелочных металлов. Влияние pH оказалось менее значительным [16].

Определен коэффициент ионообменного распределения $(K_d)Cd^{2+}$ и Zn^{2+} при сорбции их катионитом $CS-3$ (сульфированный полистирол с 8% дивинилбензолом) в H^+ форме из водных растворов с различной концентрацией HCl (0,1—2,0 М), а также из водно-ацетоновых растворов HCl с содержанием ацетона 20—90% и концентрацией HCl 0,2—1,0 М. Показано, что в системах H_2O-HCl величины K_d обоих ионов резко снижаются при увеличении концентрации HCl . В системе ацетон — H_2O-HCl наблюдается снижение величин K_d с ростом концентрации как ацетона, так и HCl . Осуществлен выбор оптимальных условий хроматографического разделения Zn^{2+} и Cd^{2+} [17].

3. ЭЛЕКТРОХИМИЯ

Методами термохимии, хронопотенциометрии, потенциодинамических и импедансных измерений, установлено, что процессы структурообразования в смешанном водном диметилформамидном электролите кадмирования определяют природу адсорбирующихся и восстанавливающихся частиц на электродах. Показано, что в присутствии анионов фтора кадмий является поверхностно неактивным и некоординирующим. В смесях, богатых водой, в разряде участвуют комплексы кадмия с адсорбированными на электродах молекулами органического растворителя, тормозящие катодный процесс [18].

Показана возможность реализации трех энергетических состояний кадмия в зависимости от предварительной обработки электрода и условий электролиза [19].

Сообщается, что регенерацию Cd и Zn можно проводить электролизом раствора ванны улавливания. Для электролиза использовали титан-диоксидно-марганцевые аноды [20].

В работе [21] описано влияние пленки гидроксида цинка на электроосаждение сплава железо-цинк. Показано, что в сульфатных растворах, особенно при низких pH, наблюдается осаждение выпадением на поверхности осадка гидроксида цинка, при этом выход катодного тока уменьшается с ростом содержания железа в поверхности катода и снижением pH. В хлоридных растворах, за счет высокой концентрации Cl^- , на поверхности образуется смешанная пленка гидроксидов цинка и железа и при всех условиях происходит, близкое к нормальному, осаждение с выходом по току 90%.

Приведены результаты лабораторных исследований по электрохимической очистке СВ от никеля, меди и цинка с использованием катодов из титана и металлооксидных анодов, не подвергающихся электрохимическим реакциям. Для сокращения затрат электроэнергии при очистке СВ, содержащих одновременно ионы меди, никеля и цинка или только ионы цинка, рекомендовано проводить электрохимическую обработку СВ с использованием помещаемых в электролизер анодов двух видов из углеродистой стали и металлооксидных [22].

Установлена целесообразность применения NaF в смеси с хлоридными солями для снижения удельного расхода электроэнергии за счет увеличения электропроводности расплавов [23].

Использованы Pt-Ag-анод и Zn-катод, изготовленные из прокатного цинка или полученные электрохимическим путем. Показано, что добавки поверхностно-активных веществ (ПАВ) способствуют увеличению выхода по току и что при интенсивном осаждении цинка, без глубокой очистки электролита от примесей получают металл высокой частоты [24].

Изучено влияние условий электроосаждения на морфологию осадков, получаемых в псевдодвумерной электрохимической ячейке, работающей по трехэлектродной схеме. Zn осаждали в растворах ZnSO_4 без и с добавкой фоновых электролитов (Na_2SO_4 , H_2SO_4) [25].

Рассчитаны зависимости эффекта ингибирования реакции электровосстановления Zn^{2+} от степени покрытия электрода адсорбатом. Показано хорошее соответствие реagentных и экспериментальных кривых [26].

Изучены модельные растворы ванн улавливания после цинкования. Опыты проводили в трехкамерной мембранной ячейке с пористыми катодами [27].

В работе [28] показана возможность рекуперации цинка из различных промывных растворов с помощью углеродных волокнистых электродов.

4. ИОННЫЙ ОБМЕН, СОРБЦИЯ ПРИРОДНЫМИ И ФОСФАТНЫМИ СОРБЕНТАМИ

В работе [29] показана возможность извлечения Ni^{2+} и Cd^{2+} из водных растворов сульфатов с помощью ионообменных смол (ИС).

Статическим методом, на примере Cd^{2+} , Cr^{3+} и Th^{4+} изучено установление равновесия при сорбции разнозарядных ионов на макропористом фосфоновокислотном катионите КРФ-20т-60 [30, 31].

Изучена температурная зависимость процесса сорбции ионов ионитом Lewatit S-1080. Получены результаты, представляющие ценность для составления методик аналитического выделения макроколичеств Cd^{2+} из имеющих высокий солевой фон водных сред, в частности, некоторых видов СВ [32].

Показано, что в процессе получения фосфорной кислоты последней можно очистить от примесей Cd^{2+} методом ионного обмена на анионитах за счет сорбции комплексов Cd^{2+} с бромидом и иодидом, которые в небольших количествах вводят в раствор. Приведены данные, подтверждающие, что сильноосновной анионит при 90°C сорбирует комплекс более селективно, чем иодид.

Проведены исследования, показывающие пригодность волокнистого ионита для очистки сточных вод производства полиокси-пропиламина [33, 34].

Изучен механизм сорбции ионов Cu^{2+} и Cd^{2+} на карбоксильном ионите КБС. Выявлено влияние степени сшивки и зернения сорбента, температуры и концентрации раствора на скорость ионообменной сорбции [35].

Для селективной сорбции Cd и Hg синтезирован новый неорганический ионообменник на основе фосфата Sb(V). Проведены лабораторные исследования по сорбции и регенерации [36].

В работе [37] описана адсорбция цинка, кадмия и меди на активированных углях, полученных из отходов сельскохозяйственного производства.

Приведены данные по влиянию ряда аминокислот на величину сорбции Cd^{2+} и Zn^{2+} . Показано, что аланин, глицин и глютаминовая кислота не влияют на величину сорбции, в то время как гистидин, в сравнительно высокой концентрации, ее подавляет [38].

В работах [39, 40] приведены данные по адсорбционной очистке поглощения ионов Zn^{2+} из водных растворов непористым кремнеземом кабоксилатом, γ -оксидом алюминия, а также кристаллическими и аморфными алюмосиликатами в интервале pH от 4 до 8.

В статических условиях, в водных растворах при 95°C , исследовано поведение синтетического гидроксилапатита $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$ при обмене ионов Ca^{2+} на ионы Zn^{2+} , Cd^{2+} и Hg^{2+} [41].

Приведены результаты лабораторных опытов, цель которых состояла в изучении сорбционных свойств глауконитового песка (ГП) по отношению к ионам тяжелых металлов (Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+}) и аммония (NH_4). Показано, что количество удаляемых ионов тяжелых металлов зависит от pH-обработанной воды, месторождения ГП и способа его предварительной обработки. С увеличением pH от 2,5 до 8,0 степень удаления Pb^{2+} и Cd^{2+} возрастала, а для Zn^{2+} снижалась [42].

В статических и динамических вариантах исследована возможность использования торфа для сорбции следов Cu, Ni, Co и Zn из кислых и нейтральных вод шахтной дренажной системы [43].

Исследована кинетика ионов Cd^{2+} и Zn^{2+} , предварительно сорбированных на четырех образцах бентонитовых глин месторождений Алжира с помощью раствора NaCl концентрацией 100 г/л. Показано, что она лимитируется внутренней диффузией, причем эффективный коэффициент внутренней диффузии определяется исходным количеством сорбированного глиной иона [44].

В работе [45] описано применение неорганических сорбентов для концентрирования при определении микроколичеств меди, цинка, ртути.

Проведены исследования по осаждению гидроксида цинка в системе $\text{Zn}(\text{OH})_2\text{—NaCl—H}_2\text{O}$ при температурах $20\text{—}80^\circ\text{C}$, направленные на решение проблемы утилизации элюатов, получаемых при регенерации ионообменных колонн очистки сточных вод производства пергаментированного картона [46].

5. ФЛОТАЦИЯ, ОБРАТНЫЙ ОСМОС

В работах [47, 48] изучены влияние времени старения коллоидных растворов мыл кадмия на эффективность флотационного выделения из них дисперсной фазы и кинетика процесса электрофлотации гидроксида кадмия.

С использованием метода импедансных измерений и вращающегося дискового электрода исследовано влияние магнитного поля на процесс электроосаждения Zn и изменение скорости, определяющей стадию реакции выделения Zn [49].

Приведены основные характеристики СВ, образующихся при различных процессах металлообработки, прежде всего нанесение гальванопокрытий. На полупромышленной установке проведено исследование процесса очистки гальванических СВ от кадмия и др. компонентов [50].

6. МЕТОДЫ ОСАЖДЕНИЯ (ФЛОКУЛЯНТЫ, КОАГУЛЯНТЫ)

Очистка СВ путем химического осаждения проводится во 2 стадии, причем на первой стадии осуществляется удаление суспендированных, коллоидальных и растворенных примесей при точном регулировании величины pH и использовании в качестве флокулянта раствора Fe^{3+} [51].

Спектрофотометрическими исследованиями изучено влияние мицеллярных растворов бромида цетилтриметиламмония и смешанных растворов и неионных ПАВ (третон X-100, бридж-35 и др.) на константу комплексообразования Cd^{2+} с ПАР (1-(2-пиридилазо)-резорцин) [52].

В работах [53, 54] представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований, проведенных с целью установления кинетических закономерностей и разработана модель процесса изъятия Cd и Zn водорослями.

Селективную концентрацию Cd из водных растворов предложено проводить с использованием культуры водоросли *Stichococcus Bacellaris*, предварительно подвергнутой термообработке и лиофилизации.

В работе [55] изучено удаление кадмия из сточных вод в проточном ферментере. Опыты на проточном ферментере показали, что при концентрации Cd в поступающей СВ 6 мг/л эффект снижения Cd более 97%, содержание в биомассе 2,9%.

В работе [56] описана одна из крупнейших в США установок для очистки СВ гальванического производства. Производительность установки 60 м³/ч. После обработки цианосодержащих СВ NaClO и хромсодержащих NaHSO_3 , нейтрализации их NaOH со-

вместно с другими СВ и осветления в отстойнике СВ подвергаются доочистке.

На предприятиях цветной металлургии, как показали результаты проведенной в 1990 г. (в соответствии с указаниями Госкомстата СССР) инвентаризации, образуются токсичные отравляющие вещества четырех классов опасности. Рассмотрены пути обезвреживания токсичных веществ по четырем классам [57].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Живописцев В. П., Селезнева Е. А. Аналитическая химия цинка. М.: Наука, 1975.
2. Irving H., Bell C. F., Williams R., J. J. Chem. Soc., 1952, 356.
3. Федоров В. А., Черникова Г. Е., Кузнецких М. А., Кузнецова Т. Образование смешанных хлоридно-сульфатных и бромидно-сульфатных комплексов цинка и кадмия в растворах // Х. неорг. химии. 1975 Т. 20. Вып. 11. С. 2912.
4. Бурков К. А., Гармаш Л. А. Исследование гидролиза ионов кадмия и цинка в среде 3 мол (Na)ClO₄ при 60°C // Ж. неорг. химии. 1977. Т. 22. Вып. 2. С. 536.
5. Яцимирский К. Б., Васильев В. П. Константы нестойкости комплексных соединений. М.: Изд. АН СССР, 1959.
6. Латимер В. Окислительные состояния элементов и их потенциалы в водных растворах. М.: ИЛ, 1954.
7. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия. Ч. 2. М.: Мир, 1969. С. 465, 468.
8. Реми Т. Курс неорганической химии. Т. II М.: Мир, 1966. С. 476.
9. Синагава М., Янаги Т., Гото М. Бунсэки кагаку. 15, 149 (1966): РЖХим. 1966. 18Г26.
10. Щербов Д. П., Матвеев М. А. Аналитическая химия кадмия. М.: Наука, 1973.
11. Luo H., Xie R., Zheng K. Хэхуасюэ юй фанше хуасюэ, J. Huat and Radibehem, 1986, 8, N 3, 185—188.
12. Badania nad usuwaniem nadmu Z. ekstrakcyjnego kwasu fosforowego. Ref i komun 13. Zjazd naul. «Chem niorgan związki fosfor». Wroclaw, wrzes, 1990.
13. Fremt bangsmade til fierneise af Cadmium fra rafocfat Hundebel S. F. L. Smidth & Co A/S. Заявка 149744.
14. Removal of cadmium by anion exchange in a wet phosphoric acid process. Part 1. Chemistry. Tjioe T. T., Weij P., Wesselingh. J. A., Posmalen «G. M. Van «Solv., Extr. and Ion Exch.», 1988, 6, N 2. 235—360.
15. Recovery of cadmium from hydrochloric acid waste solution by anion extraction/Zhao S., Zhou Q., Hong O. // Proc. 1st Conf. Hydromet., Beijing, 1988, ICHM—88. Beijing: Oxford ect, 1989, 241—245.
16. Faktory ovplyvnujuce zbytkovu koncentraciu kadmia v odpadovych vodach. Vojtas Bohumil, Sramko Tibor. «Chem. Prom», 1987, 37, N 2, 98—101.
17. Distribution coefficients and cation exchange behaviour of Cd(II) and Zn(II) ions in water—hydrochloric acid and acetone—water—hydrochloric acid media Marcu Gheorghe, Crivel Liviu, Pascu, Nicolae. «Stud. Univ. Babes—Bolyar, Chem. 1987, N 32, N 2, 64—67.
18. Кузнецов В. В., Боженко Л. Г., Кучеренко С. С., Федорова О. В. Эффект анионов фтора при электроосаждении кадмия из воднодиметилформамидного электролита // Изв. Вузов. Химия и хим. техн. 1988. № 3. С. 69—72.

19. Браинина Х. З., Никифоров В. В. Энергетическое состояние кадмия, осажденного электрохимически на монокристаллическом селениде кадмия из сульфатных электролитов // Электрохимия. 1989. 25. № 9. С. 1237—1242.
20. Байрачный Б. И., Трубицкова Л. В., Скорикова В. Н., Кравцова Л. В. Электролиз отработанных металлосодержащих растворов с применением титан-диоксидно-марганцевых анодов // Укр. респ. конф. по электрохимии. Ужгород, 18—21 сент., 1990 г. /Тез. докл. Вып. 2. Ужгород. 1990. С. 3.
21. Влияние пленки гидроксида на электроосаждение сплава железо-цинк /Куопо К. е. а // Дзайре то куросэсу Cuss. Adv. Mater. and Process. 1988, 1, № 2. С. 698.
22. Вергунова Р. В., Геннин В. Е. Электрохимическая очистка сточных вод от никеля меди и цинка. М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1990. С. 18—22.
23. Литвинов А. П., Григорьев В. Д., Рыбаков А. Б. О применении фторидов в электролизе расплавленных многокомпонентных систем для получения цинка // Кол. семин. по эл. хим. редк. и цв. мет. /Тез. фокл. Апатиты. 1989. С. 35.
24. Караваева М. С., Карашевнов С. И. Применение цинковых катодов для электроосаждения цинка при повышенных плотностях тока в присутствии ПАВ // Ж. прикл. химии. 1988. 61. № 3. С. 499—502.
25. Morphological evolution in Zinc electrode position/Kohanda G. L., M. K. S. Tomkiewicz Micha N. J. Electrochem. Soc. 1989, Bb, N 5, 1497—1502.
26. Miyaki Michihiro, Nagayama Yoji, Goto Atsushi, Suzuki Takashi «Hunnok karaky Найси, Ind. Chem». 1988. N 4. 635—639.
27. Асташко В. Н., Хомак С. Г., Воропаев Л. Е., Сенин В. И. Утилизация цинка из вани непроточной промывки. Безотход. технол. хим., нефтехим., гальван. производств и стройиндустр. // Ресурсосбережение—90. /Тез. докл. 2 обл. межотрас. техн. конф., посвящ. 73-летию В. Октябр. революции. Куйбышев, 1990. С. 30.
28. Воронцов В. К., Косолапова И. А. Рекуперация цинка из промывных вод гальванического производства с применением УВЗ // Тез. докл. Регион. совещ. 11—13 июня, 1989. Цинк—89. Куйбышев, 1989. С. 54—55.
29. Eliminating heavy metals through ion exchange/Ma shishew, Hoell W. H., Eberle S. H. // CEW, Chem. Eng. World—1989, 24, N 9, 39—43.
30. Разбаш А. А., Севостьянов Ю. Г., Кузьмина М. А., Быковский Д. Н. Некоторые кинетические закономерности обмена разновалентных ионов на фосфоновокислотном катионе // Физ. энерг. институт Обнинск Препр. 1987. № 1855. С. 1—12.
31. Мейчик Н. Р., Лейкин Ю. А., Колосова И. Ф., Погребенская Ю. Р. Исследование кинетических закономерностей сорбции некоторых ионов металлов фосфорсодержащими катионами // Коорд. хим. 1987. 13. № 12. С. 166—169.
32. Separation of cadmium from hot waters by ion exchange resins/Gerjan—Stefanovic, S. Kastelan—Macan M., Blanusa M., Bokic L. /Environ. Prot. Eng. 1988—90, 14, N 3—4, 111—115.
33. Removal of cadmium by anion exchange in a wet phosphoric acid process. Tjioe T. T., Weij P., Rosmalen G. M., Va «Wold Congr. III. Chem. Eng. Tokyo, Sept. 21—25, 1986, Vol. 2». S. I., S. a 925—928.
34. Смирнов Г. Г., Полетаева А. М., Иванова Г. В., Надежина Н. А., Галунова З. Н. Очистка волокнистыми ионитами сточных вод производства полиоксипропиленаминов // Технол. получ. орган. продуктов и перекисы водорода. Л., 1986. С. 24—26.
35. Наумова Л. Б., Чашина О. В. Кинетика поглощения ионов меди (II) и кадмия на карбоксильном серосодержащем ионообменнике // Физ. химия. 1987. 61. № 9. С. 2429—2433.

36. Synthesis, characterization, and ion exchange behaviour of antimony (V) phosphate selective adsorption of cadmium and mercury on its column/Varshmy K. G. Safety. 1989—18, N 1, 1—10.
37. Adsorption of zinc, cadmium, and copper of activated carbons obtained from agricultural byproducts. Ferro—Garcia M. A., Rivera—Utrilla J., Rodriguez—Gordillo J., Bautista—Toledo L. «Carbon», 1988, 26, N 3, 363—373.
38. Zhang Z., Liu Li, Wang X., Zhang W. Хайян юй хучжао. Oceanol. et limnol. Sin., 1987, 18, N 5, 450—458.
39. Adsorption of Zn(II) onto hydrous aluminosilicate/Huang C. P., Rhoads Elizabeth A./J. Colloid. and Interface Sci. 1989—131, N 2, 289—306.
40. Токбаева К. А., Широкова А. И., Сатыбалдиева Д. К. Исследование сорбции ионов цинка природными минеральными сорбентами/Ред. ж. Изв. АН Кирг. ССР. Сер. хим. технол. и Фрунзе, 1989, С. 7.
41. Miyaki Michihiro, Nagayama Yoji, Goto Atsushi, Suzuki Takashi. Ниппо к качасу найси. Ind. Chem., 1988, N 4, 635—639.
42. The removal of metals and ammonium by natural glauconite. Hao Oliver J., Tsai C. M., Huang C. P. «Environ. Int.», 1987, 13, N 2, 203—212.
43. Trace metal removal from stockpile drainage by peat. Lapakko kim, Eger. Paul. «Int. Circ. Bur. Mines U. S. Rep. Inter.», 1988, N 9183, 291—300.
44. Diffusion intraparticulaire du Cd(II) et du Zn(II) dans les argiles bentonitiques. Abdelouhab C., Ait-Amar H., Obertienov T. Z., Gaid A., «Bull. Soc. Chim. F. R.», 1987, N 5, 803—809.
45. Курарина Л. В. Применение неорганических сорбентов для концентрирования при определении микроколичеств меди, цинка, ртути/3—всес. совещ. по хим. реактивам, 19—23 сент. 1989/Тез. докл. Т. 3. Ашхабад, 1989, С. 112.
46. Кузнецова С. Ю., Акаев О. П., Кисилев А. Н. О механизме осаждения гидроксидных соединений цинка/Гетерогенные процессы хим. технол. кинет. дин. явления переноса/Левон. Нем. техн. ин-т. Иваново, 1990, С. 52—56.
47. Колесников В. А., Кочарев И. Исследование кинетики процесса электрофлотации гидроксида кадмия/Эл. химия. 1989, № 9, С. 1265—1267.
48. Синькова Л. А., Нилова О. В., Назар Мохаммад. Влияние времени старения коллоидных растворов мыл кадмия на выделение из них дисперсной фазы. Одесса, 1987, С. 10.
49. Yamashita Tsugito. Hagu Nolorm Киндзону хэмэн индзюцу. J. Metal. Finish. Soc. Jap., 1988, N 2, 94—96.
50. Removal of cadmium from metal processing wastewaters by reverse osmosis Slater C. S., Ferrari A., Wisniewski P. J., Environ. Sci. and Health, 1987, A22, N 8, 707—728.
51. Zinkrückgewinnung aus Mischag—Wasser der Viskosesudenproduktion als Beispiel der abproduktaren Technologie/Zachmann Stephan, Löttsch peter//Wiss. Z., Techn. Univ. Dresden. 1989—38, 51—55.
52. Qi W—B, Zhu L. Z. «Хуасюэ сюэбао Acta Chim. Sin.», 1987, 45, N 7, 707—710.
53. Uptake of cadmium and zinc by the alga chlorella vulgaris. Part 1. Individual ion species/Ting Y. P., Lawson F., Prince I. G. N. Biotechnol. and Bioeng. 1989—34, N 7, 990—993.
54. Pre-Concentration of cadmium from environmental Samples by an alga and analysis by graphite furnace atomic absorption spectrometry/Mai-di V., Holcombe J. A./3. Anal. Atom. Spectrom. 1989—4, N 5, 439—442.
55. Continuous flow fermentation to purify waste water by the removal of cadmium/Campbell R., Martin M. H./Water. Air, and Soil Pollut. 1990—50, N 3—4, 397—408.
56. A case history of removing cadmium from electroplating waste—water using calcium sulfide Edwards J. D., Cammarn J. W., «Proc. 41 St. Ind.

- Waste Conf. West Lafayette, Ind, May 13—15», Chelsea, Mich, 1987, 474—479.
57. Чалов В. И., Таужинская З. А., Дорохина Л. Н. Пути утилизации и обезвреживания токсичных отходов предприятий цветной металлургии. 1991, № 6, С. 42—44.

Э. Ж. МАХМУДОВ, Х. И. ЗАИРОВ, Э. СИБУКАЕВ, Е. П. ЮРОВА

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ВОДОХРАНИЛИЩ ПРИ СЛУЧАЙНЫХ КОЛЕБАНИЯХ СТОКА РЕКИ

Сток большинства рек и саев Узбекистана зарегулирован водохранилищами. Несмотря на то, что расчетные параметры водохранилищ устанавливаются исходя из расчетной обеспеченности водонисточников, прогнозирование и регулирование режима работы водохранилищ является довольно сложной и нерешенной проблемой. В качестве примера можно привести режимы

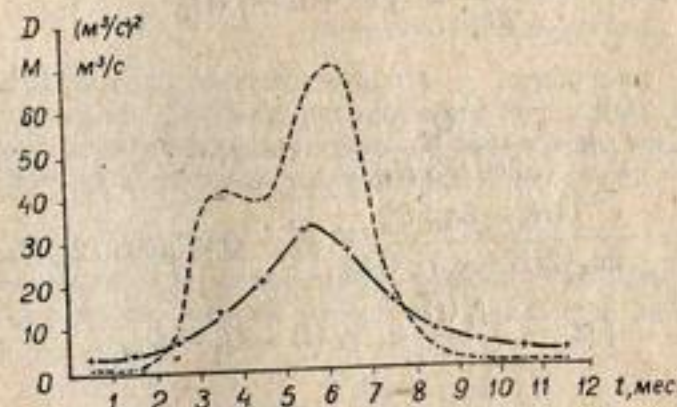


Рис. 1. Математическое ожидание (М) и спектр дисперсий (Д) средних месячных расходов воды р. Акдарья за 1927—1989 гг.

наполнения Гиссаракского (на р. Аксу) и Чимкуртанского (на р. Кашкадарье) водохранилищ. Вследствие отсутствия достоверных прогнозов о величине стока этих рек в течение всего весеннего сезона горизонт воды обычно держат на довольно низких отметках, чтобы удерживать максимальные расходы паводка. Поскольку поймы Аксу и Кашкадарьи в большей части освоены, пропускная способность собственно русел водотоков резко снизилась. Отсутствие точного прогнозирования стока рек приводит к тому, что ежегодно эти водохранилища или не набирают полезного объема, или затапливают нижележащие территории. Такой «не планируемый режим» наполнения и опорожнения водохранилищ нарушает также их наносной режим, вследствие чего срок их службы сокращается.

Задачей наших исследований является установление возможной изменчивости внутригодового стока малой реки и разработка оптимальных режимов (наполнение и опорожнение) эксплуатации водохранилища.

Сток воды в малых источниках изменяется в зависимости от природно-климатических условий, а также от антропогенного воздействия.

Нами проанализированы закономерности внутригодовой изменчивости стока за 1927—1989 гг. по данным гидропоста Хазарнова (рис. 1). Установлена вероятностная зависимость внутригодовой изменчивости стока р. Аксу, а также его влияние на режим работы Гиссаракского водохранилища.

Для моделирования режима регулирования водохранилища при случайном притоке используем линейное неоднородное дифференциальное уравнение вида [1]:

$$\frac{dz}{dt} = -kz + u + f(t), \quad (1)$$

где

$$k = \frac{Q_0}{2c(H_0)H_0}; \quad z = H - H_0;$$

$$u = -\frac{(4H_0 - 3a_0)Q_0}{2a_0(2H_0 - a_0)c(H_0)}\beta z; \quad Q = \mu b a_0 \sqrt{2gH_0};$$

$$f(t) = \frac{f_1(t)}{c(H_0)}; \quad f_1(t) = Q_0 - Q_{no}$$

H_0 — напор воды в водохранилище, соответствующий нормально подпертому уровню ($H_0 = \text{JHГЛУ} - \text{JГМО}$)

Q_{no} — среднегодовой расход реки (приток к водохранилищу), соответствующий расчетной обеспеченности;

$c(H_0) = L[B - 2m(H_0 - H)]$ — площадь зеркала воды при НПУ;
 L, B — длина и ширина зеркала воды при НПУ;

Q_0 — сброс воды из водохранилища при установившемся горизонте (H_0);

a_0 — открытие отверстия водосбросного сооружения;

$f_1(t)$ — случайное колебание притока воды в водохранилище;

Q_0 — расход (приток) воды в водохранилище;

H — уровень воды, соответствующий Q_0 ;

$\beta = \frac{\Delta a}{\Delta H}$ — коэффициент регулирования исполнительного механизма водосбросного сооружения;

$\Delta a = a - a_0$ — изменение открытия водопропускного отверстия;

b — ширина отверстия водовыпуска;

$\Delta H = H - H_0$ — изменение уровня при изменении расхода Q_{no} на Q_0 ;

φ — коэффициент скорости;

$\mu = \frac{\varphi}{\sqrt{\xi_c}}$, ξ_c — коэффициент сопротивления тоннельного водовыпуска.

Проанализировав закономерность изменения стока на р. Аксу в течение 53 лет, установили, что она подчиняется нормальному закону распределения случайных величин, для которого стандартная корреляционная функция имеет вид:

$$k(\tau) = D_f \cdot l^{-\alpha(|\tau|)} \exp(-\alpha|\tau|). \quad (2)$$

При известной корреляционной функции по известным преобразованиям Фурье можно найти спектральную плотность случайного стока

$$S_f(\omega) = \frac{D_f}{\pi} \frac{\alpha}{\alpha^2 + \omega^2}. \quad (3)$$

Для изучения случайных колебаний уровня воды в водохранилище при случайном притоке используем дифференциальное уравнение Ито [2], при этом случайные процессы получают в результате их действия на линейную систему белого шума, названную фильтром:

$$\frac{df(t)}{dt} = \alpha f(t) + \dot{v}(t), \quad (4)$$

где $\dot{v}(t)$ — белый шум, тогда

$$f(t) = \int_{-\infty}^t e^{-\alpha(t-\tau)} \dot{v}(\tau) d\tau \quad (5)$$

или

$$\hat{f}(t) = \sum \dot{v}_i e^{-\alpha(t-t_i)} l(t-t_i), \quad (6)$$

где $l(t-t_i)$ — единичная функция Хевисайде.

Для функции (6) будет выполняться равенство:

$$\psi(t) = q\hat{f}(t), \quad (7)$$

где

$$q = \frac{A(\alpha)}{G(\alpha)} = \frac{\alpha + k}{\alpha + \sqrt{m^2 + k^2}},$$

$$\psi(t) = (P + \sqrt{m^2 + k^2})z.$$

Тогда

$$(P + \sqrt{m^2 + k^2})z = q\hat{f}(t) \quad (8)$$

или после деления этого выражения на q получим

$$(P + k)z = \left(\frac{q-1}{q}P + k - \frac{1}{q}\sqrt{m^2 + k^2} \right) z \cdot \hat{f}(t). \quad (9)$$

При сравнении уравнений (1) и (9) выводим оптимальный закон управления при случайной стационарной функции $\hat{f}_1(t)$ со спектральной плотностью вида (3):

$$u = \left(\frac{k - \sqrt{m^2 + k^2}}{\alpha + k}P + \frac{\alpha k - m^2 - \alpha\sqrt{m^2 + k^2}}{\alpha + k} \right) z. \quad (10)$$

Далее для нахождения спектральной плотности изменения уровня z и управления u положением затворов водопропускных сооружений при случайном $\hat{f}_1(t)$ используем уравнение

$$z = \frac{q}{p + \sqrt{m^2 + k^2}} \hat{f}(t), \quad p = \frac{d}{dt} \quad (11)$$

и получим

$$S_z(\omega) = \frac{q^2}{\omega^2 + m^2 + k^2} \frac{D_f}{\pi} \frac{\alpha}{\alpha^2 + \omega^2}, \quad (12)$$

$$S_u(\omega) = \frac{(q-1)^2 \omega^2 + (kq - \sqrt{m^2 + k^2})^2}{\omega^2 + m^2 + k^2} \frac{D_f}{\pi} \frac{\alpha}{\alpha^2 + \omega^2}. \quad (13)$$

Из формул (12) и (13) вычислим дисперсии стационарных случайных процессов $z(t)$ и $u(t)$

$$D_z = \langle z^2 \rangle = \frac{D_f}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{q^2}{\omega^2 + m^2 + k^2} \frac{\alpha}{\alpha^2 + \omega^2} d\omega =$$

$$= D_f \frac{(\alpha + k)^2}{\sqrt{m^2 + k^2} (\alpha + \sqrt{m^2 + k^2})^2}, \quad (14)$$

$$D_u = \langle u^2 \rangle =$$

$$= \frac{D_f}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{(q-1)^2 \omega^2 + (kq - \sqrt{m^2 + k^2})^2}{\omega^2 + m^2 + k^2} \frac{\alpha}{\alpha^2 + \omega^2} d\omega =$$

$$= D_f \left[\frac{(k\alpha - m^2 - \alpha\sqrt{m^2 + k^2})^2 + \alpha\sqrt{m^2 + k^2}(k - \sqrt{m^2 + k^2})^2}{\sqrt{m^2 + k^2} (\alpha + \sqrt{m^2 + k^2})^2} \right], \quad (15)$$

или среднеквадратичные отклонения u и z к $\hat{f}(t)$ равны

$$\sigma_z = \sigma_f \left[\frac{\alpha + k}{\alpha + \sqrt{m^2 + k^2}} \frac{1}{\sqrt{\sqrt{m^2 + k^2} (\alpha + \sqrt{m^2 + k^2})}} \right], \quad (16)$$

$$\sigma_u = \sigma_f \left[\frac{1}{\alpha + \sqrt{m^2 + k^2}} \times \right.$$

$$\left. \times \sqrt{\frac{(k\alpha - m^2 - \alpha\sqrt{m^2 + k^2})^2 + \alpha\sqrt{m^2 + k^2}(k - \sqrt{m^2 + k^2})^2}{\sqrt{m^2 + k^2} (\alpha + \sqrt{m^2 + k^2})}} \right].$$

где $T_* = \alpha^{-1}$ — время переходного процесса фильтра, формирующего случайный процесс $\hat{f}(t)$.

m — численный параметр, связывающий соотношения z и u в зависимости от различных факторов, влияющих на нормальную работу водохранилища (испарение, фильтрация и заиление).

Для поиска оптимального режима регулирования водохранилищем при вышеприведенных вероятностных свойствах возмущения приток $\hat{f}_1(t)$ используем метод оптимизации закона управ-

ления, основанный на минимизации квадратичного функционала вида [3]:

$$I = \int_{-\infty}^{\infty} (m^2 z^2 + u^2) dt = m^2 \langle z^2 \rangle + \langle u^2 \rangle, \quad (17)$$

с учетом (15) уравнение (17)

$$\begin{aligned} I &= m^2 D_z + D_u = \\ &= D_z \left[\frac{m^2 (\alpha + k)^2}{\sqrt{m^2 + k^2} (\alpha + \sqrt{m^2 + k^2})^2} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{(k\alpha - m^2 - \alpha \sqrt{m^2 + k^2})^2 + \alpha \sqrt{m^2 + k^2} (k - \sqrt{m^2 + k^2})^2}{\sqrt{m^2 + k^2} (\alpha + \sqrt{m^2 + k^2})^3} \right]. \quad (18) \end{aligned}$$

Рассмотрим оптимальный закон регулирования положением затворов водопропускного сооружения, для чего введем понятие относительное перемещение

$$\frac{\Delta a}{a_0} = - \frac{2(2H_0 - a_0)c(H_0)}{(4H_0 - 3a_0)Q_0} u, \quad (19)$$

откуда закон управления u равен

$$\begin{aligned} -u &= \frac{\sqrt{m^2 + k^2} - k}{\alpha + k} \frac{dH}{dt} + \\ &+ \frac{[m^2 + \alpha \sqrt{m^2 + k^2} - \alpha k](H - H_0)}{\alpha + k}. \quad (20) \end{aligned}$$

Значение постоянной времени аналитического регулятора

$$T_p = \frac{q - 1}{kq - \sqrt{m^2 + k^2}} = \frac{k - \sqrt{m^2 + k^2}}{(k - \sqrt{m^2 + k^2})\alpha - m^2}. \quad (21)$$

Тогда уравнение оптимального регулятора затвора водопропускного сооружения водохранилища при наличии случайного возмущения притока в подводящее русло равно

$$T_p \frac{dz}{dt} + z =$$

$$= \frac{\alpha + k}{\alpha(k - \sqrt{m^2 + k^2}) - m^2} \frac{(4H_0 - 3a_0)Q_0}{2(2H_0 - a_0)a_0} \frac{\Delta a}{c(H_0)}. \quad (22)$$

В настоящее время проводятся численные расчеты для условий Гиссаракского водохранилища на реке Аксу бассейна Кашкадарья.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Махмудов Э. Ж. Совершенствование методов учета и регулирования расхода воды на гидротехнических узлах. Ташкент: Фан, 1989.—200 с.
2. Остром К. Введение в стохастическую теорию управления. М.: Мир, 1973.—322 с.
3. Петров Ю. П. Синтез оптимальных систем управления при неполноте известных возмущающих сил. Л.: Изд-е ЛГУ, 1989.—290 с.

Х. И. ЗАИРОВ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ВОЛНОГАСИТЕЛЯ НА КАРШИНСКОМ МАГИСТРАЛЬНОМ КАНАЛЕ

Многолетний опыт эксплуатации Каршинского магистрального канала с каскадом из 6 насосных станций [1] и других крупных машинных каналов подтвердил наши теоретические расчеты об образовании волн перемещения при пусках и остановках насосных агрегатов [2]. Волны перемещения оказывают разрушающее воздействие на откосы канала, снижают надежность гидромеханического оборудования насосных станций и перегораживающих сооружений [3, 4]. Для уменьшения параметров волн перемещения на отдельных каналах предусмотрен ряд мер [5, 6], однако все они сложны и малоэффективны по своему воздействию на них.

На основе анализа работы существующих способов борьбы с волнами перемещения автором был разработан и исследован на модели специальный гаситель волн перемещения бокового типа простой конструкции, с учетом недостатков существующих гасителей, обеспечивающий значительное снижение высоты волны и гашение вторичных волн.

Гаситель предложенной конструкции представляет собой боковые «карманы», устраиваемые симметрично по обоим берегам канала на подходе к насосной станции (рис. 1). Дно кармана располагается на высоте расчетного расхода воды в канале, с небольшим уклоном в сторону его русла — для стока дождевой воды.

Принцип действия гасителя основан на том, что положительная волна перемещения, распространяясь вдоль канала выше стационарного уровня воды, достигнув гасителя, растекается по карману. Высота волны снижается в 2 раза и более, а фронт ее — в десятки раз.

Конструкция гасителя, как показали лабораторные исследования [7] и натурные наблюдения [1, 3], не влияют на гидравлические параметры потока в машинном канале, имеющие мес-

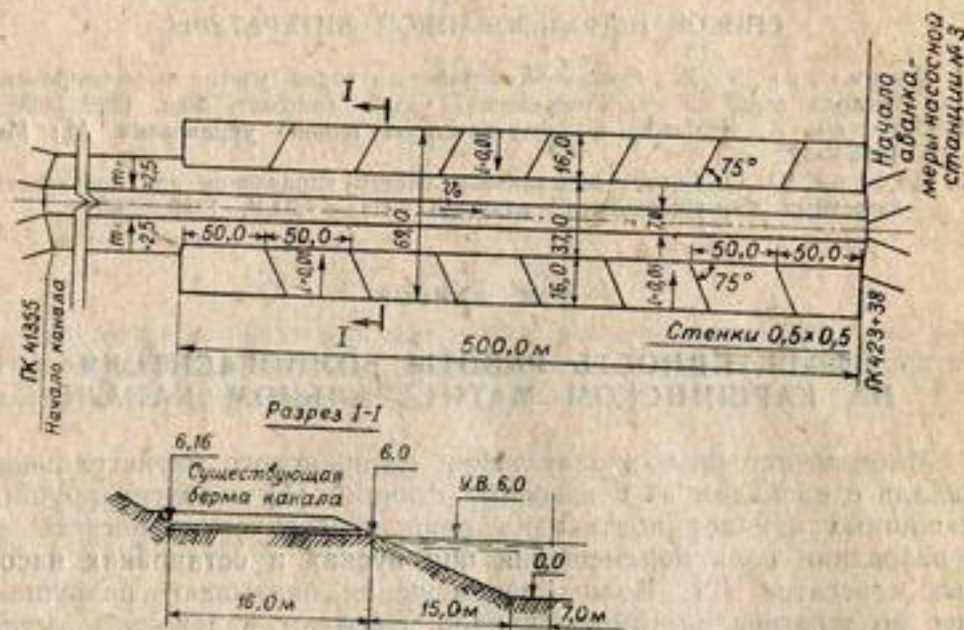


Рис. 1. План и местоположение гасителя.

то при нормальном режиме эксплуатации, а потери воды исключаются, ибо после прохождения волны вода обратно сливается из кармана гасителя в канал.

Основные параметры гасителя определены на основе данных лабораторных модельных исследований участка Каршинского магистрального канала. Рекомендованная конструкция гасителя волн перемещения была построена на участке Каршинского магистрального канала между насосными станциями № 2 и 3. Основанием для выбора места был опыт эксплуатации каскада. «При работе каскада в форсированном режиме, особенно в случае внезапного отключения электроэнергии, из-за незначительного расстояния между насосными станциями № 2 и № 3 (980 м), волны перехлестывали через бермы» [1]. Аналогичную картину мы наблюдали и при работе в других режимах работы насосных

станций еще в 1973—1975 гг. [2, 5]. Строительство гасителя завершено в 1987 г. по проекту ПИК Каршистроя. Основные параметры гасителя представлены на рис. 1.

Опыты, проведенные нами (1974—1978 гг.), показали, что до строительства гасителя между насосными станциями № 2 и 3 образовывались волны высотой до 70 см, а при остановке 4-х агрегатов на этой станции волна достигала высоты 133 см (таблица). В этих случаях у напорного бассейна насосной станции № 2 (в момент отражения волна удваивается по высоте) проис-

Таблица

Параметры волн перемещения
(пост наблюдения № 4)

№ опытов	Количество работающих агрегатов	Угол разворота лопастей агрегатов и их номера	Горизонт воды в		Геометрический напор	Расход агрегата, м³/с	Высота волны	
			наплавном	напорном бассейне			по откосу, м	по оси канала, м
1	3	—1 (1)	7,15	32,10	25,85	36,7	1,30	0,7
		—1 (2)				36,7		
		—2 (3)				35,5		
2	4	—1 (1)	8,20	32,30	24,10	38,5	1,34	—
		—3 (2)				36,0		
		—1 (3)				38,5		
		—1 (4)				38,5		
		—1 (6)				38,5		

ходил перелив воды через стенку, в результате чего затопливалось здание станции и электроподстанция. Принятые службой эксплуатации меры путем наращивания стенки напорного бассейна и прилегающей части бермы на 1,0 м не дали ожидаемых положительных результатов.

Положение значительно улучшилось после строительства гасителя. Опыт многолетней эксплуатации полностью подтвердил эффективность его работы по снижению высоты первого гребня волн перемещения и ондуляций, возникающих при аварийной остановке насосной станции. А такие отключения очень часты — в 1991 г. было 49 отключений на 3-й насосной станции.

Натурные наблюдения — наши в 1992 г. и эксплуатационников в 1987—1992 гг. — показывают, что высота волны перемещения в пределах гасителя снижается более эффективно, чем на модели (рис. 2). Это объясняется влиянием на процесс гашения дополнительной искусственной шероховатости в виде поперечных бетонных стенок, установленных на «полке» гасителя.

Кроме того, гашение волны происходит и в русле канала за счет соударения струй, ниспадающих в канал в моменты прохождения впадин волн.

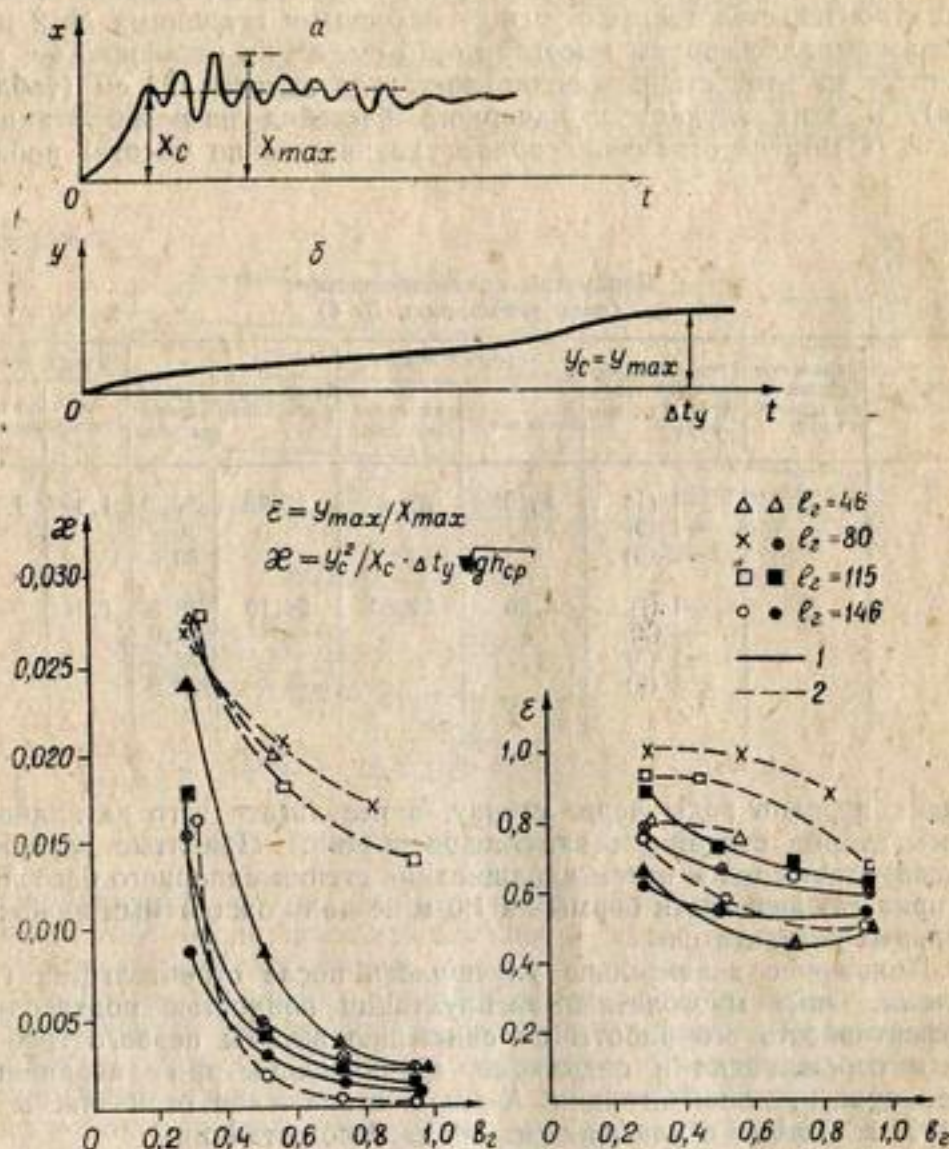


Рис. 2. Зависимость параметров ξ и ϵ от размеров и расположения гасителя бокового типа.

1 — гаситель перед насосной станцией; 2 — гаситель на расстоянии $S_r = 75h_{cp}$
 Вид волнограмм: а — на входе и б — на выходе гасителя.

Промежутки между поперечными бетонными стенками за пятилетний период эксплуатации гасителя частично заилились и

заросли камышом. Заросли камыша, по данным наших натурных исследований, также эффективно способствуют гашению волн перемещения и ветровых волн. Поэтому нами рекомендовано не производить очистку полок гасителя, как намеревались сделать эксплуатационники.

Экономический эффект от внедрения упомянутого гасителя, подсчитанный по существующей методике, составил 200 тыс. руб. в год (долевое участие). Многолетний опыт работы волногасителя на Каршинском магистральном канале для условий работы при почти постоянных глубинах наполнения позволяет рекомендовать использование подобных конструкций для других машинных каналов в качестве простого и надежного способа уменьшения высоты волн перемещения.

В случае переменных глубин воды в машинном канале можно использовать так называемый «щелевой» волногаситель, эффективность работы которого установлена лабораторными исследованиями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дуденко И. К., Очилов Р. А., Гловацкий О. Я., Переверзев С. К., Некрасов В. М. Опыт эксплуатации Каршинского магистрального канала с каскадом насосных станций. Ташкент: Мехнат, 1987.
2. Заиров Х. И., Турсунов А. А. Окологритические течения воды в длинных призматических руслах//Труды САНИИРИ. Вып. 120. Ташкент, 1970.
3. Заиров Х. И., Листровой П. П. Натурные исследования волн перемещения//Труды САНИИРИ. Вып. 147. Ташкент, 1974.
4. Заиров Х. И. К оценке эксплуатационной надежности крупных каналов//Проблемы механики. 1992. № 5. Ташкент.
5. Wagner W. E., King D. L. Surges in a trapezoidal due to pump flow Rejection. XI Congress IARR, Leningrad, 1965, V. III, rep. 18.
6. Заиров Х. И., Листровой П. П. Гасители крутых волн перемещения для крупных каналов//Сб. научных трудов САНИИРИ. Вып. 162. Ташкент, 1981.
7. Заиров Х. И., Листровой П. П. Волны перемещения в Каршинском магистральном канале и способ их гашения//Доклады ВАСХНИЛ. 1979. № 2. С. 39—41.

Э. Ш. СИБУКАЕВ

ОБ ОЦЕНКЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГОДОВОГО СТОКА МАЛЫХ РЕК КАШКАДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Согласно Государственному стандарту 19179—73 (Гидрология суши, термины и определения, 1978), к категории малых рек отнесены равнинные реки площадью водосбора $< 2000 \text{ км}^2$. Для горных рек подобного условного критерия пока не существует.

Наиболее распространена классификация рек по длине. Согласно этой классификации, к малым отнесены реки короче 200 км [1]. В бассейне р. Кашкадарьи имеется достаточное количество небольших водотоков и малых рек, чтобы считать выбранный район хорошим исследовательским полигоном для выявления закономерностей изменения гидрологического режима и разработки рекомендаций по усовершенствованному использованию водных ресурсов (табл. 1).

Таблица 1

Изменение количества рек в зависимости от их общей протяженности [2]

(1)	Менее 10 км	10—25	25—50	51—100	101—200	201—300	301—500	501—1000	Более 1000	Всего
Число рек	2 973	116	21	8	3	—	1	—	—	3 122
Общая длина	5 270	1 562	724	648	321	—	378	—	—	8 903
%	$\frac{55}{59}$	$\frac{4}{18}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{0}{7}$	$\frac{0}{4}$	—	$\frac{0}{4}$	—	—	$\frac{100}{100}$

(1) — градация рек по длине, км.

Предлагаемая статья является начальным звеном в последовательности работ, намеченных провести в рамках программы «Научные основы использования водных ресурсов малых рек».

Придерживаясь тактического принципа: идти от общего к частному, попытаемся на первом этапе оценить изменение основного показателя водности рек, чтобы, исходя из полученных результатов, строить дальнейший план действий.

Чтобы оценить характер изменения годового стока рек, зачастую приходится варьировать методиками оценки в зависимости от конкретных условий, т. е. гидрофизических параметров объекта и наличия полезной информации.

В бассейне р. Кашкадарьи действует 14 гидропостов, замыкающих водосборы и регистрирующих сток рек, которые в данных пределах можно классифицировать как малые.

Начало и степень изменения естественного стока в первом приближении могут быть установлены с помощью связи

$$\sum y = f(T),$$

где T — годы, $\sum y$ — последовательные суммы годовых значений стока [1]. Такой упрощенный анализ был проведен для самой р. Кашкадарьи (кишл. Варганза) и основных ее притоков — рр. Джиндарьи (кишл. Джауз), Акдарьи (кишл. Хазарнова), Танхизыдарьи (кишл. Каттаган), Яккабагдарьи (кишл. Татар). Как видно из рис. 1, только у р. Акдарьи и Танхизыдарьи можно от-

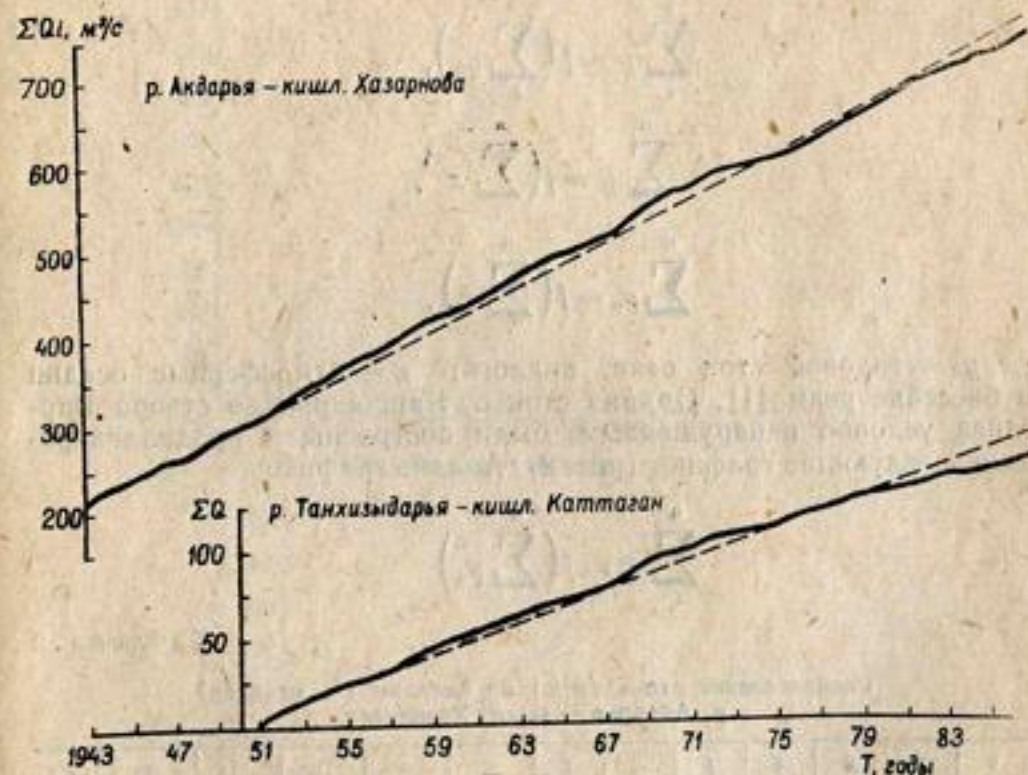


Рис. 1. График последовательных сумм годовых значений стока.

четливо отметить отклонение ординат интегральных кривых от прямой, полученной путем экстраполяции последовательных сумм за естественный период.

В поисках причины изменения стока было обнаружено, что хотя из р. Кашкадарьи от истока до кишлака Варганза изымается вода пятью водозаборниками общей мощностью 2 м³/с, на р. Акдарье построен водохранилищный гидроузел в начале 80-х годов и подается вода в канал Хазарнова, а из р. Танхизыдарьи — от истока до кишлака Каттаган функционирующие четыре канала изымают в сумме приблизительно тоже 2 куба воды в секун-

ду. Только графики для последних двух рек явно отражают антропогенное изменение стока. Очевидно, изъятие воды из Кашкадарьи выше кишлака Варганза еще не сопоставимо с водностью реки.

Наряду с приведенными графиками могут быть использованы связи интегральных значений стока рек-аналогов, атмосферных осадков и других гидрометеорологических элементов (двойные интегральные характеристики), т. е.:

$$\sum_1^n y = f\left(\sum_1^n y_a\right),$$

$$\sum_1^n y = f\left(\sum_1^n x\right),$$

$$\sum_1^n y_a = f\left(\sum_1^n x\right),$$

где y_a — годовой сток реки, аналога; x — атмосферные осадки в бассейне реки [1]. Приняв сток р. Кашкадарьи до створа Варганза условно ненарушенным, были построены и проанализированы следующие графики (рис. 2). Анализ графиков

$$\sum_1^n y = f\left(\sum_1^n y_a\right)$$

Таблица 2

Распределение стока (м³/с) по месяцам (% от года)
р. Акдарья — кишл. Хазарнова

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ср.
До строительства Гиссаракского водохранилищного гидроузла с 1927 г.												
3,55	3,86	6,55	13,3	20,0	32,4	27,2	15,4	8,51	5,48	4,48	3,88	12,1
2,46	2,67	4,53	9,2	13,8	22,4	19,0	10,7	5,89	3,79	3,06	2,68	%
После строительства — 1980—1989 гг.												
2,44	2,17	3,77	10,4	16,3	26,4	29,9	21,8	7,81	3,81	3,21	3,31	11,0
1,86	1,65	2,87	7,92	12,4	20,1	22,8	16,6	5,95	2,89	2,44	2,52	%

показывает, что по ним практически невозможно выделить изменение годового стока. Может быть, это объясняется тем, что средние годовые значения расходов воды под влиянием антропогенного

фактора почти не изменились, изменилось лишь внутригодовое распределение стока (см. рис. 3 и табл. 2).

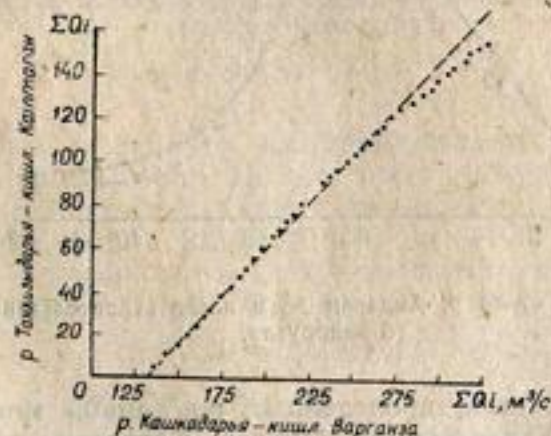
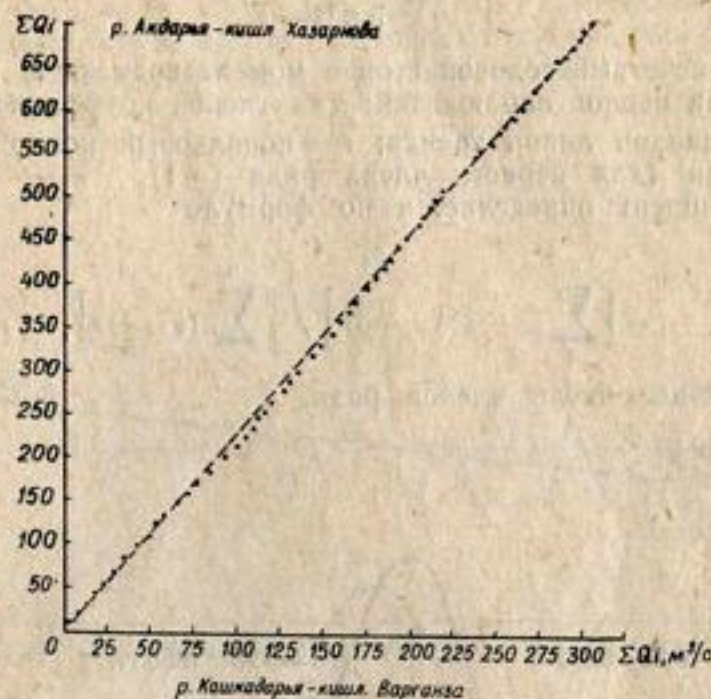


Рис. 2. Графики связи интегральных значений стока рек-аналогов.

Помимо смещения пика приблизительно на месяц, еще наблюдается определенное уменьшение объема стока ниже Гиссаракского гидроузла, что объясняется изъятием воды на заполнение водохранилища (рис. 3).

В случае монотонно-ступенчатого роста безвозвратных потерь на орошение в бассейне реки рекомендуется метод линейного тренда, уравнение которого имеет вид

$$Y_t = \bar{Y} + a(t - \bar{t}),$$

где Y_t — расчетный годовой сток в момент времени t ; $\bar{Y}$ — средний сток за период наблюдений; a — угловой коэффициент, отражающий наклон линии тренда; $\bar{t}$ — порядковый номер среднего члена ряда (для первого члена ряда $t=1$).

Коэффициент определяется по формуле

$$a = \left[\sum_{i=1}^n (t - \bar{t})(y - \bar{y}) \right] / \left[\sum_{i=1}^n (t - \bar{t})^2 \right],$$

где n — общее число членов ряда.

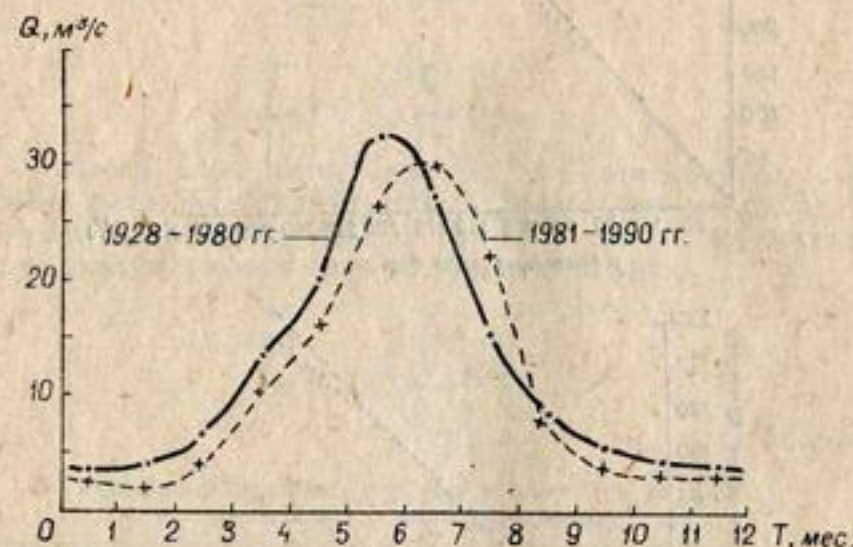


Рис. 3. Распределение стока р. Акдарья до и после строительства Гиссаракского гидроузла.

Результаты расчетов, проведенных по данной методике применительно к р. Танхизыдарье — кишл. Каттаган, представлены на рис. 4 и помогают выявить тенденцию последовательного снижения водности реки.

Подводя некоторые итоги, можно констатировать:

1. Изменение объема речного стока р. Акдарья, связанное со строительством Гиссаракского водохранилищного гидроузла и впоследствии полученное из сопоставления гидрографов средних ме-

сячных расходов воды ($\Delta W_{\text{гф}}$) составило $\approx 37,0$ млн м^3 воды (рис. 3).

Изменение стока, рассчитанное по разнице между средними годовыми расходами воды ($\Delta W_{\text{расч}}$) двух периодов эксплуатации реки, равняется 34,65 млн м^3 . Следовательно, из стока р. Акдарья ежегодно изымается порядка 35,0 млн м^3 воды, что составляет 9,2% общего среднего многолетнего годового стока данной реки.

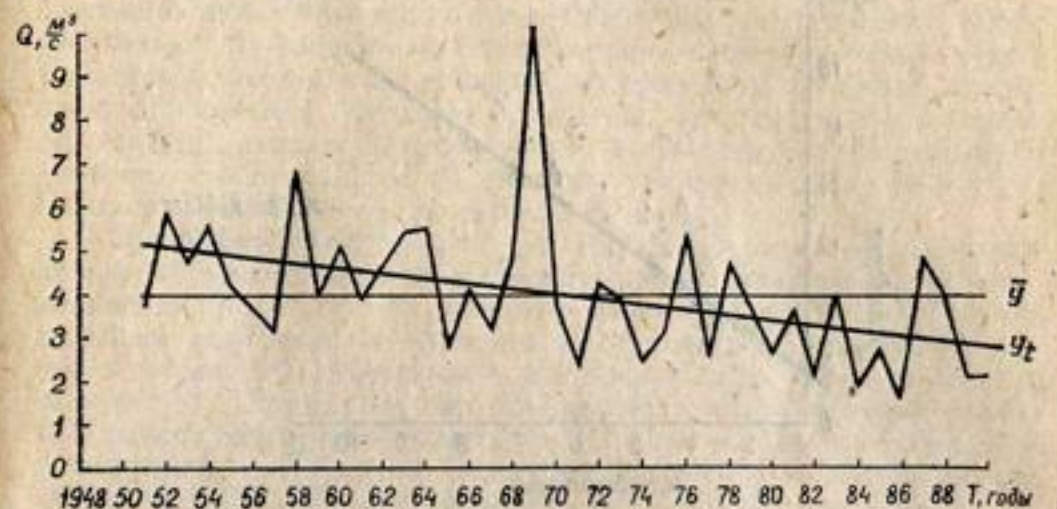


Рис. 4. Уравнение линейного тренда средних годовых расходов воды р. Танхизыдарье — кишл. Каттаган:

$$Y_t = 3,94 - 6,04 \times 10^{-2}(t - 20).$$

В доказательство того, что сравниваемые периоды сильно не отличаются по водности, был построен график связи расходов воды на реках Кашкадарья (пост Варганза) и Акдарья (пост Хазарнова) за период с 1927 по 1980 г. и с 1981 по 1990 г.

За счет испарения с водной поверхности водохранилища площадью зеркала 4,2 км², рассчитанного по формуле [2],

$$E = 0,0018(25 + \Theta_2)^2(100 - r_2),$$

где E — слой испарившейся воды, мм/мес; Θ_2 и r_2 — средние месячные температуры и относительная влажность воздуха на высоте 2 м, с учетом выпадающих осадков может теряться приблизительно 7 млн м^3 воды, что составляет 20% от приведенной выше цифры потерь;

2. Неоспорим сам факт антропогенного изменения стока малых рек бассейна р. Кашкадарья, а также необходимость его детальной и комплексной оценки;

3. Очевидно, следует разрабатывать дополнительно к уже существующим методам новые, которые бы наилучшим образом отвечали особенностям и специфике среднеазиатского региона, а также формирующимся положениям эксплуатационной гидрологии.

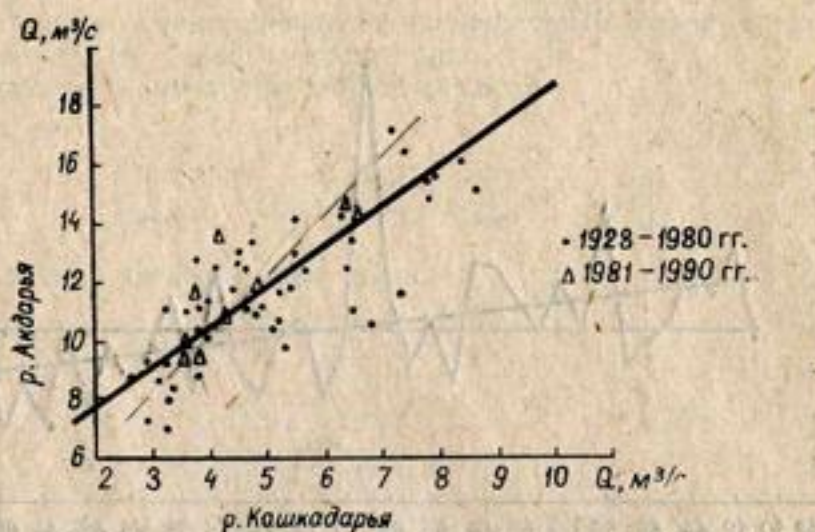


Рис. 5. Связь соответственных расходов воды рек-аналогов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водогребский В. Е. Антропогенное изменение стока малых рек. Л.: Гидрометеониздат, 1990. — 176 с.
2. Винников С. Д., Проскуряков Б. В. Гидрофизика (Физика вод суши)/Учебник для вузов. Л.: Гидрометеониздат, 1988. — 248 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 14. Средняя Азия. Вып. 3. Бассейн р. Амударья/под ред. Ю. Н. Иванова, Л.: Гидрометеониздат, 1971. — 472 с.

А. К. УРАЗБАЕВ, Э. И. ЧЕМБАРISOV

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ РЕЧНЫХ БАСSEЙНОВ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ УЗБЕКИСТАНА ПРИ СОСТАВЛЕНИИ СЕРИИ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ КАРТ

Картографирование и изучение структур геосистем речных бассейнов Юго-западной части Узбекистана позволяют использовать метод пластики рельефа при составлении серии гидрохимических

карт. При этом бассейны горных рек рассматриваются как геосистемы, имеющие разное иерархическое строение (элементы, подсистемы разных порядков, системные уровни организации). Они характеризуются внутренними структурами и пространственными процессами, отличающимися от других систем.

Новые географические аспекты в гидрологических исследованиях требуют комплексного картографирования речных бассейнов с позиций общей теории систем. Различные тематические карты (почвенные, ландшафтные, геологические, гидрохимические и др.) являются единственным уникальным средством познания, позволяющим оценивать взаиморасположение ареалов, изучать характер происходящих в них физико-географических процессов, сопоставлять в пространстве их свойства, выявлять тенденции и закономерности изменения различных явлений.

Картография — это наука об отображении и исследовании пространственных систем посредством картографического моделирования [5; 3]. А. Ф. Асланикашвили [2] писал: «Объектом познания картографии является конкретное пространство предметов и явлений объективной действительности и его временное изменение». Исходя из этих положений, через картографирование речных бассейнов горных систем мы сосредоточиваем свое внимание на соотношении между отображением и исследованием склонов и гидрографической сетью.

Юго-западным Узбекистаном мы условно называем территории Кашкадарьинской и Сурхандарьинской областей, которые почти полностью совпадают с бассейнами р. Кашкадарья, Шерабада и Сурхандарья. При применяемом нами методе картографирования (метод пластики рельефа) в качестве основного географо-гидрологического объекта рассматривается речной бассейн — часть земной поверхности вместе с толщей почвогрунтов, откуда происходит сток воды в отдельную реку, речную систему [4]. Изучение речного бассейна как геосистемы подтверждает, что гидрология родилась как географическая дисциплина. Другими словами, в «природе существуют физико-географические организации в виде речных бассейнов, и каждую реку не следует рассматривать отдельно от тех площадей, которыми она питается» (цит. по Б. Д. Зайкову, 1973, с. 125).

Картографирование речных бассейнов позволяет использовать методы системного подхода к гидрологическим исследованиям, т. е. рассматривать природные и геотехнические системы как структурно-функциональные целостные географические объекты. При изучении речного бассейна необходимо иметь сведения о его структуре и взаимосвязи функции со структурами. Структуры геосистемы, в данном случае структуры речного бассейна, выражают его сущность. Под структурой мы понимаем вид внутренней упорядоченности элементов, при этом под гидрологической струк-

турой понимается склоновое строение и гидрографическая сеть и их взаимосвязь между собой [1].

При изучении какой-либо гидрологической функции (формирование химического состава поверхностных вод, их рельефообразующая деятельность и пр.) необходимо отображать структуру речных бассейнов, для отображения внутренней упорядоченности которых мы пользуемся методом пластики рельефа. Под этим термином следует понимать внешнее строение и сочетание выпуклостей и вогнутостей земной поверхности, которые выявляются при тщательном анализе топографических карт и аэрокосмических снимков избранного масштаба [7, 8].

На топографических картах выделяются два основных элемента рельефа местности — относительные повышения и понижения. Сочетание выпуклостей и вогнутостей на карте пластики образует сложные естественные узоры (структуры) земной поверхности с вычленением водораздельных пространств, склонов разной экспозиции и крутизны, примыкающих к ним, и понижений. Более того, только на карте пластики рельефа, в отличие от других исходных карт для тематического картографирования, предметы комплексного картографирования выступают в качестве взаимодействующих элементов единых геосистем различных иерархических уровней.

Выделяемые методом пластики основные формы рельефа — выпуклости и вогнутости — в совокупности составляют «бассейны» разных порядков. Предлагаемый метод картографирования называется бассейновым, он лежит в основе системного подхода, связывающего склоны и гидрографическую сеть в единое целое. Именно поэтому данный метод позволяет обнаружить закономерности в изменении химического состава и степени загрязненности поверхностных вод в пределах бассейнов р. Тупаланг, Каратаг, Халкаджар и др.

Метод пластики при изучении химического состава поверхностных вод и составлении серии гидрохимических карт дает возможность выявить системное строение речных бассейнов и реальную структуру склонового строения, а также односторонние потоки, область формирования, транзита и аккумуляции их растворимых компонентов.

Речной бассейн — открытая динамическая геосистема, развивающаяся в пространстве и времени. Определенными характеристиками его являются водоразделы, выполняющие роль водосборных границ. Метод пластики основан на бассейновом функционально-целостном принципе, который заключается в выделении в пределах бассейна крупной реки «элементарных бассейнов». Он позволяет вычленить на территории бассейна крупной р. Сурхандарья несколько «элементарных бассейнов» (р. Тупаланг, Каратаг, Шерабад и др.) (рис. 1), каждый из которых является не-

отъемлемой частью в общей системе бассейна. Это позволяет выявить их генетически сопряженную связь с прилегающими территориями — «геосистемами». В то же время на карте пластики рельефа четко отображаются «компоненты» (элементарные бассейны) с пространственными границами. Другими сло-

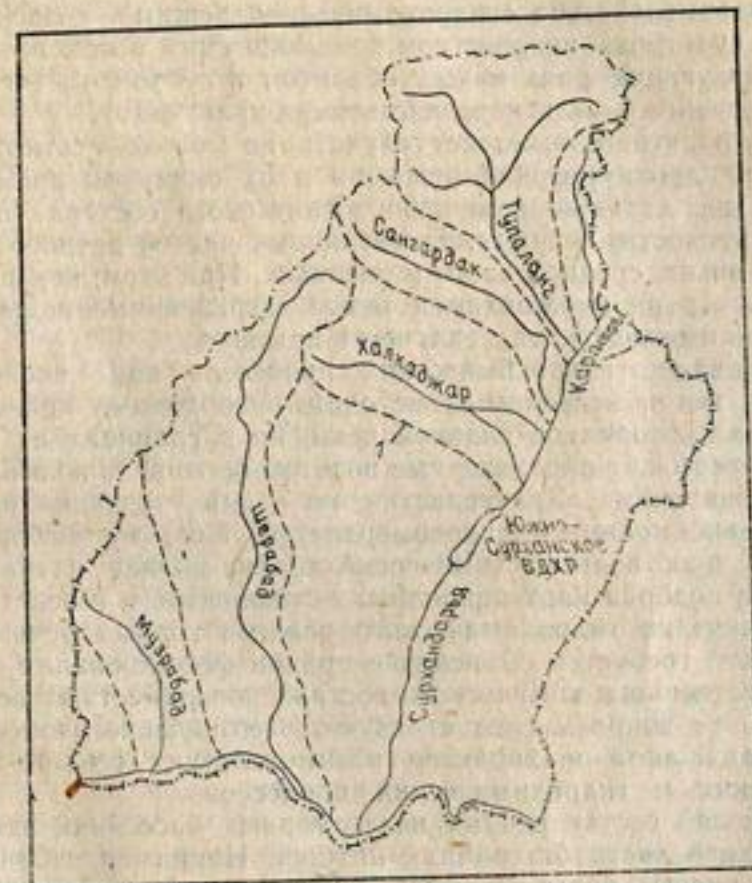


Рис. 1. Карта-схема расположения «элементарных бассейнов» Сурхандарьинской области:

— — — граница элементарных бассейнов.

вами, метод пластики подтверждает существование понятий «компонент» и «система», входящих в теорию системного анализа, и отражает их взаимосвязь на тематических картах.

Рассмотрение процесса картографирования горных речных бассейнов дало возможность уточнить представление о самих предметах гидрохимических исследований, которыми являются не гидрохимические режимы сами по себе, а их взаимосвязь в

системе «гидрохимический режим — бассейн — сельскохозяйственная культура (или другой потребитель)». Для выявления качественных и количественных связей в системе указанного типа необходимы наблюдения за их функционированием и за теми воздействиями, которые оказывают они друг на друга. Картографические материалы, выполненные методом пластики, позволяют изучать взаимодействие «гидрохимический режим — сельскохозяйственная культура» посредством геохимических потоков, которые играют связующую роль между объектом и субъектом («гидрохимический режим — сельскохозяйственная культура»).

Метод пластики позволяет изучать не только статику, но и динамику гидрохимических режимов и их смену во времени и пространстве, а также изменение химического состава (и степени загрязненности) в пределах различных частей речного бассейна: в верховьях, средней части и низовьях. При этом, как правило, в верховьях реки наблюдаются менее загрязненные воды благоприятного химического состава, чем в низовьях.

Исследование гидрохимических процессов как экспериментальными, так и косвенными методами необходимо проводить в притоках всех порядков главной реки, но в границах их бассейнов. Это открывает определенные возможности не только при проверке рассчитанных характеристик, но и для уточнения разработанных зависимостей и закономерностей. Поэтому выбор пунктов отбора проб воды на химический анализ должен начинаться с создания и подбора карт природных компонентов и геосистем.

При изучении гидрохимического режима горных речных бассейнов часто требуется объяснение причин формирования и изменения естественного химического состава поверхностных вод. При ответе на эти вопросы следует изучить геоморфологическую эволюцию ландшафта и характер взаимодействия геолого-геоморфологических и гидрохимических процессов.

Химический состав речных вод в горных бассейнах изменяется от верхней части бассейна к нижней. Например, гидрокарбонатно-кальциевые воды тяготеют исключительно к верхним частям бассейна, занимая притоки I порядка, реже — бассейны притоков II и III порядков. Сульфатно-кальциевые же воды в исследуемых бассейнах встречаются в основном в нижней части реки. Это объясняется тем, что формирование сульфатно-кальциевых вод связано с физико-географическими и антропогенными факторами.

В нижней части Кашкадарьи, в коллекторно-дренажных водах распространены сульфатно-кальциево-магниево-натриевые, реже — хлоридно-натриевые воды. На орошаемых массивах бассейна Кашкадарьи распространение сульфатно-кальциево-магниево-натриевых вод связано в основном с антропогенными факторами, характерными для нижней части бассейна. В крупных понижен-

ных участках поверхностные воды в основном имеют хлоридно-натриевое содержание, что объясняется тем, что геохимические потоки приносят легкорастворимые соли, накапливающиеся на пониженных участках.

В коллекторно-дренажных водах орошаемых массивов р. Кашкадарьи, поверхностных водах крупных пониженных участков имеются сульфатно-натриевые, реже — хлоридно-натриевые содержания. На гидрохимических картах, составляемых методом пластики рельефа, распространение этих вод четко отображается. На других гидрохимических картах взаимосвязь минерализации и химического состава вод со структурами земной поверхности не отражается. Вместе с тем на этих картах структура земной поверхности отображается в виде однонаправленных потоков, которые играют важную роль в изменении степени минерализации и химического состава поверхностных вод.

Преимущества гидрохимических карт, составляемых на основе метода пластики рельефа, выявляются при сравнении их с существующими картами. Отображение химического состава поверхностных вод методом рельефа — это сочетание вод по элементам (частям) бассейна [6]. При этом определение преобладающего химического состава поверхностных вод требует установления взаимосвязи его с «элементами» бассейна. Бассейн — это важнейший параметр, характеризующий физические и химические свойства воды. С помощью бассейнов выявляются гидрологические структуры (гидрографическая сеть и склоновое строение) притоков различных порядков, а затем устанавливается связь этой структуры с химическим составом воды.

В последние годы в связи с усилением влияния антропогенного фактора значительно расширилась площадь распространения поверхностных вод с повышенной минерализацией и степенью загрязнения; произошли значительные изменения в химическом составе и содержании загрязняющих ингредиентов, что обуславливает необходимость изучения химического состава речных вод во взаимодействии с «элементами» бассейна.

Таким образом, при мелиоративно-гидрологических исследованиях необходимо обосновать составляемые проекты картографическими материалами, выполненными методом пластики рельефа. Такие тематические карты отображают реальную структуру речного бассейна и системно-структурную организацию территории.

Основные положения геосистемно-гидрохимического подхода при изучении формирования и изменения гидрохимического режима речных вод можно сформулировать следующим образом:

1. Геосистемно-гидрохимический подход — это современный этап развития географической науки, сформировавшийся на базе достижений гидрологии, ландшафтоведения, почвоведения и ряда

других наук. Он рассматривает гидрохимические процессы с позиций общей теории систем.

2. Предмет исследования — гидрохимический режим, объекты — бассейны (геосистемы) различного временно-пространственного уровня.

3. Бассейн — функционально-целостная геосистема, состоящая из множества элементарных бассейнов, обладающих свойством симметрии подобия. В пределах бассейна р. Тупаланг, Шерабад и др. существует сходство в изменении химического состава вод.

4. Каждому элементарному бассейну, конкретным физико-географическим условиям и цели исследования соответствует совокупность экспедиционных, экспериментальных и косвенных (расчетных, картографических) приемов, которые обеспечивают многофакторный географический анализ гидрохимических процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипов А. Н., Корытный Л. М. Географические аспекты гидрологических исследований. Новосибирск: Наука, 1981.
2. Асланикашвили А. Ф. Метакартография: Основные проблемы. Тбилиси: Мецниереба, 1974.
3. Берлянт Л. Д. Образ пространства: карта и информация. М.: Мысль, 1986.
4. Корытный Л. М. Речной бассейн как геосистема // Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальнего Востока. 1974. Вып. 42.
5. Салишев К. А. Картография. М.: Высшая школа, 1982.
6. Степанов И. Н., Чембарисов Э. И. Влияние орошения на минерализацию речных вод. М.: Наука, 1978.
7. Степанов И. Н. и др. Временная методика по составлению карт пластики рельефа крупного и среднего масштабов. Пушкино, ОНТИ НЦБИ, 1984.
8. Уразбаев А. К. Природно-мелиоративная оценка земель низовьев Амударьи. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук, Ташкент, 1988.

В. И. АНТОНОВ

О ТРЕХ ЖИЗНЕННО ВАЖНЫХ ДЛЯ УЗБЕКИСТАНА СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ В БАССЕЙНЕ РЕКИ АМУДАРЬИ

Узбекистан не имеет в настоящее время возможности реализовать полный комплекс мероприятий, необходимых для преодоления кризиса, обусловленного усиливающимся дефицитом воды в регионе. На это нужны средства и ресурсы, изыскать которые пока не представляется возможным. Только одна программа модернизации водного хозяйства республики требует вложения не менее 40 млрд р (в ценах 1984 г.).

Огромные средства понадобятся для решения проблемы Аральского моря и оздоровления экологической обстановки в При-

аралье, а также в других неблагоприятных районах, в частности, в бассейне реки Зарафшан. Наиболее острой и неотложной из всех экологических проблем является снабжение населения республики, особенно проживающего в Приаралье и в бассейне реки Амударьи, доброкачественной питьевой водой. Поэтому из всех сложных проблем следует вычленять жизненно важные и целенаправленно их разрешать.

Именно такими являются три кратко описанные ниже проблемы, пути решения которых вырисовались в процессе схемных проработок объединения «Водпроект». По каждой из них предлагается выполнить детальные предпроектные проработки в стадии технико-экономических обоснований (ТЭО), которые нужны для того, чтобы в дальнейшем можно было уверенно принимать оптимальные проектные решения и свести к минимуму затраты на строительство необходимых объектов.

Амударьинский хозяйственный канал. Его сооружение предлагается в подготовленном специалистами объединения «Водпроект» технико-экономическом докладе по проблеме источников обеспечения населения республики доброкачественной питьевой водой.

Основные положения этого доклада рассмотрены в Кабинете Министров Республики Узбекистан (протокол № 3 от 13.05.91 г., утвержденный И. Х. Джуррабековым).

Дело в том, что в областях среднего и нижнего течения Амударьи (части Кашкадарьинской и Бухарской), а особенно в Каракалпакстане, Хорезме и в целом в Приаралье, сложилась практически неразрешимая ситуация с источниками хозяйственно-питьевого водоснабжения, которые соответствовали бы требованиям ГОСТа.

Вода Амударьи уже ниже впадения в нее Сурхандарьи не пригодна для питья, и любые предусматриваемые сейчас мероприятия по предотвращению сброса в реку коллекторно-дренажных стоков, включая строительство Правобережного и Левобережного водоотводящих трактов, не способны довести ее до требуемых кондиций. Отсутствуют здесь и необходимые запасы пресных подземных вод.

Осуществляемое в настоящее время строительство водоводов от Туямуянского водохранилища до Ургенча, Нукуса и далее, по которым должна подаваться вода из емкости Капарас, только на время улучшит положение, но в принципе вопроса не решит.

Из всех рассмотренных в ТЭО вариантов решения этой сложной проблемы наиболее предпочтительным и дешевым как по объемам необходимых капитальных вложений, так и по размеру эксплуатационных затрат является строительство специального защищенного от попадания в него вредных веществ хозяйственного канала, прокладываемого из верховий Амударьи, где речная вода обладает лучшими показателями качества (Вахш — Голов-

ная ГЭС), до водозаборных сооружений на Туямуюнском водохранилище. Это строительство целесообразно было бы проводить совместно с Туркменистаном, поскольку в аналогичной ситуации с обеспеченностью питьевой водой находятся Чарджевская и Дашхувузская области этой республики. Расход канала, с учетом потребностей Туркменистана, составит 74 м³/с, протяженность его трассы — 1163 км, из которых 243 км пройдут по территории Таджикистана, 244 — Туркменистана и 675 — Узбекистана.

Если Таджикистан не поддержит идею строительства Амударьинского питьевого канала, то водозабор в него можно будет расположить не на Вахше, а на самой Амударье, в 40 км выше города Термеза, где качество воды несколько хуже, но тем не менее вполне удовлетворительное. Длина трассы в этом случае составит 920 км.

Стоимость строительства всего комплекса сооружений Амударьинского хозяйственного канала оценивается предварительно в 3,3—2,5 млрд р. (в ценах 1984 г.). Себестоимость подачи воды составит примерно 19 коп. за кубометр.

Искусственная лагуна в авандельте р. Амударьи. Идея устройства искусственной лагуны в авандельте Амударьи выдвинута объединением «Водпроект» совместно с НИО САННИРИ. Она поддержана созданным в Каракалпакстане Общественным комитетом по спасению Приаралья и правительством этой республики, где данный вопрос в феврале 1992 г. был доложен.

В настоящее время практически всем, кто всерьез занимается проблемой водного кризиса, связанного с дефицитом воды в регионе, уже стало ясно, что стремление восстановить Аральское море до размеров 1965 г. с отметкой уровня воды 53 м неосуществимо, и что дальнейшие дискуссии на эту тему будут только сдерживать разработку возможных реальных путей предотвращения деградации экологической системы Приаралья.

Мероприятиям по оздоровлению Приаралья следует придать первостепенное значение и в самое ближайшее время возродить существовавшие здесь до недавнего времени природно-экологические условия проживания населения, определяемые ранее отметкой уровня моря 53 м. Реализовать это возможно путем создания искусственной лагуны в пределах авандельты Амударьи, заполняемой в основном пресной речной водой. Такую лагуну емкостью около 2,0 куб. км предполагается образовать посредством строительства дамбы длиной 225 км, проложенной от поселка Урга на западе (от Устюрта) до Акбеткинского архипелага на востоке.

В Амударьинской лагуне с помощью водопропускных сооружений должен быть обеспечен регулируемый проточный режим, а мощная лесополоса, посаженная по верху дамбы шириной 100 м,

вместе с водной поверхностью лагуны надежно защитит дельту от пылесолепереноса со стороны высохшего дна моря.

Создание искусственной лагуны поможет одновременно упорядочить отвод в море коллекторно-дренажных вод, а также остаточный сток Амударьи.

В настоящее время сбросы осуществляются по рассредоточенным коллекторам и попуски речной воды до моря фактически не доходят. Вода задерживается в многочисленных понижениях и разливах и теряется в песках, не доходя до морской акватории.

При наличии лагуны коллекторы будут направлены в море в обход ее по руслам-объединителям, проложенным до самой береговой линии, а проходящая транзитом через лагуну речная вода после прохода по системе водопропускных сооружений также будет отводиться в море по специально организованному руслу. Так что устройство лагуны не только не отнимет воду у моря, а, наоборот, создаст гарантированные условия для организованного ее поступления в морскую акваторию. За счет этого большой водоем разделившегося моря, тяготеющий к Амударье, будет надежно стабилизирован на отметке 34,0 м.

После привода в регион сибирской воды попуски будут соответственно увеличены и тогда можно будет рассчитывать на постепенный подъем его уровня.

Подперев впадающие речные протоки и расположенные в дельте Амударьи озера, в том числе и озеро Судочье, лагуна образует единую водную экосистему площадью 250 тыс. га, а возможно и больше, где могут быть созданы условия для рыболовства, ондатроводства и других традиционных для этих мест промыслов. Осуществив на территории Амударьинской дельты соответствующие мелиоративные работы и восстановив пастбища, здесь можно будет развивать коневодство и другие отрасли животноводства, а также орошаемое земледелие.

Комплекс мероприятий по экологическому оздоровлению Приаралья на базе искусственной лагуны целесообразно осуществлять поэтапно, в зависимости от финансовых и материальных возможностей, и в качестве первого этапа реализовать проектирование и строительство самой лагуны. А для этого целесообразно выделить и первый этап составления ТЭО, ограничив его проработками по выбору створа образующей лагуну дамбы, установлению ее размеров, общей компоновке комплекса сооружений, обоснованию емкости лагуны и ее водного режима. Это позволит, не дожидаясь окончания проработки других вопросов, приступить к проектированию и строительству по отдельным участкам дамбы как таковой, а также сооружений при ней. Параллельно с этим можно будет продолжить работу по второму этапу ТЭО.

Стоимость строительства первой очереди сооружений лагуны, которая будет обоснована на первом этапе разработки ТЭО, оценивается предварительно в 1,4 млрд р (в ценах 1984 г.).

Донорский канал «Амударья — Зарафшан». Бассейн реки Зарафшан испытывает наиболее сильный дефицит водных ресурсов по сравнению с другими ирригационными районами республики, а потребность в воде продолжает расти.

К 2000 г. изъятие воды только на хозяйственно-питьевые нужды из подземных источников Дамходжинского месторождения возрастет здесь на 615 млн м³ в год, в том числе для подачи потребителям Самаркандской области на 282 млн м³, Бухарской — 277 млн м³ и Джизакской — 56 млн м³.

Месторождения подземных вод по бассейну реки Зарафшан имеют стопроцентную гидравлическую взаимосвязь с поверхностными водами, поэтому изъятие 615 млн м³ подземных вод будет адекватно потерям такого же количества живого стока реки.

К 2010 г., если не будет построен Амударьинский хозяйственный канал, отбор из подземных источников бассейна придется увеличить еще на 200 млн м³ в год.

Компенсировать изъятие такого количества водных ресурсов на хозяйственные цели реально лишь за счет донорской подачи в бассейн Зарафшана воды из Амударьи. Сделать это технически довольно сложно, и проработку вопроса предлагается вести по двум направлениям: а) увеличение пропускной способности Аму-Бухарского машинного и Навоийского каналов за счет их реконструкции и далее самостоятельным донорским машинным каналом до Каттакурганского водохранилища; б) самостоятельным донорским машинным каналом из Амударьи напрямую до Каттакурганского водохранилища через территорию Каршинской степи с подъемом воды на 320 м.

Положение с обеспеченностью водными ресурсами узбекистанской части бассейна р. Зарафшан может обостриться в случае, если Таджикистан реализует разрабатываемый в настоящее время проект переброски 600 млн м³ зарафшанской воды, отбираемой в створе Исиз-Боло, по 25-километровому туннелю под Туркестанским хребтом на территорию Ура-Тюбинской группы районов. При этом следует учесть, что из стока Зарафшана будет изъята наилучшая по качеству вода.

Кроме того, к 2010 г. возможно увеличение безвозвратного изъятия стока Зарафшана в Пенджикентском районе Таджикистана как на нужды орошения, так и на развитие промышленно-коммунального комплекса.

В результате приточность воды на узбекистанскую часть бассейна может не только значительно уменьшиться, но и резко ухудшиться по качественному составу, и если не предпринять необходимых мер, это приведет к настоящей экологической катастро-

фе. Предотвратить катастрофу можно только путем компенсационной подачи в бассейн Зарафшана амударьинской воды, но теперь уже в створ Первомайского гидроузла с подъемом на 630 м.

В предлагаемом ТЭО должны быть проработаны все возможные варианты решения этой сложной задачи и рассмотрена целесообразность раздельного или совместного ее решения, имея в виду подачу воды к Каттакурганскому водохранилищу и Первомайскому гидроузлу. Непростую проблему будет представлять при этом создание в рассматриваемой зоне дополнительных энергоустановок, которые потребуются для перекачки в бассейн Зарафшана амударьинской воды.

Стоимость реализации описанного комплекса компенсационных мероприятий предварительно оценивается в 900 млн р (в ценах 1984 г.).

Ф. Б. АБУТАЛИЕВ, М. Б. БАКЛУШИН

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛАГОСОЛЕПЕРЕНОСА В НАЕНАСЫЩЕННОЙ ЗОНЕ ОРОШАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

Многообразие гидрогеологических и мелиоративных моделей, исследование которых важно как в теоретическом, так и в практическом плане, способствовало развитию аналитических и численных методов решения дифференциальных уравнений в частных производных при краевых условиях различного рода. Существующее множество математических моделей вытекает из разнообразия различных физических процессов и ситуаций, возникающих при проектировании гидротехнических и мелиоративных сооружений, ирригационно-хозяйственных систем, эксплуатации гидротехнических и мелиоративных объектов.

При моделировании нестационарных процессов влагосолепереноса авторы учитывали не только строгое использование водных ресурсов, но и сложившуюся в Республике Узбекистан экологическую ситуацию. Гидрогеологические разрезы пластов территорий свидетельствуют о том, что в большинстве случаев пласт имеет слоистую структуру, компоненты которой связаны между собой. При этом верхний слой обычно содержит сильноминерализованные грунтовые воды, свободная поверхность которых (УГВ) разделяет зоны полного и неполного насыщений. При записи математической модели здесь использованы общепринятые обозначения. В некоторых случаях даются пояснения.

Исходная математическая модель объединяет модели, рассмотренные в работах [1—8], и состоит из следующей системы нелинейных дифференцированных уравнений, учитывающих на-

личие зоны аэрации и зон полного насыщения в безнапорном и напорном потоках.

Относительно объемной влажности используется уравнение

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \sum_{i=1}^2 \frac{\partial}{\partial x_i} \left[D(W) \frac{\partial W}{\partial x_i} \right] - \frac{\partial k(W)}{\partial x_2} - E_T \Phi(x_2), \quad (1)$$

искомая функция в котором на УГВ принимает значение

$$W(x_1, x_2, Y) = W_{на}.$$

В (1) (более подробно смысл обозначений приведен в [3, 4])

$$D(W) = A_1 \exp(A_2 W), \quad k(W) = B_1 \exp[B_2 (W - W_{на})],$$

$$E_T \Phi(x_2) = \frac{2}{3} E_T (\delta + u^2)^{-\frac{1}{2}} \sqrt{\delta + u^2 - x_2},$$

учитывает изменение транспирации по глубине, а E_T зависит от влажности завядания, предельной полевой влагоемкости, температуры воздуха, радиационного баланса, относительной влажности воздуха, относительной массы листовой поверхности.

Нижеследующие три уравнения с учетом потока влаги

$$k(W) - D(W) \frac{\partial W}{\partial x_2}, \quad (2)$$

поступающего на УГВ ($x_2 = y$), определяют положение уровня грунтовых вод и напоры нижележащих водоносных горизонтов, причем приводится только наиболее часто встречающаяся схема двуслойного строения пласта.

$$\begin{aligned} & \left[k(W) - D(W) \frac{\partial W}{\partial x_2} \right]_{x_2=y} + n_1 \frac{\partial y}{\partial t} = \\ & = \sum_{i=1}^2 \frac{\partial}{\partial x_i} \left[k(m-y) \frac{\partial y}{\partial x_i} \right] - k \frac{y-h}{m-y}, \\ & \gamma \eta m_1 \frac{\partial h}{\partial t} - k \frac{y-h}{m-y} - k_{на} \frac{\partial H}{\partial x_2} \Big|_{x_2=H} = \\ & = T \gamma \sum_{i=1}^2 \frac{\partial^2 h}{\partial x_i^2} + \frac{T \gamma^2}{E} \sum_{i=1}^2 \left(\frac{\partial h}{\partial x_i} \right)^2 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{\alpha_n} \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial^2 H}{\partial x_2^2}.$$

Для определения концентраций солей в зоне аэрации и в области безнапорного потока соответственно используются следующие уравнения:

$$\begin{aligned} \frac{\partial (wc)}{\partial t} &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \frac{\partial}{\partial x_i} \left(D_{ij} \frac{\partial c}{\partial x_j} \right) - \sum_{i=1}^2 \frac{\partial (v_i c)}{\partial x_i}, \\ n_2 \frac{\partial c}{\partial t} &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \frac{\partial}{\partial x_i} \left(D_{ij} \frac{\partial c}{\partial x_j} \right) - \sum_{i=1}^2 \frac{\partial (v_i c)}{\partial x_i}. \end{aligned}$$

В предположении, что направление скорости фильтрации совпадает с осью x_1 , уравнение для определения минерализации солей в напорном горизонте принимается в виде:

$$\begin{aligned} D_{на} \Delta c + v_1 \sum_{i=1}^2 \lambda_i \frac{\partial^2 c}{\partial x_i^2} + \lambda_1 \frac{\partial c}{\partial x_1} \frac{\partial v_1}{\partial x_1} - \\ - \frac{\partial (cv_1)}{\partial x_1} = n_2 \frac{\partial c}{\partial t}. \end{aligned}$$

На основе полной системы нелинейных уравнений в частных производных, выписанной для слоистой пористой среды при наличии подвижной границы между зоной аэрации и зоной насыщения и подчиненной крайним условиям общего вида, определены поле скоростей фильтрации, влажность почвогрунта и концентрация солей как функции координат и времени. При некоторых частных случаях используется сочетание аналитических и численных методов расчета.

Необходимо обратить внимание на то, что при регулировании потока влаги на поверхности земли можно добиться минимума выражения (2), что непосредственно связано с динамикой мелиоративного водопотребления. Здесь скрываются основные резервы общей экономии воды на оросительных системах. Величина подаваемой воды должна строго контролироваться и корректироваться в зависимости от состояния растений. В этом случае не может быть больших недостатков или переполивов воды. В настоящее время [8] промывные и влагозарядковые поливы

зачастую проводятся без всякого анализа их необходимости. Имеют место факты, когда там, где надо проводить влагозаряд, проводят промывки большой нормой и наоборот. Не случайно промывка приводит зачастую к ухудшению состояния почв. Научные исследования показывают, что прибавку урожайности хлопчатника дают лишь поливы, рассчитанные на основе определения дефицита влажности почвы. Переполив ведет к тому, что большее количество фильтрующейся воды достигает УГВ, повышая его и усиливая засоление земель. При этом растет величина дренажного стока. Существуют сильно засоленные земли, образовавшиеся на орошаемых массивах, где изначально были благоприятные природные условия. Эти земли изменились к худшему из-за неправильной их эксплуатации. При правильном режиме орошения (выражение (2) будет иметь минимум) фильтрующаяся вода не будет вызывать подъема УГВ. В этом случае будет частично решена экологическая проблема, связанная с засолением орошаемых земель и предотвращением сброса минерализованных дренажных вод в водозаборы различных типов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абуталиев Ф. Б., Абуталиев У. Б., Баклушин М. Б. Неустойчивая фильтрация подземных вод в слоистых грунтах ограниченной протяженности//Третий Всесоюзный съезд по теоретической и прикладной механике. Аннотации докладов. М., 1968.—1 с.
2. Абуталиев Ф. Б., Баклушин М. Б., Ербеков Я. С., Умаров У. У. Эффективные приближенно-аналитические методы для решения задач теории фильтрации. Ташкент: Фан, 1978. — 244 с.
3. Духовный В. А., Баклушин М. Б., Томин Е. Д., Серебренников Ф. В. Горизонтальный дренаж орошаемых земель. М.: Колос, 1979. — 255 с.
4. Баклушин М. Б., Дудко О. П., Духовный В. А., Чолпанкулов Э. Д. Прогноз распределения почвенной влаги с учетом гидрометеорологической информации//Изв. АН УзССР. Сер. техн. н. 1986. № 4. — 3 с.
5. Баклушин М. Б., Джаббаров М. С. К расчету минерализации дренажного стока в двухслойной среде//Изв. АН УзССР. Сер. техн. н. 1984. № 1. — 4 с.
6. Абуталиев Ф. Б., Баклушин М. Б., Джаббаров М. С. К расчету нестационарного движения влаги и солей в слоистой пористой среде//Сб. тезисов докладов «Современные проблемы алгоритмизации». Ташкент, 1991. — 1 с.
7. Абуталиев Ф. Б., Баклушин М. Б., Джаббаров М. С. Об одной математической модели влагопереноса в слоистой пористой среде и методы ее реализации//Тезисы докладов семинара «Математическое моделирование гидрогеологических процессов». Душанбе, 1991. — 1 с.
8. Духовный В. А., Баклушин М. Б. Принцип построения подсистемы Мелиоративное состояние земель в составе «АСУ ВХК Голодная степь»//Труды ВНИИГИМа. М., 1980. — 17 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Н. Р. Хамраев. Водохозяйственный комплекс бассейна Аральского моря: состояние, проблемы развития, задачи науки	3
У. Умаров, Л. З. Шерфединов. О фундаментальных исследованиях по водным проблемам	7
Д. Ф. Хамраев. О явлении влаго- и воздушно-дефицитной скороспелости в растениях (ВВД-скороспелость)	13
Л. З. Шерфединов. Комплексное использование водных ресурсов: состояние, перспективы, научно-технические аспекты совершенствования при решении проблемы Арала	16
Р. А. Кулматов, А. Б. Насруллин, М. С. Исмаилов. Исследование особенностей пространственно-временного распределения загрязняющих веществ в р. Амударье	20
М. Мирзиев. Опыт применения космических снимков к изучению русловых процессов	30
М. Х. Умарахунов, У. А. Мухамедгалиева, Р. А. Кулматов. Изучение состояния ионов кадмия, цинка в растворах и способы их очистки	36
Э. Ж. Махмудов, Х. И. Заиров, Э. Сибукбаев, Е. П. Юрова. Оптимизация режима работы водохранилищ при случайных колебаниях стока реки	47
Х. И. Заиров. Эффективность работы волногасителя на Каршинском магистральном канале	53
Э. Ш. Сибукбаев. Об оценке изменения годового стока малых рек Кашкардарьинской области	57
А. К. Уразбаев, Э. И. Чембарисов. Использование комплексного картографирования речных бассейнов юго-западной части Узбекистана при составлении серии гидрохимических карт	64
В. И. Антонов. О трех жизненно важных для Узбекистана социально-экологических объектах в бассейне реки Амударья	70
Ф. Б. Абуталиев, М. Б. Баклушин. Моделирование влагопереноса в ненасыщенной зоне орошаемой территории	75

КОЛЛЕКТИВ

ВОДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Утверждено к печати

Ученым советом Института водных проблем АН РУз

Редакторы: А. А. Вильчинская, Л. А. Лейс
Технический редактор Л. П. Тюрина
Корректор Т. А. Кан

ИБ № 6258

Сдано в набор 9.12.92. Подписано к печати 15.03.93. Формат 60×84/16. Гарнитура литературная. Печать высокая. Бумага газетная. Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 4,6. Тираж 300. Заказ 4. Цена договорная.

Издательство «Фан» АН РУз: 700047, Ташкент, ул. Гоголя, 70.
Типография Издательства «Фан» АН РУз: 700170, Ташкент, просп. Х. Абдулласа, 79.