

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

А.М.Мухамедов  
 чл.-кор.БАСХНИЛ, докт.техн.наук  
 (САНИИРИ им.В.Д.Журина)

# КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ р.АМУДАРЬИ И ЗАДАЧИ НИР ПО ИССЛЕДОВАНИЮ СТАБИЛИЗАЦИИ РУСЛОВОГО ПРОЦЕССА И ЕГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

В 1964-1965 гг. при составлении Генеральной схемы комплексного использования водных ресурсов Амударьи русловые процессы и борьба с дейгишем (размывом берегов) рассматривались как один из главных вопросов. Составление Генеральной схемы в значительной степени было вызвано большими ущербами, нанесенными в 1958 и 1960-1962 гг. катастрофическим дейгишем в Хорезме, особенно в районе головной части и 8-го км Тамсакинского канала, а также канала Клычбай.

Обоснованием разработки Генеральной схемы комплексного использования водных ресурсов Амударьи явилось заключение правительственной комиссии с нашим участием и экспертов по проверке и осмотру 100-километрового участка реки и расположенных в прибрежной зоне различных строений и сооружений; была намечена программа работ по изучению явления "дейгиш" и русловых процессов на Амударье, а также разработке противодейгишных мероприятий.

Сотрудники отдела русел САНИИРИ много лет занимаются исследованиями русловых процессов и прогнозом явлений "дейгиш", а также разработкой противодейгишных и руслорегулирующих мероприятий у бесплотинных водозаборных сооружений для следующих трех основных периодов жизни реки: существующих (бытовых) условий; периода возрастающего отбора воды на орошение и частичного регулирования стока и периода полного регулирования стока Амударьи.

Первый период. Основные результаты натурных и крупномасштабных модельных исследований:

разработана гипотеза, раскрыт механизм и выявлена кинематическая структура потока при дейгише; выяснены особенности



гидрологического и наносного режимов реки, предопределяющих образование свального течения при действии; установлена закономерность изменения гидравлических элементов потока;

разработаны расчетные зависимости по определению морфометрических и кинематико-морфологических элементов русла для прогнозирования и расчета средних гидравлических элементов потока и установления размеров русла реки, а также выяснения функциональных связей между факторами, определяющими характер русловых процессов;

выполнен комплекс работ, включающий теоретические и экспериментальные исследования гидравлики обтекания потоком глухих и сквозных шпор, результатом которого явилась разработка более совершенных методов гидравлического расчета глухих и сквозных шпор, а также установление закономерности растекания потока за сооружениями применительно к условиям Амударьи.

На основании разработанной методики произведены расчеты берегозащитных и руслорегулировочных сооружений для участков р.Амударьи в ее нижнем течении;

разработана методика моделирования русла реки и защитно-регулировочных сооружений для условий Амударьи.

По результатам проведенных модельных исследований даны рекомендации по размещению и габаритам берегозащитных сооружений, которые использованы Узгипроводхозом при составлении проектов противодегизных мероприятий на ряде участков р.Амударьи;

разработаны основные принципы проектирования и методика расчета спрямления речных излучин — одно из мероприятий по борьбе с действием на Амударье.

Рекомендации по устройству спрямляющих прорезей использованы Узгипроводхозом и Хорезмским ОблУОСом при составлении проектов и строительстве спрямлений на Амударье;

установлено, что блуждание потока и свальных течений, являющихся основными причинами интенсивного размыва берегов, можно устранить заблаговременным регулированием русла следующими способами: а) возведением системы глухих или сквозных поперечных шпор, а также береговых креплений из различных материалов; б) спрямлением излучин; в) оперативным регулированием русла с помощью землечерпания мощными земснарядами.



Указанные способы нашли применение при осуществлении противодейственных мероприятий на многих участках р.Амударьи в 1970-1978 гг.

Перечисленные выше работы нашли отражение почти в 50-ти научных статьях - наших и сотрудников отдела русел института. Часть из них решена на уровне кандидатских диссертаций (8 кандидатских диссертаций).

Генеральной схемой предусмотрено проектирование и строительство ряда гидроузлов, в том числе введенных ныне в эксплуатацию Тахиаташского и Туямунского узлов в нижнем течении, а также проектируемого в настоящее время Кызылаякского узла в среднем течении реки.

За истекший период проведено прогнозирование русловых процессов в верхнем и нижнем бьефах вышеуказанных гидроузлов путем соответствующих расчетов с проверкой на русловых моделях (по разработанным ранее методикам); полученные данные использованы при проектировании.

В последнее время организованы натурные исследования русловых процессов в верхнем бьефе Тахиаташского узла и в нижнем бьефе Туямунского, а также разработан оптимальный режим эксплуатации Туямунского водохранилища с целью предотвращения ухудшения водохозяйственной обстановки в низовьях Амударьи (фрагменты этой темы изучаются на крупномасштабной модели гидроузла).

В т о р о й п е р и о д начался примерно с 1974 г. Характеризуется интенсивным отбором воды в Каракумский и Амубухарский каналы. В это время начался отбор воды в Каршинский канал в среднем течении Амударьи; введен в эксплуатацию Тахиаташский гидроузел - в нижнем течении.

Особенностью этого периода является частичное регулирование стока реки Нурекским водохранилищем емкостью  $10,5 \text{ км}^3$  и отбором воды в объеме  $15 \text{ км}^3$  в ее среднем течении вышеуказанными каналами.

Бесплотинный забор воды из Амударьи в эти каналы будет существовать еще 15-20 лет. Это положение осложняет борьбу с наносами, особенно при больших расходах водоподачи в головной части каналов: у Каракумского канала до  $600 \text{ м}^3/\text{с}$ , Каршинского -  $200 \text{ м}^3/\text{с}$ , Амубухарского -  $350 \text{ м}^3/\text{с}$ . Суммарный водозабор этих



каналов составляет 30...40% и более от среднего годового расхода Амударьи.

Большие затруднения с обеспечением водозабора возникают в меженьный период, когда уровень воды в реке низкий. Сложная ситуация создавалась при бесплотинном водозаборе в Каршинский магистральный канал (КМК), в головной части которого нет регулирующего сооружения, а режим работы первой насосной станции разработан для условий плотинного водозабора в створе Кызыляк.

Прошедшие годы эксплуатации Тахиаташского гидроузла совпали с периодом маловодных лет в реке, поэтому на гидроузле все время держались высокие горизонты; чаша верхнего бьефа использовалась как регулирующий водоем. Осветленная в периоды больших подпоров вода, поступая в каналы Кызкеткен и им. Ленина увеличенными (в связи с расширением посевных площадей) расходами, начала размывать русла каналов. При этом увеличились потери воды на фильтрацию из каналов вследствие нарушения кольматационного слоя на их дне и откосах, что привело к заболачиванию земель вблизи каналов.

В сентябре 1979 г. было перекрыто русло Амударьи в створе Туямунского гидроузла, и последний вступил во временную эксплуатацию. В связи с этим в верхнем и нижнем бьефах гидроузла началось интенсивное переформирование русла. При этом в нижнем бьефе отмечался общий размыв русла и понижение уровня воды в реке ниже гидроузла, создающие затруднение с обеспечением водоподачи в Ташсакинский и другие каналы с бесплотинным водозабором ниже по течению. Одновременно частичное переключение каналов существующей ирригационной сети на питание из верхнего бьефа узла привело к размыву и деформации каналов, пропускающих осветленную воду.

В связи со сказанным, возникают следующие задачи научных исследований для рассматриваемого периода.

Основной задачей следует считать регулирование русла реки на большой длине ниже Туямунского гидроузла с учетом общего размыва русла осветленной водой.

Установлено, что после вступления в строй Туямунского гидроузла в первые 15...20 лет русловые процессы, в том числе и береговые деформации, интенсифицируются. На основании обоб-



щения результатов многолетних комплексных исследований разработана общая схема регулирования русла р.Амударьи от Туямуна до Джумуртау на длине 160 км. Предусматривается не только защита прибрежных земель и населенных пунктов от размыва, но и улучшение условий водозабора в ирригационные каналы, а также освоение высокоплодородных пойменных и припойменных земель.

Указанная схема регулирования русла р.Амударьи рассмотрена и одобрена Техсоветом Узгипроводхоза и утверждена экспертизой Минводхоза УзССР в 1981 г. Сейчас идут работы по возведению поперечных траверсных дамб со стороны обоих берегов реки из местных грунтов методом намыва земснарядами.

В среднем течении реки необходимо:

разработать мероприятия по регулированию наносов и русла реки в условиях функционирования крупнейших бесплотинных водозаборов, надежно обоснованные результатами специальных натурных исследований. Сюда относятся: изучение работ головных отстойников, организация наносохранилищ в пойме реки для размещения наносов, регулирование русла реки на подходе к водозаборным каналам возведением регуляционных сооружений с учетом защиты берегов от размыва (такие работы уже проводятся);

достаточно подробно изучить транспортирующую способность речного потока на участках интенсивного отбора воды на орошение и переформирования русла реки ниже точки бесплотинных водозаборов.

Условия работы бесплотинных водозаборов из Амударьи все еще остаются в центре внимания, особенно в связи с развитием крупного машинного орошения в зонах Амубухарского и Каршинского магистральных каналов.

Регулирование русла реки в районе головного водозабора Амубухарского канала третьей очереди должно решаться в едином комплексе с мероприятиями по защите г.Чарджоу и регулировочными работами у железнодорожного мостового перехода. Интенсивный отбор осветленной воды с изменением стока вызывает необходимость регулирования наносов р.Амударьи. Если при ежегодном стоке наносов 200 млн.т более 50 млн.т взвешенных будет с водой попадать в оросительную систему, а остальная часть будет перемещаться по руслу реки вниз по тече-



ние, перегружая речной поток, то неизбежно встает вопрос о разумном распределении отложений излишка этих наносов в пойме реки;

— исследовать и в дальнейшем разработать компоновку комплекса сооружений Кызылаякского гидроузла с целью оптимального регулирования наносов на гидроузле и на отводящих каналах с учетом транспортирующей способности речного потока (эти работы временно приостановлены);

— изучить дополнительную кривую подпора и занесения верхнего бьефа, а также степень завала наносами нижнего бьефа при большом проценте водозабора. Разработать мероприятия по регулированию русла реки на значительном расстоянии и размещении откладывающихся наносов в пойме реки.

Несмотря на 20-летнюю историю проектирования Кызылаякского гидроузла, его схема еще в принципе не решена. Основными вопросами при проектировании Кызылаякского гидроузла является выбор наиболее рационального створа расположения гидроузла в русле реки и оптимального метода борьбы с наносами. Эффективность решения этих вопросов в основном и определяет технико-экономические показатели гидроузла.

По последним проработкам института "САО Гидропроект", ТЭО Кызылаякского гидроузла не позволяют сделать достаточно обоснованного выбора из предложенных вариантов размещения гидроузла из-за несопоставимости их по компоновочным решениям и составу сооружений.

Основываясь на большом опыте эксплуатации Амударьинских ирригационных систем и борьбы с наносами, мы считаем, что наиболее надежным и рациональным способом борьбы с последними в этих условиях является применение отстойников с механической очисткой и транспортирование значительной части мелких взвешенных наносов на орошаемые земли, т.е. дифференцированная раскладка их с двухступенчатой борьбой с ними на гидроузле (с донными) и во внутрисистемных отстойниках.

Использование принципа рассредоточенного водозабора в каналы сильно облегчает борьбу с наносами в системах. Поэтому вариант размещения гидроузла в створе Гоурдак с односторонним водозабором больших расходов воды, подаваемых через Зайдское водохранилище, с последующим пропуском осветленной воды в Каршинский канал при помощи акведука через Амударью является са-



мым неудачным, хотя по технико-экономическим показателям оказывается более выгодным. Кроме того, при борьбе с наносами путем осаждения их в Зеидском водо-наесоохранилище возможны большие непроизводительные потери воды на испарение (при объеме Зеидского водохранилища  $2,2 \text{ км}^3$  потери составляют, примерно,  $1,5 \text{ км}^3$ ), что недопустимо в условиях начинающегося дефицита воды в бассейне Амударьи.

Одним из основных недостатков размещения плотины в Гоурдакском створе (расположен в 12 км от Государственной границы с Афганистаном) является возможное затопление пойменных земель при образовании в процессе переформирования верхнего бьефа дополнительной кривой подпора, распространяющейся на расстояние более 50 км.

В нижнем течении реки необходимо:

продолжить натурные исследования процесса переформирования верхнего и нижнего бьефов Тахиаташского гидроузла для разработки оптимального режима эксплуатации плотины и борьбы с заилением;

- организовать исследования деформации русла и наносного режима каналов узла и разработку противошуговых мероприятий;

продолжить натурные исследования переформирования верхнего и нижнего бьефов Туямуньского гидроузла для выяснения следующего: а) изменений в русле реки при временной эксплуатации (общий размыв и плановые деформации русла); б) обеспеченности водоподачи в бесплотинные водозаборы ниже гидроузла; в) необходимости регулирования русла у головы канала Клычбай; г) появления деформации русла у существующих ирригационных каналов в условиях поступления осветленной воды из водохранилища; д) оптимального режима эксплуатации гидроузла, т.е. наиболее рационального использования регулирующей возможности русловой и наливной емкостей водохранилища с учетом влияния на качество воды;

организовать исследования русловых процессов на участке реки от Туямуньского до Тахиаташского гидроузлов в связи с частичным регулированием стока воды и попусками паводков из водохранилища с разработкой методики регулирования в новых условиях;

начать изучение русловых процессов в дельте Амударьи в связи с интенсивным падением уровня Аральского моря (для выяс-



нения возможности попятного размыва русла) и разработать мероприятия по сохранению и поддержанию хозяйств дельты.

Перечисленные выше вопросы НИР находятся в стадии разработки.

Т р е т и й п е р и о д. После начала полного регулирования стока Амударьи и распределения его между крупнейшими оросительными системами в среднем и нижнем течении прежде всего необходимо позаботиться о сохранении стабилизированного и постоянно действующего русла, имеющего ограниченные размеры по всей длине водотока. Такое русло с водовыделами в оросительные системы будет принимать стоки, видимо, в нескольких точках по длине. Основными из них, вероятно, будут верхний бьеф Туямуянского гидроузла со сбросом части стока в нижний бьеф и еще створ Джумуртау.

Осветленная вода, вступая во взаимодействие с относительно мутной водой Амударьи, должна вызвать соответствующие глубинные и плановые переформирования русла реки. Кроме того, качество воды самой Амударьи к этому времени значительно изменится, так как зарегулированное в определенных размерах русло реки, по всей вероятности, по уровенному режиму водной поверхности станет выполнять функцию естественного коллектора, собирая часть грунтовых вод повышенной минерализации.

В связи со сказанным, можно наметить следующие задачи научных исследований и поисков.

1. Прогнозирование русловых процессов для третьего периода жизни реки при полном регулировании стока и разработка мероприятий по стабилизации режима протекания потока.

2. Разработку схемы оптимального регулирования стока Амударьи водохранилищами (русловыми и наливными) Туямуянского гидроузла, включая расчеты:

а) по оценке русловой обстановки в бассейне Амударьи в условиях истощения собственных водных ресурсов (прогнозы раскладки наносов в среднем течении и переформирования русла в нижнем; разработка рекомендаций по ограничению интенсивности русловых процессов в среднем течении реки), а также г) составление схемы оптимального регулирования стока водохранилищами Туямуянского гидроузла, д) прогнозирование эксплуатационных



режимов крупнейших ирригационных каналов в новых условиях и разработку мероприятий по стабилизации их русла, предотвращающих необратимые деформации.

3. Разработку технологических схем режима работы водозаборных сооружений и гидроузлов по вододелению в целях автоматизации управления и регулирования водохозяйственного комплекса в среднем и нижнем течении р.Амударьи.

Все вышеперечисленные вопросы исследований должны решаться на высоком научном уровне. При этом высокоточные натурные измерения гидравлических элементов потока и параметров русла и их физическое моделирование необходимо сочетать с математическим моделированием.

В исследованиях необходимо обратить особое внимание на изучение трехмерной турбулентной структуры руслового потока. В динамике русловых потоков еще не решенным остается вопрос определения интенсивности руслового процесса при грядовом перемещении наносов. Интенсивность руслового процесса зависит, главным образом, от избытка скорости потока ( $\frac{v}{v_0}$ ), который, в свою очередь, определяет устойчивость русла в поперечном профиле и в продольном направлении.

В условиях Амударьи при большом избытке скорости  $\frac{v}{v_0} = 4 \dots 5$  всегда отмечается высокая интенсивность руслового процесса, благодаря чему наблюдается неустойчивость русла почти во всех расходах реки.

Поэтому в условиях интенсивного отбора воды бесплотинными водозаборами перегрузка речного потока донными наносами ниже участка водозабора приводит к интенсивному блужданию русла и необходимости его регулирования на значительной длине участка реки. Решение этого вопроса целесообразно проводить методами математического и физического моделирования в условиях плановой задачи гидравлики наносонесущего потока.

В каждом конкретном случае поставленные инженерные задачи можно решить современными приемами речной гидравлики и динамики русловых потоков, базируясь на достоверных данных натурных измерений.

#### Список использованной литературы

- Г.Абдураупов Р.Р., Нуритдинов З.Н. Образование и разрушение гряд при насыщении потока мелкопесчаными наносами. - Докл. ВАСХНИЛ, - М.: 1971. № 2, с.39-40.



2. Исмагилов Х.А. Морфометрические зависимости применительно к условиям среднего и нижнего течения р.Амударьи и по данным модельных исследований. - Сб. научн. тр./Среднеаз.НИИ ирригации, 1970, вып.120, с.127-131.
3. Какимов О.А., Ирмухамедов Х.А. Кинематическая структура потока у защитно-регулирующих сооружений: - Сб. научн. тр./Среднеаз.НИИ ирригации, 1970, вып.120, с.93-105.
4. Мухамедов А.М. Некоторые особенности р.Амударьи и причины размыва берегов (явление "дейгиша"). - Сб. научн. тр./Среднеаз.НИИ ирригации, 1970, вып.120, с.29-49.
5. Мухамедов А.М., Тузов В.Е. Особенности русловых деформаций р.Амударьи - "дейгиш". - Тр. Координационного совещания/Всесоюзный НИИ гидротехники, 1967, вып.36, с.268-283.
6. Мухамедов А.М., Ирмухамедов Х.А., Какимов О.А. К вопросу оценки размывающей способности руслового потока. - Сб. научн. тр./Среднеаз.НИИ ирригации. 1968, вып.117, с.92-109.
7. Мухамедов А.М., Ирмухамедов Х.А., Сеславина В.П. Лабораторные исследования по изучению дейгиша на р.Амударье в районе канала Ташсака и регулирования русла системой сквозных шпор. - Бюлл. научно-техн. инф./Среднеаз.НИИ ирригации, 1968, №6, с.10-16.
8. Мухамедов А.М., Уркинбаев Р.К. Применение теории источников и стоков при решении задачи об обтекании потоком жидкости сквозных шпор (решетки). - Сб. научн. тр./Среднеаз.НИИ ирригации, 1968, вып.117, с.16-27.
9. Мухамедов А.М., Исмагилов Х.А. Некоторые гидроморфологические зависимости рек Средней Азии. - Докл. ВАСХНИЛ. - М.: 1978, №3, с.37-38.
10. Мухамедов А.М., Жураев Т.Ж. Распределение осредненных продольных скоростей по глубине потока р.Амударьи. - Докл. ВАСХНИЛ. - М.: 1973, №5, с.40-41.
11. Мухамедов А.М., Жураев Т.Ж. О коэффициенте шероховатости реки Амударьи. Сб. научн. тр./Среднеаз.НИИ ирригации, 1972, вып.135, с.182-187.



12. Мухамедов А.М., Исмагиллов Х.А., Жураев Т.Ж. О кинематико-морфологической зависимости р.Амударьи. – Сб.научн.тр./Среднеаз.НИИ ирригации, 1970, вып.124, с.55-61.
13. Мухамедов А.М., Абдураупов Р.Р., Нуритдинов З.Н. Некоторые вопросы кинематической структуры турбулентного потока. – Докл. ВАСХНИЛ – М.: 1974, № 8, с.39-40.
14. Мухамедов А.М., Ирмухамедов Х.А., Тузов В.Е., Когтева И.В. Некоторые результаты изучения гидравлических элементов и кинематики потока в зоне дейгиша. – Сб.научн.тр./Среднеаз.НИИ ирригации, 1970, вып.124, с.63-91.
15. Мухамедов А.М., Ирмухамедов Х.А., Каюмов О.А. Рекомендуемые способы защиты берегов р.Амударьи от размыва. – Сб.научн.тр./Среднеаз.НИИ ирригации, 1976, вып.151, с.6-11.
16. Мухамедов А.М., Абдураупов Р.Р., Тузов В.Е. Исследование русловых процессов у регулировочных сооружений Амубухарского канала 2-ой очереди. – Сб.научн.тр./Среднеаз.НИИ ирригации, 1970, вып.124, с.31-53.

З.Н.Нуритдинов, канд.техн.наук  
Р.Ш.Ирмухамедов, В.Я.Марков  
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

#### НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ КЫЗЫЛ- КУМСКОГО МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА

С целью разработки методики расчета гидравлических элементов канала нами в 1978-1982 гг. были проведены натурные исследования на Кызылкумском магистральном канале при различных эксплуатационных режимах.

#### Описание исследуемых участков канала

Кызылкумский магистральный канал (КэМК) расположен в среднем течении р.Сырдарьи; питается осветленной водой из Чардаринского водохранилища.

Детальные исследования выполнялись на пяти характерных участках канала, которые имели следующие границы: 1 – ПК 35... ПК 36; 2 – ПК 43 ... ПК 44; 3 – ПК 60 ... ПК 80; 4 – ПК 110; 5 и 6 – ПК 247 ... ПК 247 + 50. За изменением гидравлических эле-