

С. А. АННАЕВ

**РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ
В КРУПНЫХ КАНАЛАХ**



АШХАБАД — 1986

Академия наук Туркменской ССР
Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР
Туркменский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации

С. А. А Н Н А Е В

РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ
В КРУПНЫХ КАНАЛАХ

Ответственный редактор
В.С. Алтунин



АШХАБАД. ИЛМ. 1986

Рецензенты
В.С.Рыманова, С.А.Аширов

Аннаев С.А.

А68 Русловые процессы в крупных каналах /Отв. ред. В.С.Ал-
тунин. - А.: Ылым, 1986. - 164 с.
Ир. 20 к.

Приведены результаты исследований по формированию русла Каракумского канала им. В.И.Ленина; по русловым процессам, гидравлике потока и морфометрическим характеристикам Дарья-лыкского коллектора, а также каналов Советябской оросительной системы; предложены зависимости для расчета устойчивых поперечных сечений и продольного профиля земляных каналов. Для гидротехников, мелиораторов.

38.776

А 3303000000-057 31-86
И 561(14)-86



Издательство "Ылым", 1986

В В Е Д Е Н И Е

Планом развития народного хозяйства страны на 12-ю пятилетку предусматривается осуществление больших работ по комплексному водохозяйственному строительству, орошению и осушению огромных массивов плодородных земель, обводнению миллионов гектаров пастбищ, улучшению водоснабжения, развитию гидроэнергетики и т.д. При выполнении этих грандиозных задач особое место принадлежит республикам Средней Азии и Казахстану — основным районам орошаемого земледелия, отгонного животноводства и бурно развивающейся многоотраслевой промышленности.

Гидравлические расчеты и проектирование больших земляных каналов выдвигают проблему многолетнего прогнозирования русловых процессов на водотоках и создание таких условий в процессе руслоформирования, при которых сохранялись бы пропускная способность и устойчивость русел каналов. В этих условиях особое значение приобретают вопросы оптимального проектирования больших земляных каналов с максимальной пропускной способностью, вопросы их экономичности в период многолетней эксплуатации, находящиеся в прямой зависимости от реализации проектных условий течения потока в искусственно созданных длинных и больших реках и каналах.

При проектировании больших земляных каналов (создание новых искусственных рек) наиболее трудной проблемой, стоящей перед инженерами-проектировщиками, является нахождение оптимального решения при выборе таких размеров и форм поперечных сечений русла, которые при минимальном объеме земляных работ обеспечат пропуск необходимых величин расходов в условиях неизменной формы, продольного уклона и шероховатости запроектированного русла. Очевидно, чем больше скорость течения, тем меньше размеры русла

и капитальные вложения на единицу длины проектируемого водотока. Известно, что на увеличение скоростей накладывается ограничение: скорости не должны превышать значений, при которых возможно начало необратимых русловых изменений в виде глубинной деформации в форме возникновения размывов, либо плановой в форме извилистости и меандрирования русл.

В связи с этим существенное значение приобретает выбор надежных критериев, позволяющих с достаточной точностью рассчитать для конкретных условий значения предельных скоростей, при которых не будут возникать необратимые русловые деформации. Получение их тесно связано с проблемой устойчивости течения потока в деформируемых (размываемых) руслах и устойчивости ложа речных русл и каналов.

В современной литературе, посвященной русловым процессам, в частности устойчивости легкоразмываемого зернистого ложа русл, особо подчеркивается, что теоретическое решение проблемы невозможно, поскольку требуется предварительное решение задач гидромеханики турбулентного потока, получение богатой информации экспериментального характера по турбулентности придонного слоя и т.д. В имеющихся работах обычно приводятся экспериментальные исследования характеристик турбулентной пульсации в придонной и других областях русловых потоков и накапливается материал. Решения инженерной задачи по устойчивости русл выполняются прежними, зачастую весьма приближенными эмпирическими подходами, в которых используются некоторые данные характеристик турбулентности.

Натурные исследования по изучению процесса формирования русла проведены под руководством и при участии автора в 1960 – 1981 гг. на первой очереди Каракумского канала им. В.И.Ленина, где имеются различные категории грунтов (глина, суглинок, супесь, песок), мутности потока и величины расхода воды. Аналогичные исследования проведены в 1970 – 1975 гг. на среднем участке р. Амударьи и в 1967 – 1978 гг. на каналах Советябской оросительной системы. Собраны многолетние натурные гидрометрические материалы по большим оросительным каналам (Каракумский, Кызкеткен, Ташсака, Шават, Клычниязбай, Советяб, им. Ленина, Кегейли, Кульарик и дельтовым протокам р. Амударьи: Акдарьи, Кипчақдарьи и Инженер-узьяк).

Результаты исследований дали возможность проследить по времени за развитием процесса формирования динамически устойчивого русла, изменением величин его основных гидроморфологических характеристик в зависимости от грунтовых условий ложа и величины расхода воды.

ВОДНЫЕ И ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ТУРКМЕНИСТАНА

Площадь Туркменской ССР составляет свыше 48 млн.га, из них 35 млн.га (72%) приходится на долю Каракумов – крупнейшую в СССР и четвертую в мире пустыню. Необозримые пространства её покрыты барханами сыпучих подвижных песков, кое-где перемежающихся такырами, твердыми, как камень, глинистыми почвами.

Бесплодные пески не только отнимали посевные площади, но и надежно прикрывали овоей многометровой толщей недра туркменской земли, богатые разнообразными полезными ископаемыми. В безграничном океане каракумских песков, покрытых редкой растительностью, вкраплены, словно драгоценные камни, цветущие оазисы. Наиболее крупные из них – Мургабский, Ташаузский, Чарджоуский, Тедженский, Кызыл-Атрекский и Копетдагский, расположенные в долинах и дельтах больших и малых рек. Возделанные культурные почвы их занимают чуть больше 1% территории республики, на горные районы и возвышенности приходится почти 5%.

Плодородные земли Туркменистана, пригодные к орошению, занимают около 6,6 млн.га и распределены по территории республики неравномерно. Так, например, 41% земель (около 2,7 млн.га) расположен в бассейне Амударьи, Ташаузском и Чарджоуском оазисах, а остальные 59% (около 4,8 млн.га) – в бассейнах Мургаба, Теджена, Атрека и на Прикопетдагской равнине. Следовательно, основная часть плодородных земель находится в безводных районах республики.

Отсутствие высоких гор со снеговыми вершинами и ледниками – причина бедности речной сети. Наиболее крупные реки – Амударья, Мургаб, Теджен и Атрек. Из общего количества запаса воды свыше 94% приходится на долю Амударьи и лишь около 6% – на Мургаб, Теджен, Атрек, речки, родники, кяризы (водосборные галереи) и

другие водные источники. Ограниченные водные запасы тормозят развитие сельского хозяйства, промышленности, транспорта. Реки, питающие оазисы, за исключением Амударьи, маловодны, давно уже полностью разобраны на орошение. Все они представляют собой обособленные бассейны, имеющие свои особенности.

Р. Атрек берет начало в Иране, в горах Копетдага, на высоте 2000 м. Среднее течение Атрека проходит по государственной границе СССР с Ираном, а нижний дельтовый участок реки протяженностью 72 км находится в Туркменистане. Питание Атрека и его притока Сумбара происходит за счет таяния снегов в горах, дождей весеннего периода и в незначительной мере подземных вод. Увеличение воды в реке начинается в конце февраля — начале марта, а наибольшее её количество в апреле — мае достигнет иногда 110 — 120 м³/с. Весной воды Атрека доходят до Каспийского моря, широко разливаются, вызывая в дельте заболоченность. Средний годовой расход воды в реке составляет около 10 м³/с [89]. Если перевести в сток воды, то он будет равен 315 млн. м³. Летом Атрек в нижнем течении почти пересыхает и становится практически непригодным для орошения. Общая площадь возделываемых земель не превышает 5 тыс. га. Она тянется узкой полосой по правому берегу реки, местами прерываясь заболоченными солончаковыми почвами. До настоящего времени основную часть поливных земель занимают зерновые хлеба, сады и виноградники.

По климатическим условиям бассейн Атрека входит в зону сухих субтропиков, где в отличие от влажных субтропиков Черноморского побережья Кавказа выпадает в 20 раз меньше атмосферных осадков. Однако и здесь на орошаемых землях хорошо растут такие субтропические культуры, как инжир, гранат, лимоны, маслины, финиковая пальма и др.

Сток воды Атрека не зарегулирован из-за его пограничного положения, что явилось причиной медленного развития в оазисе поливного земледелия. По соглашению с Ираном намечается сооружение плотин и водохранилища на этой реке, которая даст возможность оросить до 17,5 тыс. га земли на территории Туркменистана и Ирана. Всего в Кызыл-Атрекском оазисе около 500 тыс. га земли, пригодной для возделывания тонковолокнистого хлопчатника и других ценнейших сельскохозяйственных культур. Орошение этих земель будет возможно только водами Каракумского канала после сооружения его Кызыл-Атрекской ветви.

Речки Копетдага. К востоку от Кызыл-Атрекского оазиса расположен Прикопетдагский оазис. В основном к нему относится предгорная равнина Копетдага, начиная от Казанджика до восточной границы Каахка. Долины Копетдага безводны или имеют лишь небольшие речки и ручьи. Орошаемые земли есть лишь в предгорной равнине, протянувшейся полосой 5 - 40 км между Копетдагом и песчаной пустыней Каракумы. Здесь земли орошаются речками и ручьями, стекающими с Копетдага, а также грунтовыми (подземными) водами, добываемыми при помощи водосборных галерей (кяризы) и скважин.

На всем 500-километровом протяжении Прикопетдагского оазиса имеется 30 мелких рек, много ручьев и родников. Более крупные из них Меана, Карасу, Арваз, Мегинсу, Фирюзинка, Коши, Кельте-Чинар, Баба-Дурмаз и др. [89]. В нижней части их возникли поселения с небольшими площадями орошаемых земель, то есть микрооазисы.

Все речки, родники, кяризы и скважины Прикопетдагского оазиса дают около $12 \text{ м}^3/\text{с}$ воды, то есть средний годовой сток воды их равняется около 380 млн. м^3 . Этот сток полностью используется на орошение и водоснабжение. При этом водообеспеченность поливных площадей весьма низка и в среднем составляет 30% нормы.

Речки Копетдага питаются сезонными снегами с гор и весенними дождями; весной иногда принимают характер бурных стремительных потоков. В отдельные годы по ним проходят разрушительные сели. Наибольшие расходы воды наблюдаются в марте - апреле.

Всего в этом оазисе имеется свыше 180 тыс. га земель, пригодных к орошению, а под посевами и насаждениями до прихода амударьинской воды находилось лишь около 30 тыс. га. Возделываемые культуры - зерновые хлеба, сады, виноградники и в небольшой степени хлопчатник в Каахкинском, Бахарденском и Алхабадском районах.

Орошение всех пригодных к освоению земель Прикопетдагского оазиса возможно только водами Каракумского канала третьей и четвертой очередей.

Р. Теджен берет начало в горах Афганистана на высоте около 3000 м над ур. м. Река в верхнем и среднем (до пересечения границы СССР) течении носит название Гери-Руд, а ниже, в пределах Туркменистана, - Теджен. Из 1124-километровой протяженности реки немногим более 300 км приходится на территорию нашей республики.

Основную роль в питании р. Теджен играют таяние снегов в горах и дожди, выпадающие преимущественно в зимне-весенний период.

Большая часть воды разбирается на орошение 100 тыс. га земель в обширной плодородной Гератской долине Афганистана и в Мешхедской долине Ирана. В пределы нашей республики р. Теджен несет только небольшую часть своих вод.

Водный режим реки характеризуется весенним паводком (половодьем), то есть ежегодным увеличением расходов воды в апреле — мае. Для этого периода характерно наличие отдельных пиков в гидрографе паводка, образующихся за счет выпадения ливневых дождей. Весной наибольший расход воды р. Теджен в основном не превышает 400 — 500 м³/с. С июля по октябрь река почти полностью пересыхает. Затем с ноября — декабря обычно начинается поступление воды по р. Теджен с медленным увеличением в связи с выпадением осадков и уменьшением в её верховьях расходов воды на орошение. Среднегодовой расход воды р. Теджен у Пуль-и-Хатум 32 м³/с [89]. Если это количество воды перевести в сток, то он составит около 1 млрд. м³. Водность реки резко колеблется по месяцам и годам. За последние 20 лет вода и её сток значительно уменьшились: среднегодовой расход составляет около 20 м³/с.

Для поддержания воды на уровне, позволяющем пропуск воды в каналы самотеком, на р. Теджен издавна строились небольшие плотины. Так, в 1926 г. в низовьях реки был сооружен Карры-Бентский распределительный узел инженерного типа, от которого отходят каналы Магалак, Бек, Отамыш и др.

В прошлом почти вся паводковая вода р. Теджен не использовалась на орошение и бесполезно сбрасывалась в Каракумы. При задержании её в водохранилищах можно значительно увеличить орошаемую площадь Тедженского оазиса.

В настоящее время на реке построены и успешно эксплуатируются Хор-Хорское, первое и второе Тедженские водохранилища с общим полезным объёмом свыше 370 млн. м³. В результате сброс воды в пески сократился почти в 2 раза. Постройка водохранилищ позволила создать устойчивое орошение и выращивать тонковолокнистый хлопчатник в Тедженском оазисе. Раньше здесь возделывались в основном зерновые и бахчевые культуры, сады и виноградники.

В Тедженском оазисе из 150 тыс. га орошаемой площади из-за дефицита воды в период летней вегетации использовалось под посевы только около 30 тыс. га земли. Между тем земли, пригодные для орошения, после проведения небольшой агроомелиорации составляют около 1 млн. га.

Обеспечить оросительной водой плодородные земли Тедженского оазиса может только Каракумский канал. Дальнейшее развитие орошения в Афганистане и Иране в известной степени сократит сток р. Теджен, поступающий в пределы нашей республики.

Р. Мургаб берет начало в Афганистане, в горах на высоте 2600 м над ур. м. Из общего протяжения (852 км) на территорию Туркменистана приходится 350 км. На нашей территории р. Мургаб принимает только свои последние два притока — Кашан и Кушку. Питание река получает от таяния снегов в горах, выпадения дождей в зимне-весенний период и в меньшей степени подземных вод.

Водный режим Мургаба характеризуется весенними паводками, возникающими от таяния снегов в горах и выпадения дождей. Паводок по сравнению с реками Теджен и Атрек несколько растянут во времени и обычно начинается в начале марта, достигает максимума в апреле — мае и заканчивается в июне. Зимой и летом подземное питание обеспечивает устойчивый минимальный расход воды в реке. В отдельные сильно засушливые годы паводка не бывает, так как вся вода практически разбирается в Афганистане на орошение около 10 тыс. га земель. Значительное количество воды Мургаба ежегодно теряется на фильтрацию и испарение, в особенности с поверхности водохранилищ.

Средний многолетний расход воды Мургаба у пос. Тахта-Базар равен $51 \text{ м}^3/\text{с}$ [89]. Это в переводе на сток составляет свыше 1600 млн. м^3 . Расходы воды в реке колеблются по годам в широком диапазоне в зависимости от количества снега в горах и дождя в весенне-летний период. Так, например, сток воды за год иногда падал до 800 или поднимался до 2600 млн. м^3 . Эти цифры говорят о том, что максимальное количество воды в 3 раза больше минимального.

Водный режим Мургаба, как Теджена и Атрека, не соответствует оросительным нормам потребления основных сельскохозяйственных культур, таких как хлопчатник, люцерна и др. Распределение воды по сезонам года в основном происходит следующим образом. От годового количества воды 46% приходится на весну (март — май), 23 — лето (июнь — август), 16 — осень (сентябрь — ноябрь) и 15% — на зиму (декабрь — февраль).

Население Мургабского оазиса издавна владело искусством строительства ирригационных устройств для орошения полей. Строительство больших водохранилищ и перегораживающих сооружений при-

няло широкий размах после Великой Октябрьской революции. Были построены новые и реконструированы старые водохранилища и ряд других сооружений. Наиболее крупные, регулирующие в настоящее время сток воды р. Мургаб водохранилища – Сары-Язынское, Ташкепринское, Иолотанское, Колхоз-Бентское, Среднегиндукушское и Нижнегиндукушское. Общая полезная ёмкость их 340 млн.м³. Ёмкость водохранилищ ежегодно сокращается почти на 6 млн.м³ вследствие отложения наносов, приносимых водой реки. Наибольшая мутность воды наблюдается в апреле – мае. В настоящее время реконструируется Сары-Язынское водохранилище с целью значительного увеличения его полезной ёмкости.

Построенные водохранилища оказали огромную помощь в создании устойчивого орошения и доведении орошаемой площади до 85 тыс.га. Обеспеченность водой в летние месяцы способствовала росту хлопководства – Мургабский оазис стал одним из основных районов тонковолокнистого хлопководства в СССР.

Приход амударьинской воды позволил значительно увеличить орошаемую площадь в Марыйской области (на 100 тыс.га). Это достигается тем, что земли, расположенные в низовьях Мургаба, орошаются водами Амударьи из Каракумского канала, а сток р. Мургаб используется для орошения земель, лежащих по её берегам выше г. Мары.

Летом 1966 г. из-за сильного маловодья Мургаба за короткий срок была построена первая очередь машинного канала, берущего начало на левом берегу 312-го км Каракумского канала. Протяженность его первой очереди 45 км, пропускная способность 25 м³/с, вода поднята на 30 м при помощи 3 насосных станций. Каракумская вода по машинному каналу впадает в Мургаб у гидроузла Султан-яб; этой воды достаточно для орошения более 12 тыс.га.

В конце 1966 г. и первой половине 1967 г. построена вторая очередь машинного канала пропускной способностью 50 м³/с, общей протяженностью 50 км; с его помощью обеспечивалась подача воды в Гиндукушское водохранилище на р. Мургаб. В результате вода Каракумского канала подавалась в верховья Мургаба для орошения земель Иолотанского и Байрам-Алийского районов. Таким образом, были спасены посевы на площади десятки тысяч гектаров.

Р. Амударья – самая крупная река Средней Азии общей протяженностью от истока до Аральского моря 2450 км. Берет начало в огромных ледниках Гиндукуша на высоте около 5000 м над ур. м. Река

в верховьях до впадения р. Вахш носит название Пяндж. Образуется эта река от слияния Вахандарьи и Памира, а далее вниз по течению сток её увеличивается за счет впадения р. Ак-Су, Мургаб, Гунт, Бартанг, Язгулем, Ванч и др. После слияния Пянджа и Вахша Амударья принимает притоки Кундуз, Кафирниган и Сурхандарью.

Все реки бассейна Амударьи представляют собой горные потоки с громадными уклонами, большими скоростями течения, большей частью протекающие в узких глубоких горных ущельях. Русла их каменисты, сложены валунами, галькой и изобилуют порогами, стремнинами и перепадами.

Источник питания Амударьи — в основном сезонные снега, ледники и вечные снега высокогорной части бассейна, в сравнительно небольшой степени дожди и несколько большей мере подземные воды. Река имеет продолжительный весенне-летний паводок. Обычно он начинается с выпадением весенних дождей в горах. Горизонт воды в ней начинает постепенно повышаться уже со второй половины марта, а с увеличением температуры и усиленным таянием снега в горах уровень воды в реке резко поднимается. Паводковая вода держится почти до сентября, когда понижение температуры в горах замедляет таяние снега и льда и уровень воды в Амударье заметно падает.

Подъем уровня воды в реке в летний период в значительной степени соответствует оросительным потребностям хлопчатника и других южных сельскохозяйственных культур.

Распределение стока воды по сезонам года по Керкинскому гидрометрическому створу (в процентах от годового стока) характеризуется следующим образом: лето (июнь — август) — 50%, весна (март — май) — 22, осень (сентябрь — ноябрь) — 18 и зима (декабрь — февраль) — 10%. Эти цифры показывают, что сток Амударьи подвержен значительным колебаниям в течение года. Минимальные расходы воды наблюдаются в декабре — январе и составляют 500 — 700 м³/с. Максимальные расходы приходятся на июль — август и достигают у г. Керки 5000 — 8600 м³/с. Скорость течения воды в реке при больших расходах равняется 2,5 — 3,0 м/с, при малых расходах — 1,5 м/с и меньше. Среднегодовой расход у г. Керки 2060, у Нукуса — 1510 м³/с; при переводе в сток — соответственно 63,7 и 47,8 млрд. м³. Отсюда видно, что на участке Керки — Нукус около 25% воды Амударьи забирается на орошение земель и теряется в небольшой степени на испарение и фильтрацию. В последние годы они возросли до 30 — 35%. Вышеприведенные данные указывают на много-

водность Амударьи. При полном регулировании её стока, то есть при задержании в водохранилищах, орошаемую площадь можно увеличить до 5 – 6 млн.га. В настоящее время из Амударьи орошается по приближенным подсчетам около 1 млн.га земель. Весной из-за маловодности реки затруднено орошение даже этой площади. Ежегодно весной каналы самотеком получают 50 – 60% воды, 40 – 50% поднимается насосами. В летний период максимальный расход всех амударьинских оросительных систем составляет около 1600 м³/с. Весна 1966 – 1968 гг. была особенно маловодной, вода Амударьи не доходила до Аральского моря. В низовьях реки вода в каналы подавалась исключительно насосами.

Для улучшения водообеспеченности земель бассейна Амударьи в настоящее время строится Тюя-Муынская и построена Тахиа-Ташская плотины с водохранилищами. Эту проблему в некоторой степени разрешит Нурекская ГЭС на р. Вахш.

Амударья характеризуется неустойчивостью русла и большой мутностью воды. Русло реки непрерывно деформируется, часто меняет направление и блуждает в пределах поймы, созданной из собственных наносов реки, поэтому народ называл её Джейхуном (бешеная, неистовая). Из-за интенсивных размывов берегов не всегда возможно выращивание сельскохозяйственных культур на её береговой полосе шириной до 200 – 500 м в каждую сторону.

По насыщенности наносами Амударья в 2 – 3 раза превышает известную своей мутностью р. Нил. Количество наносов в одном кубометре воды колеблется от 0,5 (зимой) до 4 – 5 кг (весной и летом). Наибольшая мутность воды приходится на апрель – май. В некоторые годы она достигает до 8 – 10 кг в одном кубическом метре воды. С водой Амударьи у г. Керки за год проходит более 200 млн.т наносов.

Амударья – не только могучий водный источник, но и своеобразная фабрика минеральных удобрений. Её воды и увлажняют, и удобряют поливные земли. Стремительное и сильное течение этой реки и её притоков в верховьях разрушает горные породы, отрывает от них мельчайшие частицы и увлекает их с собой, откладывая в виде наносов в нижнем течении. В образуемых наносах содержатся ценные минеральные вещества: известь, калий и фосфор. С водой реки в течение года на 1 га почвы поступает в среднем около 1700 кг извести, 490 – калия и 40 кг фосфора.

В среднем и нижнем течениях русло Амударьи проходит в легких грунтах-песках аллювиального образования, которые легко размыва-

ются текущей водой. Стремительное течение реки обладает большой разрушительной силой. Известны случаи разрушения берега потоком на глубину до 10 м/ч [9].

Неустойчивость русла реки размыву создает серьезные затруднения при эксплуатации оросительных систем. Размыв береговой полосы приводит к нарушению головного водозабора, разрушению каналов, уносу сооружений и килых построек, а намыв отмелей оставляет каналы без воды.

Берег реки у городов и поселков сильно укрепляется камнями, хворостом, железобетонными плитами, шпорами, габионами, местными материалами (Керки, Чарджоу и др.).

Нередко наблюдаются случаи отхода реки от головы каналов и закрытия их отмелью, вследствие чего прекращается поступление воды. В таких случаях срочно прорываются прорезы до основного русла реки. Для обеспечения бесплотинного водозабора головные сооружения оросительных каналов бассейна Амударьи располагают на расстоянии 3 - 7 км от русла реки (каналы Каракумский, Кульарык, Советяб и др.) или строят их в тех местах, где берег реки устойчив к размыву (Ташсака, Кызкеткен, им. Ленина и др.). К головному сооружению почти всех каналов вода из Амударьи подводится несколькими каналами, служащими головными отстойниками, задерживающими крупные песчаные фракции взвешенных наносов и улучшающими водозабор при низких горизонтах воды в реке.

При высоких горизонтах воды в реке происходят серьезные изменения русла: за несколько часов смываются целые острова и возникают мели. После прохождения паводка русло Амударьи становится неузнаваемым. Там, где были большие глубины, появляются острова или мели, создаются новые протоки. Водохозяйственным организациям прибрежных районов приходится вести постоянную и напряженную борьбу с беспокойной Амударьей. Они укрепляют её берега дамбами, протянутыми на сотни километров, выполняют противодейственные прорезы и другие мероприятия [9].

Несмотря на огромные трудности, амударьинская вода издавна используется для орошения земель, но по-настоящему широкое и планомерное использование водных запасов реки началось в годы советской власти. Проведено крупное ирригационное строительство: старые каналы заменены современными оросительными системами, построены Босага-Керкинский, Карабекаульский, Советябский, Клычниязбайский и другие каналы, питающиеся водами Амударьи, большое

количество гидротехнических водораспределительных сооружений. В результате орошаемые земли в долине Амударьи увеличились более чем в 2 раза. Прирост орошаемых площадей продолжается и в нынешнее время в связи с постоянным увеличением пропускной способности оросительных каналов путем их реконструкции с одновременным удлинением.

Строительство Каракумского канала им. Ленина, забирающего воду из Амударьи у ст. Мукры, является дальнейшим шагом вперед по пути резкого улучшения водного хозяйства республики в интересах развития сельского хозяйства, промышленности и других отраслей народного хозяйства Туркменистана.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И ЗНАЧЕНИЕ КАРАКУМСКОГО КАНАЛА им. В.И. ЛЕНИНА

В осуществлении грандиозных задач партии и правительства по мелиорации земель видное место принадлежит Туркменской ССР, являющейся одним из основных районов орошаемого земледелия страны, в котором сельскохозяйственное производство базируется на искусственном орошении. Дальнейший рост поливных площадей на юге Туркменистана (зона пустынь), стал возможен только за счет переброски в эти районы оросительной воды из многоводной Амударьи с помощью канала через песчаную пустыню Юго-Восточных Каракумов. С этой целью с 1954 г. ведется строительство Каракумского канала им. В.И.Ленина.

В мировой гидротехнической практике не было опыта переброски больших масс воды на значительные расстояния через песчаные пустыни, подобные Каракумам. В связи с колоссальным объемом строительных работ и трудностью одновременного освоения обширных массивов земель строительство Каракумского канала было разбито на 6 очередей. В настоящее время сооружены три очереди канала общей протяженностью 844 км. Строительство четвертой очереди продолжается.

В период проектирования и строительства первых очередей Каракумского канала не было достаточного опыта в назначении формы поперечных сечений земляных каналов. При пропуске сверхпроектных расходов воды возникли интенсивные деформации в русле канала.

С целью разработки рекомендаций по назначению величин основных параметров русла с учетом специфических условий Каракумского

канала в 1959 г. Туркменский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации (ТуркменНИИГим) приступил к изучению русловых процессов на первой очереди канала. Натурные исследования проводились под руководством и при непосредственном участии автора как ответственного исполнителя, производившего полевые натурные измерения, их обработку и анализ [8 - 27].

Сама идея переброски амударьинских вод в маловодные Мургабский и Тедженский оазисы и в предгорные районы Копетдага через Юго-Восточные Каракумы не является новой. Она возникла десятки лет назад, причем выдвигались различные предложения и проектные схемы. Впервые трасса Каракумского канала и район Келифского Узбоя изучались в 1906 - 1907 гг. экспедицией, возглавляемой инженером М.Н.Ермолаевым. Экспедиция стремилась найти трассу канала вдоль Келифского Узбоя для переброски вод Амударьи в Мургабский и Тедженский оазисы. Первый по времени проект составлен в 1908 г. инженером М.Н.Ермолаевым, по которому канал должен быть построен от Амударьи (с водозабором у Кызыл-Аяка) до р. Мургаб и Теджен с орошением в бассейнах этих рек 170 тыс. десятин земель.

В 1908 г. комиссия при Московском биржевом комитете по увеличению площадей посевов под хлопчатник организовала Каракумскую экспедицию, на которую возлагалась задача определить пригодность почв для орошения и возможность пропуска воды через пустыню. Разноречивые данные экспедиций М.Н.Ермолаева и Московского биржевого комитета побудили последнего организовать в 1911 г. новую экспедицию под руководством инженера Б.Х.Шлегеля. В 1912 г. им составлен более детальный проект, по которому головная часть канала намечалась из Амударьи у китлака Босага для орошения 340 тыс. десятин, в том числе 60 тыс. десятин - в районе Обручевской степи, 180 тыс. - на Мургабе и 100 тыс. десятин - на Теджене.

В 1921 г. проф. Г.К.Ризенкамф, сопоставляя результаты различных экспедиций, составил карту, на которую нанес предполагаемую трассу Транскаспийского канала. Хотя предложение Г.К.Ризенкамфа носило весьма предварительный характер, сделанные им выводы казались настолько обнадеживающими, что для проверки его положений был послан ряд экспедиций. Одной из таких экспедиций руководил инженер Волков, который после длительных изысканий убедился, что трасса проходит по сложному рельефу.

После Октябрьской революции над проблемой пропуска амударьинских вод через Юго-Восточные Каракумы работал инженер Ф.П.Моргу-

ненков. Он предложил свою проектную схему переброски воды в дельты р. Мургаб и Теджен. Ф.П.Моргуненков был одним из инициаторов строительства Келифского сброса, по которому в 1927 г. вода Амударьи пропущена в Келифский Узбой более чем на 100 км, что явилось доказательством возможности пропуска амударьинской воды в южные и юго-западные районы республики [39].

С 1940 г. проектным институтом "Туркменводпроиз" были начаты дальнейшие проектные проработки по Каракумскому каналу: вопросу выбора трассы будущего канала уделялось большое внимание. Были сравнены варианты трасс различных авторов с учетом опыта сброса воды по Келифскому Узбою. Преимущество было отдано так называемой южной трассе канала, охватывающей максимум орошаемых площадей, при минимальных объемах земляных работ и длине участков в насыпи. В 1947 г. проектное здание первой очереди Каракумского канала по этому направлению было утверждено и начато строительство первой очереди в 1954 г. и закончено в 1959 г.

Трудно переоценить значение Каракумского канала в развитии народного хозяйства Туркменской ССР, так как с помощью его был решен целый комплекс экономических задач: орошение земель, обводнение пастбищ, водоснабжение, судоходство и др. Канал водами Амударьи орошает в настоящее время около 500 тыс. га староорошаемых, целинных и залежных земель Мургабского и Тедженского оазисов, Прикопетдагской равнины, снабжает водой Ашхабад и Безмеинский промышленный комплекс, обводит более 5 млн. га пастбищ, создает экономичный водный путь в труднодоступные районы песков. В зоне Каракумского канала развивается сельское хозяйство и промышленность южных и юго-западных районов республики, где сосредоточены огромные природные богатства — большие массивы плодородных земель, нефть, газ, химическое сырье, использование которых сдерживалось из-за ограниченности местных водных ресурсов. Развиваются города и населенные пункты, организуются крупные хлопководческие и животноводческие совхозы, увеличиваются посевные площади и поголовье скота в существующих колхозах.

На ближайший период из Каракумского канала проектируется оросить более 1 млн. га земель, для чего предусматривается продолжение его на запад до Каспийского моря. Около ст. Каванджик канал разделяется на две ветви: северная идет в сторону г. Небит-дага к орошаемым землям Больших Балханов и промышленным районам Западного Туркменистана, где бурно развиваются нефтяная, газовая

и химическая промышленность и южная — в сторону субтропиков Атрека и Мешхед-Миссирианской низменности. В этот период расход воды в голове канала составит около $1000 \text{ м}^3/\text{с}$ общей протяженностью 1400 км.

ОПИСАНИЕ ТРАССЫ КАРАКУМСКОГО КАНАЛА

Рельеф района расположения трассы Каракумского канала в общих чертах равнинный, с общим понижением с юга на север и с юго-востока на северо-запад. На трассе первой, второй, третьей и четвертой очередей канала выделяется ряд характерных участков: р. Амударья, приамударьинская песчаная полоса (шириной 10 км), солончаковые впадины Келифского Узбоя, песчано-глинистая равнина (Обручевская степь), песчаная пустыня Юго-Восточных Каракумов, дельты рек Мургаб и Теджен и Приконетдагская предгорная равнина.

Аллювиальная долина Амударьи представляет собой равнину шириной 4 км с двумя ясно выраженными террасами: одна из них пойменная, а другая надпойменная. Последняя превышает пойменную на 1,0 — 1,5 м, а в межонное время — 2,5 — 3 м. Микрорельеф террас характеризуется наличием многочисленных действующих и древних протоков, а также заброшенной и современной оросительной сети.

Каракумский канал берет начало из Амударьи у села Босага, напротив железнодорожной станции Мукры. Бесплотинный самотечный головной водозабор из реки в канал осуществляется двумя подводящими каналами — отстойниками, соединяющимися в нижнем бьефе головного сооружения, расположенного в 4 км от реки. Имеется ещё и третий подводящий канал — судоходный со шлюзом. Расстояние между соседними подводящими каналами у реки — 800 м. Для обеспечения пропуска расхода второй и третьей очередей канала в 1965 г. было построено новое головное сооружение, подводящий канал которого на большей части своей длины совмещен с судоходным каналом. В дальнейшем был прорыт четвертый подводящий канал.

От головного сооружения на протяжении 31 км под канал использовано русло Босага-Керкинского канала, построенного в 1925 — 1929 гг. и проходящего по надпойменной террасе реки почти на границе с приамударьинской песчаной полосой. Русло канала в основном сложено из пылеватых супесей, местами встречаются легкие суглинки и глины. Грунты мощностью до 5 — 8 м, подстилаются мелкозернистыми песками, мощностью до 25 м. От 31-го км вправо отходит продолжение Босага-Керкинского канала с расходом 25 — 35 $\text{м}^3/\text{с}$.

Далее на протяжении 10 км канал проходит по руслу Келифского сброса через мелкозернистые пески. На участке 40 – 100 км под канал были использованы естественные солончаковые понижения русла древней р. Балх в целях уменьшения объема земляных работ и создания естественного отстойника для перехвата взвешенных наносов. В результате обвалования этих понижений дамбами и заполнения водой образовались так называемые Келифские озера, соединенные прокопами через естественные песчаные возвышенности. В первые годы эксплуатации канала Келифские озера заилились наносами до 54, а в настоящее время до 99,6 км. В заиленной части озер основными грунтами являются глины, суглинки и супеси. Первоначально они рыхлые, но постепенно уплотняются и со временем приобретают свойства, присущие им в естественных условиях.

На выходе из Келифских озер (100 км) имеется гидроузел № 1, состоящий из двух отдельных перегораживающих сооружений, судоходного шлюза и сброса вправо в пески. Здесь канал вступает в зону песчано-глинистой пустыни Обручовской степи со сравнительно спокойным рельефом и продолжается до 178 км. Преобладающие грунты в русле на участке 100 – 150 км – пылеватые супеси, а на участке 150 – 178 км – тонкозернистые пески. К концу участка рельеф местности бутристо-грядовый, с разностью отметок 5 – 6 м.

На 178-м км канала расположен гидротехнический узел № 2. На этом гидроузле и на последующих трех почти нет подпора, так как все пролеты открытые, и судоходный шлюз совмещен. Каждый гидротехнический узел состоит из перегораживающего сооружения, судоходного пролета и сбросного сооружения с отводящим каналом. Первоначально все перегораживающие сооружения были рассчитаны для пропуска расхода первой очереди канала. В связи с этим для пропуска расхода второй и третьей очередей канала в голове и на гидроузлах № 1, 3, 5 в последующем пришлось построить новые дополнительные сооружения, а перегораживающие сооружения № 2 и 4 отключить при помощи обводного канала. Сбросные сооружения при гидроузлах позволяют быстро опорожнять канал в случае аварии и ремонта, но до настоящего времени (более 20 лет) пользоваться ими не приходилось.

Участок канала 184 – 204 км в первые годы эксплуатации представлял собой цепь озер, образованных в результате соединения прорезями естественных понижений и местами обвалованных дамбами. Вследствие этого образовались так называемые Средние озера об-