

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи  
УДК 565.536

Муратов Александр Борисович

**ДЕФОРМАЦИИ РУСЛА КАРАКУМСКОГО КАНАЛА**

Специальность 25.0027 - гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Санкт-Петербург

2004

Работа выполнена в Российском государственном гидрометеорологическом университете

Научный руководитель: доктор географических наук,  
Н.Б. Барышников

Официальные оппоненты: доктор географических наук,  
В.И. Антраповский;  
кандидат географических наук,  
В.Г. Орлов

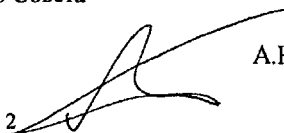
Ведущая организация: МГУ им. М.В. Ломоносова,  
географический факультет,  
научно-исследовательская  
лаборатория эрозии почв  
и русловых процессов  
им. Н.И. Маккавеева

Защита диссертации состоится «25» ноября 2004 г. в *15 час. 30 мин.*  
на заседании Диссертационного Совета К212.197.01 Российского  
государственного гидрометеорологического университета по адресу:  
г. Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., д. 98.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского  
государственного гидрометеорологического университета по адресу:  
г. Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., д. 98.

Автореферат разослан «22» октября 2004 г.

Ученый секретарь Диссертационного Совета  
К212.197.01  
кандидат технических наук



А.В. Лубяной

2005-4  
22 100

926419

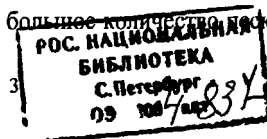
### Актуальность темы.

Одной из основных проблем Туркменистана является - водообеспечение, которое приобретает наибольшую остроту в связи с ожидаемым к 2020 г удвоением численности населения страны. Суровые климатические условия, недостаток водных ресурсов и отдаленность плодородных земель от крупных водных источников послужили предпосылками для строительства Каракумского канала в 1954 г. Канал ежегодно забирает из Амударьи 10-12 км воды и подает ее в южные маловодные и безводные районы Туркменистана. Каракумский канал играет чрезвычайно важную роль в водообеспечении Туркменистана. Из р. Амударьи в Каракумский канал ежегодно в среднем поступает 100 млн. т. наносов.

За 50 лет эксплуатации Каракумского канала заилены многочисленные разливы и Келифский озерный отстойник емкостью около 350 млн. м<sup>3</sup>, с площадью акватории 150 км<sup>2</sup>. Его планировалось заменить еще в 1980 г созданным устьевым участком Головного-Зеидского водохранилища, но в результате задержки ввода в строй последнего в Каракумский канала поступала вода с концентрация наносов в 3-4 раза превышающей расчетную. Это потребовало как дополнительных очисток оросительной сети, которые итак превышали 265 млн. т. в год, так и изменения гидравлических характеристик канала на его головном участке.

В 2002 г президентом Туркменистана было принято решение о разработке проекта освоения Центральных Каракумов посредством создания крупнейшего в стране рукотворного моря - Туркменского озера. Это озеро будет служить для сбора очищенных коллекторно-дренажных вод Туркменистана и частично Республики Узбекистан. Озеро должно принять коллекторно-дренажные воды по двум системам подводящих трактов - Северной, длиной 350 км (Дашогузский ввод), и Южной, длиной 720 км (Главный коллектор).

Вторым после Амударьи источником поступления наносов в канал является ветер. Под его воздействием большое количество песка и пыли по-



ступает не только в канал, но и в оросительную сеть. Очистка последней требует очень больших затрат, а иногда приводит к отмиранию отдельных участков сети

Взвешенные и донные наносы, независимо от природы их возникновения, представляют собой серьезный фактор, осложняющий и удорожающий эксплуатацию ирригационной сети. В связи с этим представляется важным и необходимым совершенствование методик расчета не только расходов наносов, но и объемов поступления в канал песка и пыли, приносимых ветром.

### **Цель работы.**

Целью данной работы является выявление особенностей формирования русловых деформаций на Каракумском канале.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решались следующие задачи:

- изучить климатические условия различных районов Туркменистана с целью выявления их влияния на процесс переноса песка и пыли. Выполнить оценку объемов поступления песка и пыли в русло канала за счет эолового фактора;
- оценить расходы донных наносов и скорости перемещения песчаных гряд по длине Каракумского канала с целью разработки рекомендаций по очистке русла канала;
- изучить механизмы возникновения дейгиша с учетом эолового фактора для последующей разработки методики прогноза этого явления.

### **Методика исследования и исходный материал.**

В качестве исходного материала были использованы данные разработок по проектированию различных очередей Каракумского канала, а также данные наблюдений Росгидромета и Комитета по гидрометеорологии Туркменистана. В работе также использована исходная информация, приведенная в монографиях и исследованиях различных авторов в области русловых процессов и речной гидравлики.

Решение поставленных задач осуществлялось с помощью статистической обработки данных. Научная обоснованность и достоверность выводов подтверждается оценкой результатов на основе независимой натурной информации.

Научная новизна и практическая значимость.

- впервые разработана концепция формирования дейгиша на основе учета не только гидравлических характеристик, но и ветрового фактора;
- впервые выполнена оценка объемов песка и пыли поступающего в Каракумский канал под действием ветра и соотношение этих объемов со стоком донных наносов в канале;
- установлены типы руслового процесса для различных участков по всей длине Каракумского канала;
- выполнена оценка методов и формул для расчета расхода донных наносов и скоростей перемещения песчаных образований в Каракумском канале и для различных участков. Рекомендованы для расчетов наиболее эффективные методики;
- для различных участков Каракумского канала выявлены зависимости осредненных величин превышения гребней гряд над их подвальями, от амплитуды колебания уровней воды и средней крупности донных отложений.

Апробация работы и публикации.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 6 статьях и доложены на XVII и XVIII пленарных межвузовских координационных совещаниях в г.г. Краснодаре(2002 г) и Курске (2003 г) на заседании Туркменского Государственного Института Проектирования водохозяйственных объектов (2001 г) и на Итоговой сессии ученого совета РГГМУ (2004) г

Структура и объем диссертации.

Диссертационная работа состоит из 214 страниц, включает введение, шесть глав, заключение, список литературы (91 наименование, в том числе 5 на иностранном языке), 27 рисунков, 32 таблицы и приложения (30 страниц).

#### Основное содержание работы

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, сформулированы цель и основные задачи, показаны ее научная новизна и практическая значимость.

В первой главе приводится краткий физико-географический очерк Туркменистана. Выполнен анализ сведений о проектах Каракумского канала и методах его строительства. В том числе так называемого метода «пионерной траншеи», позволивший строителям «вести воду за собой». Приведены результаты анализа гидрологических характеристик р.Амударьи на участке водозабора. Особое внимание обращено на режим перемещения взвешенных и донных наносов, имеющих решающее значение при эксплуатации канала. Вторым источником поступления наносов является пустыня Каракумы. Поэтому приведено ее геоморфологическое описание. В процессе исторического развития и климатической флуктуации сформировались три крупнейшие составные части Каракумов: *Наклонная равнина Заунгузских Каракумов*, *Низменные Каракумы* и *Юго-восточные Каракумы*. Большая часть поверхности Каракумов покрыта эоловыми отложениями. Главную роль в них играют фракции 0.015-0.150 и 0.150-0.210 мм. Основным типом эолового рельефа пустынь Каракумов являются гряды, занимающие 60 % её территории. Также в первой главе представлены сведения о почвах и земельных ресурсах Туркменистана. Здесь же приведены результаты анализа современного состояния трассы Каракумского канала.

Во второй главе рассмотрено народнохозяйственное значение Каракумского канала и выполнена оценка антропогенного влияния на пустыню Ка-

ракумы. Вследствие интенсивного развития сельского хозяйства и технического прогресса пустыня испытывает большие антропогенные нагрузки, которые проявляются в интенсивном использовании древесно-кустарниковой растительности, избыточном увлажнении, перевыпасе скота и техногенном нарушении ландшафта. Частично решить существующие проблемы возможно путем продолжения газификации поселков, расположенных вдоль трассы Каракумского канала, что значительно сократит объемы вырубок растительности. Также необходимо проводить соответствующие мероприятия по улучшению отгонно-пастбищного хозяйства.

Третья глава посвящена водным ресурсам и климату Туркменистана. Засушливость территории Туркмении обуславливает скудность водных ресурсов. Наиболее обводненным является район, расположенный на юге Туркмении. Большинство водотоков носит временный, периодический характер. Все постоянные и периодически действующие водотоки теряются в пустыне или разбираются на орошение.

Крупнейшая река Центральной Азии - Амударья играет чрезвычайно важную роль в водообеспечении народного хозяйства Туркменистана и покрывает почти 90 % всей потребности государства в воде.

В равнинной части, особенно в оазисах широко развита сеть ирригационных каналов. Наибольший из них - Каракумский, длиной более 1100 км, со среднегодовым водозабором 340-380 м<sup>3</sup>/с.

В результате сельскохозяйственной деятельности при использовании водных ресурсов, на орошаемых землях формируются дренажные воды, сверхпроектные стоки которых приводят к ряду негативных последствий, основными из которых являются:

- поднятие уровня грунтовых вод на мелиорируемых землях и повышение уровня воды в основных водоприемниках;
- постепенное заиливание и выход из строя дренажных систем;
- уменьшение возможности повышения качества земель, так как нормативные их промывки не приносят ощутимых результатов;

- заболачивание и засоление земель.

Учитывая сложившуюся обстановку, связанную с отводом дренажных вод за пределы орошаемых земель, принято решение о создании большого Туркменского озера.

Каракумский канал располагается в зоне континентального климата пустынь умеренного пояса, что обуславливает значительную засушливость и низкую относительную влажность, (10-15 %).

Среднегодовое количество осадков, выпадающих на территорию Туркмении, составляет 200 мм/год, в то время как испарение превышает 2000 мм/год.

На территории Туркмении ветры с большими скоростями имеют достаточно широкое распространение. Однако до настоящего времени сведения о них имели информационный характер и каких-либо специальных исследований их режима и зон распространения не проводилось. В результате комплексного анализа данных метеорологических станций и постов о режимных характеристиках бурь (годовых частот, сезонного хода, максимальных скоростей, направлений, длительности) и температурах воздуха выявлены основные особенности их развития в различных формах рельефа на территории Туркмении.

В четвертой главе приведены типизации руслового процесса разработанные в ГГИ и МГУ. Выполнен анализ руслового процесса на отдельных участках по всему Каракумскому каналу. И установлено, что он аналогичен русловому процессу, наблюдающемуся на равнинных реках. Действительно, на канале наблюдаются все типы руслового процесса, за исключением пойменной многорукавности. Так же в четвертой главе выполнен анализ основных причин и механизма образования дейгиша на Каракумском канале и р. Амударье. Выявлены характерные черты русловых деформаций Каракумского канала. К последним относятся сильные боковые размывы, образование дейгишей, блуждание динамической оси потока и русла в целом. Дейгиш - это интенсивный местный размыв (берега или



дамбы) воронкообразной формы. Процесс размыва при образовании дейгиша протекает интенсивно, со скоростью до 2 м/час. Основными причинами образования дейгиша, по мнению ряда авторов, является наличие в русле канала песчаных образований, вызывающих смещение динамической оси потока к одному из берегов. По нашему мнению, это явление может быть объяснено сочетанием и ряда дополнительных факторов: мелкодисперсностью отложений в склонах и берегах на отдельных участках канала и эоловым переносом песка. При увлажнении мелкодисперсных отложений, они разжижаются, становятся неустойчивыми и приобретают плавунные свойства. При подходе потока к линзам таких отложений они легко размываются и выносятся потоком.

Пятая глава посвящена гидравлическим и морфометрическим характеристикам Каракумского канала. Значительные продольные уклоны, наблюдавшиеся в первые годы эксплуатации канала, пропуск по нему повышенных, по сравнению с проектным, расходов воды и податливость размыву грунтов ложа способствовали интенсивному переформированию русла канала почти на всем его протяжении. В процессе эксплуатации Каракумского канала линия продольного профиля его дна приобретает местные изломы, оказывающие влияние на гидравлические сопротивления. Изломы являются следствием как естественных руслоформирующих процессов, так и результатом дноуглубительных работ. На отдельных участках Каракумского канала наблюдаются крупные мезоформы, высота которых изменяется от 3 до 10 м, а длина от 4000 до 10000 м. По телу мезоформ перемещаются донные гряды, средняя высота которых составляет - 0.8 м, а средняя длина - 570 м.

Для оценки степени интенсивности русловых деформаций была использована методика, разработанная А.А. Левашовым и основанная на построении графических зависимостей между амплитудами колебания уровня воды и величинами превышения гребней гряд над их подвальями.

Высоты донных форм различных порядков были определены на основании продольных профилей на различных участках Каракумского канала, общей протяженностью 800 км, начиная от 100 км (выход из Келифских озер) и до 900 км (предгорная равнина Копетдага). По каждому продольному профилю были получены значения высоты и длины донных гряд и вычислены их средние значения. По времени своего образования были выделены первичные, вторичные и третичные донные гряды.

Оценка амплитуды колебания уровня воды проводилась на основе данных наблюдений по гидрологическим постам, расположенным на исследуемых участках канала. На основе этих данных были построены хронологические графики колебаний уровней воды для восьми участков Каракумского канала. По ним были определены амплитуды колебаний уровней воды: максимальные (первичные), средние (вторичные) и минимальные (третичные). На основании этой информации, с учетом крупности частиц донных отложений, получены графические зависимости  $\Delta h = f(\Delta H, k)$ , приведенные на рисунке.

Как видно на рисунке, для различных участков существенно изменяется угол наклона этих зависимостей. При этом прослеживается довольно четкая зависимость этого угла от крупности частиц. В то же время следует отметить, что точность определения средней крупности донных отложений не высокая и может существенно изменяться по длине расчетного участка. Поэтому следует отметить, что меньший угол наклона прямых, характеризующий большую величину размыва, соответствует меньшим значениям крупности. Большие углы наклона прямых, соответствующие большим значениям крупности донных отложений, соответствуют меньшим величинам размыва. Помимо крупности донных отложений на расположение этих прямых оказывают влияние геологические и морфологические особенности строения этих участков.

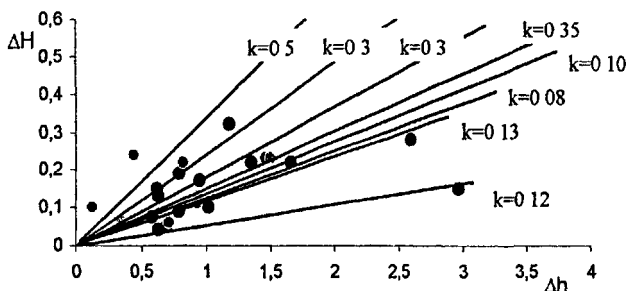


Рис – Зависимости осредненных величин превышения гребней гряд над их подвальями ( $\Delta h$ ), от амплитуды колебания уровней воды ( $\Delta H$ ) и средней крупности донных отложений ( $k$ )

В шестой главе выполнен анализ классификаций наносов и грядового режима их перемещения. Приводятся результаты расчетов скоростей перемещения гряд и расходов донных наносов в русле Каракумского канала.

Песчаные грунты ложа Каракумского канала обладают большой подвижностью и способны за один год существенно изменить общие формы русла. В связи с этим одной из задач данной работы является расчет важнейших динамических характеристик гряд - скоростей их перемещения, на которых основан расчет расходов донных наносов и русловых деформаций Каракумского канала.

На основании анализа многочисленных формул для расчета скоростей перемещения гряд были выбраны те из них, в которых использованы независимые параметры, а именно гидравлические характеристики потока и морфометрические характеристики русла. К таковым были отнесены формулы: Б.Ф.Снищенко, З.Д.Копалиани, В.С.Кнороза, Н.С.Знаменской, Ю.С.Корчохи, Кондепа, А.Ф.Кудряшова, Доу Го-Женя и др. Наилучшие результаты, близкие к натурным данным получены по формулам: Снищенко-Копалиани и Кудряшова, которые и были рекомендованы к использованию при расчетах расходов донных наносов.

Анализ различных расчетных методов и формул позволил З.Д.Копалиани и ААКостюченко установить зависимости наиболее достоверно и дифференцировано отражающие условия и специфику транспорта донных наносов в руслах больших и малых равнинных и горно-предгорных рек, а также в земляных, необлицованных каналах. На основе их анализа для расчета расходов донных наносов были использованы рекомендованные ими формулы: Г.И.Шамова, В.Н.Гончарова, К.В.Гришанина, ГГИ, Б.Ф.Снищенко, З.Д.Копалиани и др. Помимо этого была использована региональная формула А.С. Аннаева. Анализ и оценка полученных результатов позволили установить, что единая универсальная формула для расчета расхода донных наносов для всех участков Каракумского канала отсутствует. В тоже время результаты расчетов, полученные по формулам ГГИ и Шамова в наибольшей степени соответствуют натурным данным. Это, по видимому, объясняется тем, что на данных участках преобладает грядовый режим перемещения наносов.

В седьмой главе рассмотрены различные виды занесения Каракумского канала песком и пылью. Выполнен анализ роли ветра в формировании рельефа Каракумского канала. Приведены результаты расчетов расхода ветропесчаного потока. Для расчетов годовых объемов переноса песка и пыли в акваторию Каракумского канала были использованы формулы: А.П.Иванова, А.Г.Гаеля и А.И.Знаменского, разработанные специально для пустыни Каракумы, а также формула РАБЭгнольда, разработанная для условий африканских пустынь.

Из-за отсутствия в ежегодниках данных о среднегодовой скорости ветра на высоте 1м от поверхности земли, данная величина была получена расчетом на основе сведений о среднегодовой скорости ветра на высоте 10 м от поверхности земли. Расчет выполнялся по формуле СНИПа, которая предполагает, что изменение расчетной скорости ветра с высотой происходит по логарифмическому закону:

$$V_z = V_{10} \frac{\ln z - \ln z_0}{\ln 10 - \ln z_0},$$

где  $V_z$  – скорость ветра на высоте  $z$  метров, м/с;

$V_{10}$  – скорость ветра на высоте флюгера (10 м), м/с;

$z_0$  – параметр шероховатости земной поверхности, м.

По результатам расчетов в качестве основной, как наиболее соответствующая данным полевым измерениям в пустыне Каракумы, была рекомендована для расчетов формула А.П.Иванова.

$$Q=0.006*n*(V_{cr}-4)^3, \quad \text{м}^3/\text{м}^2*\text{год}$$

На канале, проложенном среди открытых пространств пустыни, одним из факторов руслового процесса становится ветровая эрозия. Подвижные пески, сползая в канал, нарушают динамическое равновесие русла и дают толчок к новым его переформированиям. Одним из первых указал на значение переноса песка в реки южных регионов Н.И.Маккавеев, который в качестве примера привел р. Амур. Им на берегах последнего были обнаружены песчаные гряды высотой до 10 м. И.Ф.Карасев указывает, что по данным наблюдений, проведенных на одном из участков Каракумского канала, установлено, что объем песка, поступившего за 9 летних месяцев на 1 пог. км русла составил около 5000 м<sup>3</sup>. Это вполне соизмеримо с объемом стока донных наносов на этом участке. Таким образом, для каналов, пересекающих пустыни, наряду с гидравлическими факторами приобретают значение особенности движения воздушного потока в прирусловой зоне. Результаты расчетов по отдельным участкам приведены в таблице. Как видно из последней, величина расхода песка и пыли, поступающих в канал под действием ветра, может составлять от 6 до 100% и более процентов от величины расхода донных наносов в русле Каракумского канала, что безусловно, является весомым вкладом в общую величину твердого стока канала. Столь высокие процентные соотношения могут быть частично объяснены и особенностями географического положения метеостанций.

Учитывая вышеизложенное можно сделать вывод о том, что дальнейшее увеличение антропогенной нагрузки в зоне влияния Каракумского канала,

да и вообще в пустыне Каракумы, может привести к дальнейшему увеличению объемов песка и пыли, поступающих в канал под действием ветра.

Таблица – Соотношение (в процентах) между расходом донных наносов (G) в русле Каракумского канала и расходом песка и пыли (Q), поступающих в канал под действием ветра

Станция	участок, км	B, м	Q, т/год	G, т/год	%
Уч-Аджи	288	127	10592,0	49196,2	21,5
Байрам-Али	360	95	9629,3	69379,2	13,9
Мары	400	184	29364,1	71586,7	41,0
Теджен	560	105	22084,8	30589,9	72,2
Душак	600	105	20088,4	30589,9	65,7
Каахка	650	82	10182,8	21759,8	46,8
Ашхабад	780	71	6786,4	10722,2	63,3
Бахарден	880	37	1773,5	29643,8	6,0
Кизыл-Арват	1030	36	15433,3	5045,8	305,9
Казанджик	1100	24	5535,2	5045,8	109,7

Проделанный анализ и расчеты позволяют сделать следующие выводы и предложения.

- при проектировании и строительстве последующих очередей канала необходимо учитывать не только расходы донных наносов, но и объемы песка и пыли, поступающие в канал под действием ветра, так как последние вполне сравнимы с объемами стока донных наносов;
- следует установить жесткий контроль за антропогенными нагрузками на Каракумы в зоне действия Каракумского канала. В частности, за счет газификации поселков резко сократить объемы вырубок растительности;
- провести комплекс работ по закреплению песчаных образований на территории пустыни, прилегающей к каналу. В частности, посредством насаждения и ухода за растительностью;

- на основе анализа руслового процесса на отдельных участках по всему Каракумскому каналу установлено, что он аналогичен русловому процессу, наблюдающемуся на равнинных реках. На канале наблюдаются все типы руслового процесса, за исключением пойменной многоруканности;
- решить проблему вторичного использования и отвода дренажных вод;
- для различных участков Каракумского канала выявлены зависимости осредненных величин превышения гребней гряд над их подвальями, от амплитуды колебания уровней воды и средней крупности донных отложений. В частности, последние могут быть использованы для прогноза вертикальных деформаций в русле канала;
- необходимо разработать методику прогнозов и борьбы с различными видами дейгиша. В частности, с впервые установленной формой его образования под влиянием ветрового фактора;
- на основе анализа формул для расчета расходов донных наносов установлено, что они не имеют универсального характера и на различных участках канала необходимо использовать различные формулы. В то же время наиболее близкие к натурным данным результаты, получены по методикам ГГИ и Г.И.Шамова;
- усилить гидрологические и метеорологические наблюдения как на самом канале, так и на прилегающей к нему территории.

#### **Основные публикации по теме диссертации.**

1. Муратов А.Б. Деформации русла Каракумского канала.//Тезисы докладов конференции молодых ученых национальных гидрометслужб стран СНГ, посвященной 165-летию Гидрометслужбы России. 6-8 декабря, Москва, 1999//

2. Муратов А.Б. Русловые процессы на Каракумском канале.// XVI пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. 2-4 октября, Москва, 2001//
3. Муратов А.Б. Деформации русла Каракумского канала.//Материалы итоговой сессии ученого совета. 30-31 января, СПб, 2002//
4. Муратов А.Б. Особенности руслового процесса и роль эолового фактора в зоне Каракумского канала.//XVII пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. 15-17 октября, Краснодар, 2002//
5. Муратов А.Б. Влияние эолового фактора на сток наносов и деформации русла Каракумского канала.// XVIII пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. 28-30 октября, Курск, 2003//
6. Муратов А.Б. Песчаные заносы на Каракумском канале.//Материалы итоговой сессии ученого совета. 27-28 января, СПб, 2004//

*Муратов*





Подписано в печать 20.10.04. Формат 60x84 1/16  
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 0,92 Тираж 100 экз. Заказ 1910/01-Р.

Мини-типография «Знак» издательства <взнак>.  
191025, Санкт-Петербург, ул. Восстания, д.6



№ 20906

РНБ Русский фонд

2005-4

22100