



Финансирование
Европейского Союза

nexus



ALTUS
IMPACT



CAWEP
CENTRAL ASIA WATER & ENERGY PROGRAM



THE WORLD BANK
IBRD • IDA | WORLD BANK GROUP



EUROPEAN UNION



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Federal Department of Economic Affairs,
Education and Research EAER
State Secretariat for Economic Affairs SECO



Анализ затрат и выгод по очистке и переработке наносов на Русловом водохранилище

Автор: Д-р Ванья Вестерберг, Экономист по
окружающей среде, Altus Impact

Октябрь 2022 г.

Дисклеймер:

Данная работа подготовлена в рамках проекта Европейского Союза «Центрально-Азиатский Диалог по стимулированию межсекторального финансирования на основе взаимосвязи «вода-энергия-продовольствие» (Фаза II)», реализующий со стороны Регионального экологического центра Центральной Азии (РЭЦЦА) при финансовой поддержке Глобального Нексус Секретариата и проекта «Лаборатория инновационных решений для водного сектора Центральной Азии», осуществляемого в рамках Водно-энергетической программы для Центральной Азии (CAWEP).

Содержание данной работы является исключительной ответственностью авторов и не обязательно отражает точку зрения Европейского Союза, Глобального Нексус Секретариата, CAWEP и РЭЦЦА.

Содержание

Содержание.....	2
Краткое содержание.....	5
1. Введение	11
1.1 Общая информация об уменьшении объемов водохранилищ в мире и на ТМГУ	11
1.2 Преимущества устойчивого управления наносами	12
1.3 Обоснование срочного удаления наносов из Руслового водохранилища ТМГУ	13
1.4 Обзор выгод удаления и полезного использования наносов	14
1.4.1 Выгоды для ТМГУ	14
1.4.2 Выгоды для окружающей среды, связанные с полезным использованием наносов	15
1.4.2.1 Полезное использование мелкозернистых наносов для производства кирпичей и цементных растворов	16
1.4.3 Стратегическая ценность песка и косвенные выгоды полезного использования наносов для услуг экосистемы	17
2. Анализ финансовой осуществимости полезного использования наносов в строительстве	18
2.1 Наносы из Руслового водохранилища	18
2.2. Мировой спрос и предложение песка	20
2.3 Спрос на строительные материалы в Узбекистане и Туркменистане	21
2.4 Предположительный спрос на песок для производства бетона и цемента	22
2.5 Спрос на песок в Узбекистане и Туркменистане	23
2.6 Пригодные для сбыта наносы	24
2.7 Рыночные цены на песок и глинистый песок	25
2.8 Добыча и землечерпательные работы	26
2.9 Объекты для удаления наносов	26
2.10 Затраты на переработку наносов	28
2.11 Транспортные затраты	29
3. Экономические аспекты землечерпательных работ, удаления, переработки и реализации наносов из ТМГУ	29
3.1. Отчет о прибылях и убытках по полезному использованию в строительной отрасли	30
3.1.1 Затраты на землечерпательные работы и удаление наносов	30
3.1.1 Доходы и себестоимость	31
4. ГЧП и эффективное использование водных ресурсов ТМГУ	33
4.1 Использование ГЧП для финансирования кампании полезного использования	33
4.2 Эффективное использование мощности ТМГУ для обеспечения водной, энергетической и продовольственной безопасности	34
4.3 Преимущества климатоустойчивых систем в Центральной Азии	36
5. Заключение	37
Приложение 1: Допущения, использованные в отчете о прибылях и убытках	40
Использованная литература	41

Список аббревиатуры*

ЕС	Европейский Союз
ГНС	Глобальный Нексус Секретариат
CAWEP	Водно-энергетическая программа для Центральной Азии
CAREC	Региональный экологический центр Центральной Азии
Проект	«Центрально-Азиатский Диалог по стимулированию межсекторального финансирования на основе взаимосвязи «вода-энергия-продовольствие» (Фаза II)»
ТМГУ	Туямуюнский гидроузел
АПУ	Анализ прибыли и убытков
COGS	Себестоимость реализованной продукции
OPEX	Операционные расходы
CDF	Закрытое и/или открытое сооружение для утилизации наносов
O&M cost	Затраты по эксплуатации и управлению
A3B	Анализ затрат и выгод
BAU	Текущий сценарий
ГЧП	Государственно-частное партнерство

* в порядке появления в тексте

Список рисунков и таблиц

Рисунок 1: Выгоды устойчивого управления наносами

Рисунок 2: Готовые образцы продукта (кирпичи), изготовленные с использованием наносов из Руслового водохранилища

Рисунок 3: Примеры заголовков, привлекающих внимание к проблемной добыче песка (The Third Pole 2022)

Рисунок 4: График классификации почв по механическому составу Министерства сельского хозяйства США

Рисунок 5: Типичные отложения в водохранилище (Рэндл 2018)

Рисунок 6: Цементные заводы в Узбекистане (Cemnet 2022)

Рисунок 7: Цементные заводы в Туркменистане (Cemnet 2022)

Рисунок 8: Снимок из узбекского интернет-магазина сырья для строительства

Рисунок 9: Судна с землечерпательным устройством, которые можно использовать на ТМГУ (Гири 2022)

Рисунок 10: Снимок из Google строительные компании, включая компании по автодорожному строительству, в г. Ургенче

Рисунок 11: Прогнозируемые доходы от продажи наносов в течение первых пяти лет этапа ремонтного дноуглубления

Таблица 12: Прогнозируемые доходы и затраты ремонтного дноуглубления с полезным использованием наносов

Таблица 1: Состав наносов в 16 пробах грунта, взятых в ТМГУ (Широкова 2022) – серым обозначено содержание песка от 29%, желтым – содержание глины от 18%

Таблица 2: Обзор строительного рынка в Узбекистане

Таблица 3: Предположительный спрос на песок

Таблица 4а: Предполагаемая доля наносов, используемая для получения песка и глинистого песка (допущения, используемые в оценке экономической осуществимости)

Таблица 4б: Количества вычерпываемых наносов в течение первых пяти лет программы ремонтного дноуглубления (допущения, используемые в оценке экономической осуществимости)

Таблица 5: Преобладающие цены в 2022 году на песок и глинистый песок

Таблица 6: Объекты для удаления наносов

Таблица 7: Затраты на переработку наносов

Таблица 8: Пример затрат на заготовку песка в Австралии на заводе мощностью 2 млн. тонн

Таблица 9: Затраты на землечерпательные работы и удаление наносов (OPEX)

Таблица 10: Отчет о прибылях и убытках полезного использования наносов

Таблица 11: Сводная таблица по выгодам бороздового и капельного орошения

Таблица 12: Упрощенный отчет о прибылях и убытках с годовыми доходами, затратами и прибылями во время пятилетнего этапа ремонтного дноуглубления

Краткое содержание

Общая информация

Туямуонский гидроузел (ТМГУ) – система из четырех взаимосвязанных водохранилищ и серии каналов в нижней части р. Амударьи, которая граничит с Узбекистаном и Туркменистаном. Его главное предназначение – снабжение воды для орошения в Узбекистане и Туркменистане. Кроме того, комплекс обеспечивает воду промышленных и бытовых потребителей и располагает ГЭС мощностью 150 МВт.

Водохранилища, включая ТМГУ, обычно строятся с проектным сроком службы пятьдесят лет – сроком, необходимым для возмещения капитальных затрат на оборудование. В результате, объем заилиения рассчитывается на этот срок, и самые нижние водосбросы устанавливаются выше уровня мертвого объема, чтобы полезный объем водохранилища не уменьшался в течение этого срока. При таком виде проектирования, не учитывающем затраты на управление наносами, будущее управление наносами ложится на плечи другого поколения, а не того, которое построило плотину (Рэндл и Бойд, 2018).

Строительство ТМГУ завершилось 40 лет назад, в 1983 году, и сегодня проблема управления наносами очень реальна. С учетом 1,5 млрд. м³ наносов, накопившихся в основном (Русловом) водохранилище, общая потеря объема составляет приблизительно 63% общего первоначального объема водохранилища. Прогноз М.Икрамовой (2021) показывает, что Русловое водохранилище будет полностью потеряно к 2040 году, если не будут приняты меры, при этом ГЭС перестанет работать намного раньше (Гири 2022b, личная корреспонденция)

Отсутствие мер по управлению наносами и накопление наносов сопряжено с существенными издержками, включая: уменьшение срока службы плотины; износ и повреждение турбин; потерю структурной целостности; увеличение риска наводнений; отложения в канале выше по течению и деградацию ниже по течению вследствие изъятия воды выше по течению и задержки наносов; инфраструктуру и затраты на переоснащение плотины установками для управления наносами или удаления наносов и окончательный вывод плотины из эксплуатации.

С другой стороны, устойчивое управление наносами имеет существенные выгоды. Устойчивое управление наносами сосредоточено на балансировании наносов в водохранилищах путем:

- 1) уменьшения образования наносов в водосборе, например, за счет восстановления ландшафта;
- 2) движения наносов, например, направления наносо-нагруженного стока вокруг водохранилища или через него путем отвода потока, обхода, выпуска плотностного потока, промывки, регулирования паводков, при котором наносы выводятся через затворы;
- 3) удаления наносов после отложения путем промывки или при помощи различных вариантов дноуглубления. Успешное управление наносами обычно сочетает в себе множество стратегий (Моррис 2020).

Дноуглубление обычно рассматривается как крайняя мера, потому что затраты на удаление наносов, когда они уже накопились, значительно выше, чем затраты на предотвращение их попадания в водохранилище или на их перемещение из водохранилища (Рэндл и Бойд 2018). Однако заилиение, как в случае ТМГУ, может стать настолько критичным, что других мер (1 и 2) уже недостаточно.

В случае ТМГУ, по результатам технической оценки Гири (2022) были определены возможные меры по восстановлению объема водохранилища, которые включают капитальное дноуглубление в Русловом водохранилище, чтобы обеспечить крупномасштабные меры по восстановлению объема (с целевым удалением до 500 млн. м³ наносов за несколько лет). В качестве альтернативы определены структурные решения, такие как строительство и/или расширение внерусового водохранилища (-щ), ремонт / реконструкция сооружений (например, повышение плотины, замена). Однако последние меры просто перенесут проблему заиливания на будущее, если не будут приниматься дополнительные меры по сокращению притока наносов, передвижению наносов или удалению наносов. И в том, и в другом случае, прежде чем выбрать какой-либо вариант – капитальное дноуглубление, строительство внерусового водохранилища или повышение плотины, следует провести комплексную оценку осуществимости и воздействия.

Помимо масштабных мер по восстановлению объема водохранилища, срочно необходимо ремонтное дноуглубление, чтобы предотвратить ухудшение работы ГЭС, внерусовых водохранилищ и угрозу механическим конструкциям. Гири (2022) рекомендует проводить в течение первых лет ежегодное ремонтное дноуглубление с удалением 1-2 млн. м³ наносов в год возле головных сооружений ГЭС и канала, водосбросов и водозаборов внерусовых водохранилищ. В некоторых частях верхнего участка водохранилища тоже нужно регулярно проводить дноуглубительные работы для уменьшения притока из верхнего участка. С накоплением опыта и повышением производительности со временем можно увеличить объем.

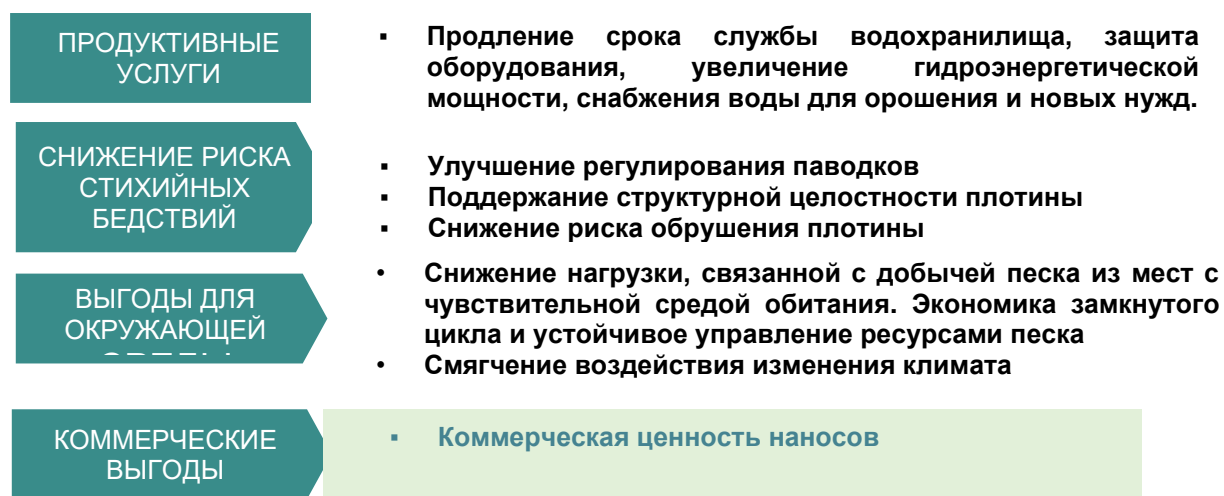
Цель

С экономической точки зрения, наносы в водохранилищах можно рассматривать как ресурсы, которые в настоящее время не используются. В то время как они фактически сокращают срок службы плотин, они необходимы для поддержания экологической и морфологической системы реки ниже по течению. Более того, есть множество способов продуктивного использования наносов. Так, песок и гравий используются в производстве бетона и асфальта, и поэтому важны для строительства дорог, мостов, больниц и инфраструктуры, и жилья. По сути, песок и гравий являются крайне важными ресурсами для развития экономики.

Еще одно существенное преимущество полезного использования наносов – устойчивая добыча песка. Исходя из прогнозов об увеличении потребления песка на 300% с 2020 до 2060 года в регионах с низким и средним уровнем дохода, в мире надвигается кризис снабжения песка (Жонг и др., 2022). Песок часто добывается в местах с чувствительной средой обитания, где он играет важную роль в экосистеме, например, в реках, эстуариях и на пляжах. Однако на ТМГУ песок мешает надлежащей работе водохранилища и уменьшает его срок службы. Таким образом, добыча песка на ТМГУ поможет не только обеспечить важнейшие функции ТМГУ (и водную, энергетическую и продовольственную безопасность), но и снизить нагрузку на добычу песка в экологически проблематичных местах.

На Рисунке Е1 показано множество выгод, связанных с восстановлением объема ТМГУ и полезным использованием наносов, которые подробно обсуждаются в отчете. В содержащейся здесь экономической оценке рассматривается экономическая отдача от полезного использования наносов в строительной отрасли Узбекистана.

Рисунок E1: Выгоды управления наносами и полезного использования наносов из водохранилища



Способ оценки

Для оценки экономической целесообразности использования наносов из ТМГУ был подготовлен отчет о прибылях и убытках. Отчет о прибылях и убытках – это финансовый отчет, который показывает, сколько прибыли или убытков может быть получено предприятием. В отчете о прибылях и убытках, подготовленном для данной оценки, описаны доходы, затраты и расходы, которые, как предполагается, возникнут в первые пять лет этапа ремонтного дноуглубления. Из доходов от продажи наносов вычитается себестоимость реализованной продукции (COGS), операционные расходы (OPEX) и расходы на выплату процентов (когда они известны). COGS – общая сумма затрат, связанных с продажей продукции, включая в данном случае затраты на переработку наносов и затраты на перевозку. OPEX включает расходы, которые не связаны непосредственно с производством продукции. Например, ремонтное дноуглубление и удаление наносов относятся к неизбежным расходам (которые не зависят от того, будут наносы использоваться или нет), осуществляемым для снижения рисков и гарантирования непрерывного функционирования гидроузла в краткосрочной перспективе. Разница между доходами и затратами дает чистую прибыль.

Данные и информация, использованные при подготовке отчета о прибылях и убытках, были взяты из различных источников, включая интервьюирование экспертов, обсуждения с поставщиками технологий (например, Royal IHC в Гире 2022а), обзор литературы и других исследований, проведенных в рамках проекта Европейского Союза «Центрально-Азиатский Диалог по стимулированию межсекторального финансирования на основе взаимосвязи «вода-энергия-продовольствие» (Фаза II)».

Коммерческие выгоды добычи наносов

Наносы в водохранилищах обычно содержат глину, ил, песок, гравий, щебень, валуны. В разных точках Руслового водохранилища было взято шестнадцать проб (Широкова 2022). Они показывают, что наносы имеют различное содержание, при этом в некоторых пробах – высокое содержание песка, а в других – высокое содержание ила и глины. Это соответствует ожиданиям. С увеличением заиления водохранилища, в верхних участках водохранилища обычно оседают более крупные наносы (гравий и песок), в то время как ближе к водовыпускам оседает ил и глина (Рэндл и Бойд 2018).

Пробы наносов не позволяют оценить полный состав наносов в ТМГУ, где толщина слоя наносов достигает 15 метров, и наносы оседали более 40 лет. Более того, содержание наносов будет зависеть от того, где будут сосредоточены землечерпательные работы. Таким образом, в целях оценки экономической ценности наносов, используется консервативное допущение, что 20% наносов, вычерпанных на этапе ремонтного дноуглубления, могут быть переработаны в песок и еще 20% - в глинистый песок¹. Как для песка, так и для глинистого песка уже есть рынок сбыта. Так, при годовом объеме наносов 1 млн. м³ в первые годы и увеличении до 2 млн. м³ к четвертому и пятому году, предполагается, что от 200 000 м³ до 400 000 м³ наносов будет использовано в строительной отрасли².

Эти объемы могут быть легко поглощены, учитывая минимальный годовой суммарный спрос на песок 20 млн. м³ в Узбекистане и Туркменистане в целом. Более того, совокупный темп роста строительной отрасли в Узбекистане превышает 4%, указывая на увеличение спроса в будущем. При текущей преобладающей рыночной цене песка (10,3 долл. США за м³) и глинистого песка (6 долл. США за м³), прогнозируемые доходы от полезного использования наносов будут в пределах от 3,3 до 6,6 млн. долл. США.

Затраты на дноуглубление оцениваются в 2 долл. США за м³. Далее наносы нужно будет поместить в закрытое и/или открытое сооружение для утилизации наносов. Оценки затрат на строительство ограниченного объекта для удаления наносов из ТМГУ еще не проводилось. В связи с этим, мы использовали комплексные оценки по закрытому и/или открытому сооружению для утилизации наносов для удаления de-Sluiser в Нидерландах, который включает отсеки для созревания глины, отделения песка и очистки загрязненных наносов. Если на полезное использование будет направлено 40% наносов с ТМГУ, на этапе ремонтного дноуглубления нужен объект на 5 млн. м³. Полученные затраты на дноуглубление и удаление наносов составляют от 2,2 до 4,2 млн. долл. США в год, при допущении стоимости строительства ограниченного объекта для удаления наносов 1,2 долл. США за м³ и годовых затратах на эксплуатацию и техническое обслуживание 0,06 долл. США за м³.

Наконец, общие затраты на заготовку песка и перевозку составят от 1 до 2 млн. долл. США при затратах на заготовку песка и глинистого песка 0,6 долл. США за м³ и затратах на перевозку 0,02 долл. США за м³ на км, при этом предполагается, что песок и глинистый песок перевозятся до ближайшего городского центра, г. Ургенча (100 км от ТМГУ).

Таблица E1: Отчет о прибылях и убытках 5-летней кампании полезного использования наносов (в долл. США 2022 г)

+	Доходы от продаж от 3,3 до 6,6 млн. долл. США
-	Затраты на переработку и перевозку наносов (COGS) от -1 до -2 млн. долл. США
=	Валовая прибыль (доходы от продажи минус затраты на переработку и перевозку) от 2,3 до 4,7 млн. долл. США
-	Затраты на дноуглубление и удаление наносов (OPEX и капитализируемые расходы) от -2,2 до -4,2 млн. долл. США
=	Чистая прибыль от -62 000 до 276 000 долл. США

¹ Глинистый песок имеет более высокое содержание частиц глины (более 30%), суглинок (10-30%), песчаный грунт (от 3 до 10%) (Pesok.uz 2022)

² Когда начнутся дноуглубительные работы, возможно, окажется, что из наносов можно извлечь больше песка и глинистого песка, но это может показать только дополнительное взятие проб.

→	Возмещение затрат на дноуглубление и удаление наносов *
	97 – 106%

* = Валовая прибыль / общие затраты на дноуглубление и удаление наносов

После вычета из доходов от продаж затрат на переработку наносов и перевозку, получаем валовую прибыль от 2,3 до 4,7 млн. долл. США. Далее вычитываем неизбежные затраты на дноуглубление и удаление наносов и получаем чистую прибыль, которая составляет от - 62000 долл. США в первый год до 276 000 долл. США в год после достижения объема 2 млн. м³ наносов (и при полезном использовании 40% наносов). Таблица E1 содержит упрощенный отчет о прибылях и убытках за первые пять лет кампании ремонтного дноуглубления и полезного использования наносов.

Результаты показывают, что валовая прибыль от продажи наносов для строительной отрасли (после вычета затрат на переработку и перевозку) может покрыть неизбежные затраты на дноуглубление и размещение наносов на закрытом и/или открытом сооружении для утилизации наносов – порядка 100%. На самом деле, в отсутствие полезного использования наносов, затраты на удаление наносов, скорее всего, будут еще выше из-за более большого объема неиспользуемого песка. Если коммерчески реализуемые объемы песка будут выше предполагаемых здесь объемов, коммерческая выгода будет еще выше.

Представленные здесь цифры (затраты на дноуглубление, количество вычерпываемых наносов, стоимость ограниченных объектов для удаления наносов, т.д.) предварительны, и должны быть уточнены у потенциальных поставщиков услуг и скорректированы на основе приобретенного опыта и испытаний. Более того, как подчеркивает Гири (2022), необходим детальный проект, а также оценка социального и экологического воздействия, с указанием предварительного объема удаляемых наносов и соответствующей технологии дноуглубления для обеспечения безопасного и эффективного удаления наносов, как при ремонтном дноуглублении, так и позднее, на этапе капитального дноуглубления. Кроме того, из-за недостаточной информации о количестве гравия, которое может быть вычерпано, гравий исключен из этого анализа. Однако гравий тоже имеет ценность для строительной отрасли и может стать еще одним источником доходов.

Анализа прибыли и убытков отдельно прилагается к данному отчету в формате Excel таблицы для предоставления полной информации по проведенным расчетам.

Необходимость эффективного использования гидрологических ресурсов ТМГУ

Наконец, последняя часть данной оценки показывает, что для обеспечения водной, энергетической и продовольственной безопасности необходимо эффективное использование воды из ТМГУ. Узбекистан является крупнейшим сельскохозяйственным потребителем воды в Центральной Азии, и потребление воды для орошения только в Каршинской степи Кашкадарьинской области составляет почти 5,0 млн. м³ за гидрологический год. Часть этого потребления воды обеспечивается ТМГУ.

Однако наш анализ показывает, что применение традиционного бороздового орошения в производстве хлопка приводит к потерям для общества. Затраты на подачу воды с использованием насосов (более 2 долл. США за м³) превышают получаемые выгоды (0,35 долл. США за м³ воды), если их оценивать с точки зрения дополнительного урожая хлопка. Таким образом, дефицитные финансовые и гидрологические ресурсы имеют больше потенциал эффективного использования. Более того, чрезмерное использование воды привело к переувлажнению и засолению, которое затронуло 50% орошаемых угодий в Узбекистане (Хамидов 2022). Внедрение капельного орошения, климатически оптимизированных практик земледелия, использование покровных культур, мульчирование почвы, снижение степени обработки почвы будут играть большую роль в переходе к устойчивому к изменению климата земледелию в Центральной Азии (Джумабоев и др., 2019).

Заключение

В то время как полезное использование наносов экономически обосновано, оно также имеет смысл с точки зрения окружающей среды. Добыча песка в активных песчаных горизонтах оказывает существенное отрицательное воздействие, которое может нарушить естественный баланс и привести к потенциально серьезным социальным, экономическим и экологическим последствиям (ЮНЕП 2022b). Устойчивая добыча песка требует внимательного снижения воздействия и управления, как это признается в новой резолюции ООН³, призывающей к действиям по устойчивому управлению ресурсами песка (ЮНЕА 2022). Кроме того, полезное использование песка соответствует принципам экономики замкнутого цикла и развивающемуся в этой сфере законодательству. Так, в соответствии с иерархией управления отходами ЕС, решения по полезному использованию должны всегда преобладать над вариантами удаления (Директива ЕС 48 2008/98/CE).

В заключении, первые меры по обеспечению технического обслуживания ТМГУ послужат отличным пилотным проектом для, возможно, намного более масштабной программы полезного использования наносов. В то время как мире надвигается кризис поставок песка, водохранилища приближаются к концу экономического срока службы из-за заиления. Проект ТМГУ может стать одним из первых своего рода проектов, хорошо демонстрирующих ценность водохранилищ как источника песка, добываемого устойчивым образом, обеспечивая при этом продовольственную, водную, энергетическую безопасности и стимулируя экономику замкнутого цикла в Центральной Азии.

³Резолюция [«Экологические аспекты управления минералами и металлами»](#).

1. Введение

1.1 Общая информация об уменьшении объемов водохранилищ в мире и на ТМГУ

Аккумуляция воды в водохранилищах – один из главных механизмов решения проблемы изменчивости предложения и потребления воды. Во всем мире, вода из водохранилищ снабжает примерно 30–40% орошаемых площадей (Всемирная комиссия по плотинам, 2000 год), обеспечивает 20% глобального производства электроэнергии в форме гидроэнергии (Демирбас, 2009) и служит рядом других полезных целей, включая регулирование паводков, досуг и навигацию (Виссер и др., 2013).

Недавние исследования показывают рост спроса на пресноводные ресурсы во всех отраслях производства (ЮНЕСКО 2012)⁴. В то же время, заиление приводит к устойчивому истощению водохранилищ во всем мире, при этом потери объемов водохранилищ, согласно оценке, составляют от 0,5% до 1% в год по отношению к проектному объему (Палмиери и др., 2003, Махмуд 1987, Бассон 2009). Кроме того, все более сложным, как с экологической, так и с социальной точки зрения, становится вопрос строительства новых плотин (Бегарани и др., 2020). Туямуюнский гидроузел (ТМГУ) в Центральной Азии – не исключение из этой глобальной тенденции, и скопившаяся критическая масса наносов теперь угрожает водной, энергетической и продовольственной безопасности в регионе.

Туямуюнский гидроузел (ТМГУ) – система из четырех взаимосвязанных водохранилищ и серии каналов в нижней части р. Амударьи, которая граничит с Узбекистаном и Туркменистаном. Его главное предназначение – снабжение воды для орошения в Хорезмской области и Каракалпакстане (Узбекистан) и Дашогузском велаяте (Туркменистан), вплоть до Казахстана на севере (Эверед, 2008). ТМГУ находится в собственности и управлении Республики Узбекистан (Министерство водного хозяйства Республики Узбекистан) в соответствии с межгосударственными соглашениями. Гидроузел контролирует поток ниже по течению р. Амударьи и выделяет воду примерно для 779 300 га орошаемых угодий в Узбекистане и 425 000 га в Туркменистане. Кроме того, он обеспечивает производство 450 млн. кВтч электроэнергии в год в Узбекистане и питьевое водоснабжение для Хорезмской области и Каракалпакстана (РЭЦЦА, 2021).

Главная плотина ТМГУ находится на р. Амударье, на границе между Узбекистаном и Туркменистаном. Она образует Русловое водохранилище, являющееся главным объектом комплекса. Вода из Руслового водохранилища направляется в прилегающие 3 наливные водохранилища для последующего использования. Объем всех четырех водохранилищ, когда они были только построены, составлял около 7,8 млрд. м³ (Эверед, 2008). Эксперты рассчитали объем отложений по длине чаши Руслового водохранилища, который выявил, что полная емкость Руслового водохранилища снизилась с проектных 2340 млн. м³ до **863 млн. м³** по состоянию на момент измерений. Соответственно изменились показатели площади зеркала при различных горизонтах, при этом на отметке 130 м емкость равна **247,8 км²**. Таким образом, за время эксплуатации ТМГУ **объем Руслового водохранилища сократился на 1477 млн. м³**.

Недавние измерения Руслового водохранилища указывают на дальнейшее существенное уменьшение объема после введения в эксплуатацию. В настоящее время потеря объема оценивается примерно в 1,48 млрд. м³, т.е. 63% от общего начального объема 2,34 млрд. м³. Прогноз М. Икрамовой (2021) показывает, что Русловое водохранилище будет полностью потеряно к 2040 году. Мертвый объем был полностью потерян еще в 2008 году. Согласно отчету международного консультанта Deltares на тот момент, когда большой объем наносов все еще находился в верхнем участке, серьезной проблемы можно было бы избежать. Однако меры не были предприняты, что сейчас уже представляется большим вызовом (Гири 2022).

1.2 Преимущества устойчивого управления наносами

Анализ затрат и выгод (АЗВ) – основной социально-экономический инструмент, используемый для обоснования строительства плотин (Дасгупта и Пирс 1972). При положительном дисконтировании, все затраты и выгоды проекта, которым больше нескольких десятилетий, снижаются в АЗВ до незначительных величин. Таким образом, экономически выгодный проектный срок службы водохранилища в АЗВ обычно составляет 50 лет – время, необходимое, чтобы окупить капитальные затраты на оборудование. В результате, объем заиливания вычисляется на 50 лет, и самые нижние водосбросы устанавливаются выше уровня мертвого объема, чтобы переносить наносы вниз по течению во время срока службы. При таком виде проектирования будущее управление наносами ложится на плечи следующего поколения, а не того, которое построило плотину (Рэндл и Бойд, 2018).

Таким образом, в отсутствие управления наносами, заиливание сокращает экономически выгодный срок службы плотин по отношению к их истинному потенциалу. Более того, появляются новые «затраты», которые не учитываются в традиционном экономическом анализе (даже сейчас, по строящимся плотинам). Затраты, связанные с заиливанием, включают: износ и повреждение турбин, потерю структурной целостности, увеличение риска наводнений, отложения в канале выше по течению и деградацию ниже по течению вследствие изъятия воды выше по течению и задержки наносов; инфраструктуру и затраты на переоснащение плотины установками для управления наносами или удаления наносов и окончательный вывод плотины из эксплуатации, включая ленточные конвейеры и грузовую перевозку, строительство дорог, дренаж наносов, ограниченные объекты для удаления, хвостовые дамбы, т.д. Это можно также отнести к так называемым вечным затратам, отражающим постоянные затраты будущих поколений по уходу за заиленными водохранилищами, когда прибыли от ТМГУ больше не будет, но будут нужны ежегодные расходы по мерам безопасности, техническому обслуживанию и удалению наносов. Таким образом, при традиционном анализе затрат и выгод не достигается ни устойчивый срок службы водохранилища, ни справедливость по отношению к будущим поколениям (Джордж и др., 2017).

Устойчивое управление наносами направлено на достижение баланса между притоком и оттоком наносов, восстановление доставки наносов в канал ниже по течению, максимизацию долгосрочного объема, выработку электроэнергии и другие выгоды, снижая при этом до минимума вред окружающей среде (Моррис, 2020). Стратегии управления сосредоточены на балансировании наносов в водохранилищах путем: 1) уменьшения образования наносов в водосборе, например, за счет восстановления ландшафта, 2) движения наносов, например, направления наносо-нагруженного стока вокруг водохранилища или через него путем отвода потока, обхода, выпуска плотного потока, промывки, регулирования паводков, при котором наносы выводятся через затворы; 3) удаления наносов после отложения путем промывки или при помощи различных вариантов дноуглубления. Успешное управление наносами обычно сочетает в себе множество стратегий (Моррис, 2020). Дноуглубление обычно рассматривается как крайняя мера при устойчивом управлении наносами, когда уровень заиливания становится настолько критичным, что других мер будет недостаточно (Рэндл, 2018).

Техническая оценка Гири (2022) подчеркивает, что проблемы ТМГУ требуют срочного удаления наносов. Первая категория проблем касается большого слоя наносов возле головных сооружений ГЭС (водозаборы и водосбросы). Слой наносов негативно отражается на функциональности и безопасности сооружений, а именно на выработке гидроэнергии и работе канала, ирригационных сооружениях, а также безопасном проходе паводков, что повышает риск наводнения и угрозы, связанные с наносами и стихийными бедствиями ниже по течению.

Для решения проблемы, прежде всего, Гири (2022) предложил техническую концепцию, содержащую комплексную программу управления наносами с полезным использованием наносов. Концепция включает четыре основных компонента: (1) удаление наносов в Русловом водохранилище и каналах (т.е. основные меры по эксплуатации и техническому обслуживанию) в сочетании с промыванием наносов (т.е. дополнительные меры); (2) управление эрозией и притоком наносов в водосборе ТМГУ, реке, устье и Русловом водохранилище; (3) коммерческая пилотная кампания по потенциальным вариантам полезного использования удаленных наносов; (4) создание систем мониторинга, информации, прогнозирования и раннего предупреждения по воде, наносам (качество, количество, утилизация) и морфологии водохранилища (т.е. неструктурные адаптивные меры).

Настоящий отчет посвящен первому и третьему компонентам. На основе предлагаемых мер по выемке наносов первого компонента, подготовлен отчет о прибылях и убытках с доходами, затратами и прибылями, связанными с удалением и полезным использованием наносов в строительной отрасли. До этого, в следующем разделе представлены рекомендации Гири (2022), касающиеся инвестиционного анализа, и описан полный перечень прямых и косвенных затрат и выгод, связанных с улучшением управления наносами в ТМГУ. В Главе 2 рассмотрены характеристики наносов из ТМГУ, потенциальный рынок для строительных материалов из ТМГУ, различные затраты, связанные с управлением наносами. Глава 3 содержит пример использования отчета о прибылях и убытках по полезному использованию наносов в строительной отрасли для оценки коммерческого обоснования полезного использования наносов. В Главе 4 обсуждается перспективная роль государственно-частных партнерств в финансировании кампаний по полезному использованию наносов и аргументы в пользу оптимального использования водных ресурсов ТМГУ, например, выгоды сохранения ТМГУ, которые перевешивают необходимые для этого затраты. Глава 5 содержит выводы и заключение.

1.3 Обоснование срочного удаления наносов из Руслового водохранилища ТМГУ

Удаление наносов в Русловом водохранилище и каналах неизбежно, чтобы не допустить ухудшения работы ГЭС, внерусловых водохранилищ и угроз для строительных / механических конструкций. Соответственно, необходимо провести ремонтное дноуглубление возле головных сооружений ГЭС и канала, водосбросов и водозаборов внерусловых водохранилищ. В некоторых частях верхнего участка водохранилища тоже нужно регулярно проводить дноуглубительные работы для уменьшения притока из верхнего участка. Для этого необходимо подготовить детальный проект и оценку социального и экологического воздействия с указанием предварительного объема удаляемых наносов, а также подходящей землечерпательной технологии для обеспечения безопасного и эффективного удаления наносов.

Гири (2022) рекомендует рассмотреть удаление 1-2 млн. м³ наносов в год в течение первых лет, и с накоплением опыта и повышением производительности со временем можно увеличить объем. Эти меры следует реализовывать в рамках комплексного плана управления наносами и выполнять регулярно на протяжении всего срока службы водохранилища в сочетании с другими текущими мерами (промывание наносов) и неструктурных мер – см. Рисунок 3.1 в Гири (2022).

Эти срочные меры не требуют очень больших финансовых инвестиций, согласно Гири (2022), по сравнению с потерями, происходящими на ТМГУ в течение последних нескольких лет. Позднее и на втором этапе необходимо будет решить вопрос потери объема Руслового водохранилища, которая вследствие значительного заиливания составляет почти 1,5 млрд. м³. Для решения этой проблемы нужны масштабные меры по восстановлению объема или альтернативные структурные решения, включая:

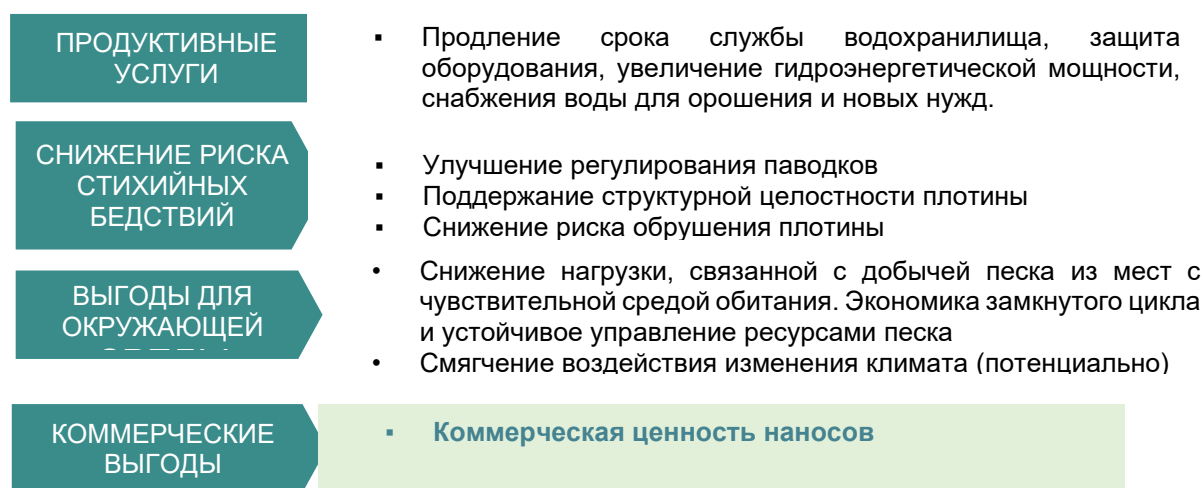
- Вариант 1 – капитальное дноуглубление в Русловом водохранилище с полезным использованием наносов с целевым объемом удаления до 500 млн. м³ наносов за максимально короткий срок.
- Вариант 2 – строительство и / или расширение внеусловного водохранилища (-щ).
- Вариант 3 – ремонт / реконструкция сооружений (например, повышение плотины, замена).

Прежде чем выбрать какую-либо из этих мер, необходимо провести комплексную оценку осуществимости и воздействия. Таким образом, еще предстоит решить, какой вариант восстановления объема ТМГУ наиболее оптимален. В связи с этим, данный анализ не предполагает оценки полезного использования наносов в масштабной системе капитального дноуглубления.

1.4 Обзор выгод удаления и полезного использования наносов

Есть затраты, но также есть множество выгод, как прямых, так и косвенных, при дноуглублении и полезном использовании наносов из ТМГУ. Они вкратце описаны в Таблице 1 и более подробно обсуждаются в последующих разделах.

Рисунок 1: Выгоды устойчивого управления наносами



Для этого следует подготовить детальный проект и провести оценку социального и экологического воздействия с указанием предварительного объема удаляемых наносов, а также землечерпательной технологии, чтобы обеспечить безопасное и эффективное удаление наносов.

1.4.1 Выгоды для ТМГУ

Значительная потеря объема ТМГУ приводит к нехватке воды, которая влияет на источники средств существования более 5 миллионов человек, получающих выгоды от ТМГУ в Узбекистане и Туркменистане. Выгоды от уменьшения заиления можно оценить с точки зрения выгод поддержания объема водохранилища, производства энергии, пропускной способности для орошения и питьевого водоснабжения по сравнению с обычной ситуацией (обычным ходом деятельности) с окончательной потерей ТМГУ как продуктивного ресурса.

Кроме того, есть ряд затрат и рисков, связанных с неуклонно растущим накоплением наносов. Заиление приводит к множеству последствий для окружающей среды (например, производство СН₄ от бескислородных донных отложений), повышает нагрузку на плотину и затворы и вызывает повреждение механических турбин и другого механического оборудования. Повреждение оборудования происходит в результате эрозии оксидного покрытия лопастей, которое приводит к неровности поверхности и более серьезному повреждению. Сохраняющаяся эрозия может привести к продолжительным приостановкам

работы на обслуживание или замену. Более того, недавние исследования подчеркнули синергический эффект кавитационной эрозии и эрозии отложений, показав, что суммарный эффект кавитационной эрозии и эрозии отложений для турбин сильнее их отдельного воздействия (Тапа, 2015).

Что касается рисков для структурной целостности, не ясно, был ли ТМГУ спроектирован для той огромной дополнительной нагрузки, которая возникнет, когда до оси плотины дойдет больше наносов. Заиление окажет значительную дополнительную нагрузку на напорную грань плотины. Если ТМГУ для этого не спроектирован, реальна опасность обрушения гидроузла (Детеринг, 2022; Гири, 2022). Тщательное общее планирование этапа ремонтного и капитального дноуглубления поможет снизить эти риски.

1.4.2 Выгоды для окружающей среды, связанные с полезным использованием наносов

Наносы в водохранилищах содержат глину, ил, песок, гравий, щебень, валуны (Рэндл и Бойд, 2018). С экономической точки зрения, их можно рассматривать как ресурсы, которые в настоящее время не используются. В то время как они фактически сокращают срок службы плотин, есть множество вариантов их использования. В особенности, песок и гравий важны для строительства дорог, мостов, больниц и инфраструктуры, играющих центральную роль в человеческом развитии. «Песок, таким образом, является непризнанным героем нашего развития» (Шила Аггарвал-Хан в ЮНЕП 2022b).

Более того, согласно Директиве ЕС 48 2008/98/CE, наносы, добываемые из водохранилищ, становятся отходами. В соответствии с иерархией управления отходами ЕС, решения по полезному использованию должны всегда преобладать над вариантами удаления.

По сути, к полезному использованию наносов подталкивает ряд факторов. С одной стороны, потеря объема водохранилища, а также и потеря мощности ограниченных объектов, построенных для хранения и обращения с вычерпанными наносами (Миллер и др., 1998). В некоторых случаях полезное использование вычерпанных наносов является обязательным из-за нехватки объектов и участков для хранения. С другой стороны, развитие национального и европейского законодательства в сфере водохранилищ и управления наносами привело к появлению значительного объема научных исследований по возможным способам полезного использования наносов (Молино и др., 2014). Возможные способы использования вычерпанного ила, песка и / или гравия включают:

Илисто-глиняные наносы – для добавок к почве (Де Винченцо и др., 2007; Шихан и др., 2010; Форвел и др., 2018); восстановление пляжа и защита от эрозии (Миллер и др., 1998; Багарани и др., 2020); наносы – для строительства дорог и дорожного покрытия (Дюбуа и др., 2009); сырье для производства традиционных керамических кирпичей (Центрально-Азиатский институт экологических исследований); глинистые наносы – для производства цемента (Валенти и др., 2003; Ван Бундерен и др., 2019, Салфи и др., 2020); мелкозернистые наносы – сырье для клинкера (Фауре и др.) и замена традиционных заполнителей и песка в производстве строительного раствора или бетона (Агостини и др., 2007; Бедаа и др., 2022; Де Винченцо и др., 2019, Мессина и др., 2017, Багарани и др., 2020; Лимера, 2011; Юнакова и др., 2014; Озер-Эрдоган 2016).

В последних исследованиях продемонстрированы различные способы полезного использования вычерпанных наносов в качестве сырья в строительстве, в том числе для производства бетона, строительства автодорог, производства цемента и кирпичей. В частности, что касается производства кирпичей, оценка, проведенная ТОО «Центрально-Азиатский институт экологических исследований» в 2022 году (казахстанская лаборатория) показала, что из наносов ТМГУ можно произвести качественные кирпичи (см. Рисунок 2).

Рисунок 2: Готовые образцы продукта (кирпичи), изготовленные с использованием наносов из Руслового водохранилища



Источник: ТОО «Центрально-Азиатский институт экологических исследований», 2022

Более того, бетон – один из наиболее используемых материалов в мире. Природные запасы, используемые в производстве бетона (песок, заполнители, известняк, т.д.), истощаются, а спрос на них продолжает расти. В ответ на надвигающийся кризис предложения, озвучиваются призывы к переходу к экономике замкнутого цикла в использовании песка, включая запрет на полигонное захоронение минеральных отходов и стимулирование повторного использования песка в контрактах на государственные закупки (ЮНЕП 2022b).

В свете этой проблемы по уменьшению истощения сырья на фоне резкого роста строительной отрасли в Узбекистане, потенциал полезного использования наносов в строительстве является очевидным легким решением, и это главная тема настоящей оценки.

Хотя есть разные варианты решения потери объема Руслового водохранилища ТМГУ, еще не ясно, какие объемы наносов будут добыты в средне- и долгосрочной перспективе. В связи с этим, наиболее срочный и целесообразный способ использования наносов – тот, который потребуются на этапе ремонтного дноуглубления, когда будут вычерпаны значительные объемы (1-2 млн. м³ в год).

1.4.2.1 Полезное использование мелкозернистых наносов для производства кирпичей и цементных растворов

Крупнозернистые наносы, песок и гравий можно легко использовать в производстве бетона и в строительной отрасли. В случае мелкозернистых наносов (ил и глина) дело обстоит сложнее, так как они обычно требуют затратной тепловой обработки, направленной на устранение органических фракций и определенных загрязняющих веществ, прежде чем их можно использовать для производства строительных материалов (Беддаа и др., 2022).

Однако, как отмечалось выше, анализ ТОО «Центрально-Азиатский институт экологических исследований» показывает, что мелкозернистые наносы можно использовать в производстве кирпичей. Более того, мелкозернистые наносы обычно содержат оксид кремния, оксид алюминия, оксид кальция, оксид железа в качестве основных химических составляющих, и могут подойти для замены сырья в производстве портландцементного клинкера (Ван Бундерен и др. 2019). Внушает оптимизм то, что новые исследования указывают также на возможность использования сырых необработанных мелкозернистых наносов – порядка 10% – как заменитель цемента в производстве бетона без отрицательных последствий для характеристик бетона на портланд-цементе⁵ (Беддаа и др., 2022).

⁵ Портланд-цемент типа CEM I 52.5 с завода Calcia, который в основном содержит клинкер (91,3 % масс.), гипс (4,9 % масс.) и известняк (3,8 % массы).

Поскольку производство цемента связано со значительным углеродным следом⁶ (7% мировых выбросов парниковых газов), снижение доли цемента в строительной отрасли может привести к существенному сокращению выбросов парниковых газов. Исследование по наносам из французских водохранилищ, Беддаа и др. (2022), показывает, что при включении мелкозернистых наносов (<63 мк) в бетонные растворы в качестве наполнителя для замены 10% цемента мелкозернистыми наносами, углеродный след бетона уменьшается почти на 10%.

Характеристики сырых наносов отличаются в разных местах, поэтому возможности использования мелкозернистых наносов из ТМГУ в качестве заменителя цемента требуют дополнительного анализа (например, силами Центрально-Азиатского института экологических исследований). Тем не менее, характеристики клинкера можно регулировать путем корректировки пропорций сырой смеси, поддерживая при этом довольно высокое содержание наносов в смеси. Таким образом, включение наносов в качестве добавки к цементу является технически перспективным, позволяя при этом сократить экологические издержки производства бетона. Более того, есть потенциал для полезного использования больших объемов наносов, что делает цементную отрасль, а также кирпичное производство, целесообразным вариантом для повышения ценности наносов.

В оценке осуществимости не учтена ценность полезного использования мелкозернистых наносов, так как делать какие-либо выводы пока еще рано, но полезное использование мелкозернистых наносов из ТМГУ следует рассматривать серьезно в целях полноценного внедрения экономики замкнутого цикла и получения максимальных социальных выгод дноуглубительных работ.

1.4.3 Стратегическая ценность песка и косвенные выгоды полезного использования наносов для услуг экосистемы

Песчаные горизонты в мире являются неотъемлемой частью ландшафта и экологической системы, внося вклад в биоразнообразие и живую окружающую среду. До недавнего времени, естественный баланс непрерывной эрозии и отложения песка сохранялся, так как песок добывался в относительно небольших объемах, как из *неактивных*, так и из *активных* песчаных горизонтов. Однако стремительный рост спроса на ресурсы песка и локальное накопление наносов, вызванное инфраструктурой, в том числе плотинами ГЭС, повысили угрозу для этих систем (ЮНЕП 2022b).

Там, где песчаные горизонты подвергаются современным процессам эрозии и отложения, их можно считать активными и динамичными. Выемка наносов в динамической среде, например, в реках, озерах, устье, дельте и побережье, особенно проблематична (Рис 3). В реках, например, песок поставляет питательные вещества окружающим экосистемам, защищает источники воды, уменьшает эрозию речного берега и регулирует речные потоки (регулирование паводков и засухи) (Апиц 2012). В экосистемах каналов, рыбы и беспозвоночные размножаются в материалах русла и речных берегов, имеющих большое значение для поддержания здоровых уровней репродукции, обеспечивающей белок и запасы питания для сообществ (Гопал 2020). Таким образом, добыча из активных песчаных горизонтов, которая приводит к изменению темпов переноса песка, может угрожать сообществам и источникам средств существования, причем не только там, где происходит добыча, но и ниже по течению в затронутой системе⁷.

⁶ Коэффициент выбросов по цементу типа СЕМ I составляет 866 кг CO₂-экв./т, по сравнению с 2,3 кг CO₂-экв./т по естественным заполнителям.

⁷ Более того, эти объекты окружающей среды обычно входят в сферу регулирования политики и законодательства (например, режим правового регулирования окружающей среды, политика и управление водными ресурсами, управление прибрежной зоной, инфраструктура, градостроительство и планирование землепользования, управление рыбными ресурсами, политика биоразнообразия), которые не отражают надлежащим образом вопросы управления добычей песка. Системы концессий и разрешений могут быть

Следовательно, песок следует признать стратегическим ресурсом, добычу и использование которого нужно пересмотреть (ЮНЕП 2022а). Кроме того, песок имеет большое значение для экономического развития, но его используют быстрее, чем он может восстановиться в естественных условиях. Ответственное управление крайне важно, и полезное использование наносов ТМГУ может этому способствовать. С учетом этого, следующая глава посвящена потенциальным экономическим выгодам, которые могут быть получены при успешной кампании полезного использования наносов в строительной отрасли Узбекистана и их сравнению с неизбежными затратами на дноуглубление и удаление наносов.

Рисунок 3: Примеры заголовков, привлекающих внимание к проблемной добыче песка (The Third Pole 2022)



Sand mining is destroying Asia's rivers

Uncontrolled and mostly illegal extraction of sand and rocks from riverbeds for construction is killing rivers across South Asia and China, and must be tightly controlled



2. Анализ финансовой осуществимости полезного использования наносов в строительстве

2.1 Наносы из Руслового водохранилища

Наносы в водохранилищах обычно включают глину, ил, песок, гравий, щебень, валуны (Рэнделл 2018). Анализ и описание состава наносов в ТМГУ содержатся в работе Гири (2022) и показаны в Таблице 1. В разных точках водохранилища было взято шестнадцать проб. Они показывают, что наносы из ТМГУ состоят из песка, ила, глины в различных пропорциях. Более того, образцы показывают, что наносы не содержат вредных (токсичных) веществ и включают полезные элементы в следовом количестве, например, железо, медь, бор, магний, цинк, марганец, кобальт, молибден (согласно анализу Широковой, 2022). Таким образом, наносы смогут соответствовать строгим экологическим стандартам конечного использования, будь то в стране или за рубежом, без необходимости предварительной обработки⁸.

очень сложными и трудными для реализации, а мониторинг и обеспечение исполнения требований – трудными в реализации и недостаточно обеспеченными ресурсами.

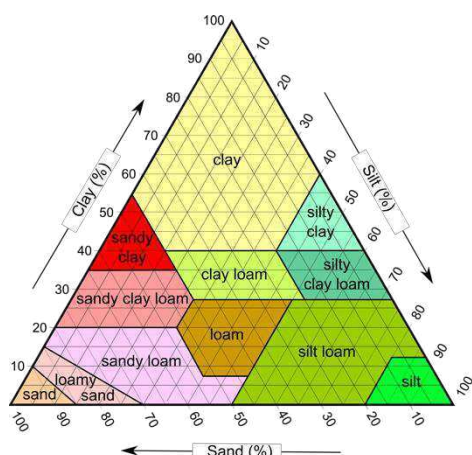
⁸ <https://www.carmeuse.com/eu-en/sediment-treatment-reuse>

Таблица 1: Состав наносов в 16 пробах грунта, взятых в ТМГУ (Широкова 2022) – серым обозначено содержание песка от 29%, желтым – содержание глины от 18%.

№	Код образца (место взятия образца)	Оценка в соответствии с Качински	Содержание фракций (мм) в соответствии с треугольником США, %			Наименование ФАО	
			Песок, 0.05-2.0	Ил, 0.002-0.05	Глина, < 0.002		
1	PK-23 "Uz"	Песок рассыпается	91	8	0	S	Песок
2	TMGU Ave. coast of Uzb	Связанный песок	29	69	3	ZL	Илистый суглинок
3	№130®515 m Ave. Bank Ruslovaya ST-1	Опесчаненный суглинок	34	61	5	ZL	Илистый суглинок
4	№130®515 m Ave. Bank Ruslovaya ST-1	Опесчаненный суглинок	39	56	5	ZL	Илистый суглинок
5	PK-25 "Uz"	Средний суглинок	9	73	18	ZL	Илистый суглинок
6	Military unit of TMGU Uzbek	Средний суглинок	12	71	17	ZL	Илистый суглинок
7	ST 22 Uzb	Средний суглинок	5	79	17	ZL	Илистый суглинок
8	TMGU Ave. beregTMGU	Опесчаненный суглинок	19	76	5	ZL	Илистый суглинок
9	Etc. Bank No. 130 Run-of-river dam	Легкий суглинок	й	81	10	Z	Ил
10	Etc. Ruslovaya bank №130	Легкий суглинок	7	81	12	ZL	Илистый суглинок
11	ST 2® 436m Pr Bank Ruslova	Связанный песок	33	63	3	ZL	Илистый суглинок
12	Sulton Sanzhar Ave. Ruslovaya bank	Средняя глина	3	66	31	ZCL	Пылевато-иловатый суглинок
13	Military unit of TMGU Uzbek	Средний суглинок	9	75	17	ZL	Илистый суглинок
14	ST 2® 237m Pr Bank Ruslova	Средний суглинок	9	79	13	ZL	Илистый суглинок
15	Pr shore® 65 Run-of-river ST 5	Средняя глина	1	65	34	ZCL	Пылевато-иловатый суглинок
16	ST 2® 436m Pr Bank Ruslova	Опесчаненный суглинок	27	69	4	ZL	Илистый суглинок

Ил – это мелкозернистый осадок, не содержащий глинистые минералы, в которых частицы, как правило, крупнее, чем в глине. Глина – вид мелкозернистого природного почвенного материала, содержащего глинистые минералы. Глина используется во многих современных промышленных процессах, например, в производстве бумаги, цемента, химической фильтрации. От половины до двух третей населения в мире живет или работает в зданиях, построенных с использованием глины, зачастую в виде кирпичей, являющихся основным элементов несущей конструкции. Глина является определяющим ингредиентом суглинка, одного из старейших строительных материалов на Земле (Грим 2016). Смеси песка, ила и менее 40% глины называются «суглинок» (Олив и др., 1989). В соответствии с треугольником классификации почв по механическому составу Министерства сельского хозяйства США, единственный вид почвы, который не состоит преимущественно из песка, ила или глины, называется «суглинок» (см. Рисунок 4).

Рисунок 4: График классификации почв по механическому составу Министерства сельского хозяйства США



Учитывая состав ила, песка и глины в образцах наносов, судя по всему, большую часть всех наносов можно объединить для производства глинистого песка, для которого уже есть рынок сбыта (см. Раздел 2.7). Например, 12-ый и 13-ый образцы содержат более 30% глины, в то время как другие образцы можно отнести к суглинистой почве и опесчаненному суглинку (4-ый образец).

Обычно по мере наполнения водохранилища наносами, крупнозернистые наносы, включая гравий и песок, оседают в верхнем крае водохранилища (т.н. дельтовые отложения, см. Рисунок 4), в то время как ил и глина оседают ниже по течению. Один образец «PK-23 Uz» (первый образец в Таблице 1) был взят выше по течению в водохранилище, и он содержит в основном чистый песок. Он подтверждает, что ТМГУ, вероятно, может обеспечить устойчивое предложение песка для строительной отрасли.

Рисунок 5: Типичные отложения в водохранилище (Рэндл 2018)



2.2. Мировой спрос и предложение песка

Согласно данным Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП 2022b), песок и гравий составляют до 85% всего, что добывается в мире, и занимают второе место среди наиболее

используемых ресурсов в мире⁹ после воды (ЮНЕП 2022b). В некоторых частях мира люди прилагают все больше усилий, чтобы получить песок. «Песчаная мафия» в Индии запугивает местных жителей, чтобы добывать и перевозить песок. В Марокко и странах Карибского бассейна воры оголяют пляжи (The Economist 2017). Песок крайне важен для экономического развития. Он используется в производстве бетона и асфальта, кремниевых чипов, стекла, широкого перечня других продуктов. Он крайне важен для инфраструктуры, от автомобильных дорог до больниц, из него строятся современные города. Не удивительно, что Азия является крупнейшим потребителем песка.

Однако в мире разворачивается кризис предложения песка, так как спрос начал превышать объемы производства и восстановления песка (Йирка, 2022). Согласно прогнозу в недавнем исследовании, глобальное потребление строительного песка вырастет примерно на 45% в период с 2020 до 2060 года, при этом в регионах с низким уровнем дохода и уровнем дохода ниже среднего потребление увеличится на 300%, а в регионах с высоким уровнем доходом потребление немного снизится (Жонг и др., 2022). В частности, мировой спрос на песок, вероятно, вырастет с 3,2 млрд. метрических тонн в год в 2020 году до 4,6 млрд. метрических тонн в 2060 году.

Несмотря на обилие песка в окружающей среде, например, в массивных дюнах пустыни Сахара, большая его часть не подходит для промышленного использования. Таким образом, хотя неизвестно, сколько песка есть в природных запасах, исходя из текущих прогнозов предложения и спроса, вероятно, наступит серьезная нехватка песка (Йирка, 2022).

2.3 Спрос на строительные материалы в Узбекистане и Туркменистане

Производство строительных материалов – одна из ведущих отраслей Узбекистана, которая влияет на дальнейшее развитие других важных отраслей экономики страны (Хабил и др., 2021). Ключевые сегменты строительного рынка Узбекистана: коммерческое строительство, промышленное строительство, инфраструктурное строительство, энергетическое и коммунальное строительство, институциональное строительство и жилищное строительство (Global Data 2022). Согласно данным АБР (2021), вклад строительной отрасли в ВВП страны составлял 6,5% в 2019 году.

Инфраструктурное строительство было крупнейшим сегментом в строительной отрасли Узбекистана в 2021 году. Оно получает поддержку в виде государственных инвестиций в транспортные инфраструктурные проекты, направленные на развитие региональных связей, а также финансовую поддержку АБР по реализации транспортных проектов. Росту коммерческого строительства тоже способствуют меры правительства по развитию и восстановлению туризма в сочетании с постепенным возобновлением туристической активности в стране (Global Data 2022).

Поскольку крупные городские центры, например, Ташкент, Бухара и Самарканд, продолжают быть привлекательными для работников, мигрирующих из сельской местности, необходимо существенное увеличение строительства доступного городского жилья (согласно данным АБР 2021). Производству в секторе жилищного строительства способствует рост спроса на жилье, относительная стабилизация обменного курса, программы доступного жилья. Наконец, промышленное строительство, энергетический и коммунальный рынок в Узбекистане, согласно прогнозам, будут расти на фоне улучшения условий мировой экономики в сочетании с восстановлением промышленного производства и экспорта и инвестициями в проекты по возобновляемым источникам энергии, воде и газу. Прогнозируется, что рост строительной отрасли в целом составит более 4% в год (Таблица 2). Эта траектория подкрепляется благоприятными для бизнеса реформами, противодействующими инфляционными процессами и уменьшением денежных переводов

⁹ 50 млрд. тонн используется каждый год – достаточно, чтобы построить стену шириной 27 метров и высотой 27 метров вокруг планеты Земля каждый год.

из России. Эксперты Focus Economics прогнозируют, что ВВП увеличится до 3,9% в 2022 году и 5,2% в 2023 году¹⁰ (Global Data 2022).

Таблица 2: Обзор строительного рынка в Узбекистане

Размер рынка (год – 2021)	11,2 млрд. долл. США		
Темпы роста (2023 – 2026)	Средний ежегодный прирост AAGR >4%		
Период прогноза	2022-2026 годы		
Основные сегменты	Коммерческое строительство, энергетическое и институциональное строительство	строительство, инфраструктурное и коммунальное строительство	промышленное строительство, и жилищное строительство
Основные этапы	Предварительное планирование, подготовка к реализации, реализация	планирование, реализация	планирование, реализация

Источник: Global Data (2022)

2.4 Предположительный спрос на песок для производства бетона и цемента

Бетон – наиболее распространенный строительный материал в строительной отрасли. Это очень прочный конструктивный строительный материал, состоящий из смеси цемента, воды, гравия, песка и камня (Эсуб 2020). Бетон используется в базовых фундаментах, наружных поверхностях, верхних сооружениях, устройстве полов, водоочистных сооружениях, стоянках / сооружениях для автомобилей и других постоянных конструкциях (Болье 2022).

Типичные пропорции бетонного раствора – 1:1.5:3:0.57 (цемент: песок: крупный заполнитель: вода¹¹). По сути, на каждую единицу цемента, нужно 1,5 единицы песка и 3 единицы заполнителя. Таким образом, можно взять производство в цементной отрасли, чтобы спрогнозировать вероятный спрос на песок в Узбекистане и Таджикистане.

Согласно данным Avesta Group (2022), в Узбекистане среднегодовой рост цементного производства в 2015-2020 годах составил 10%. В среднем, в эксплуатацию вводится более 12 млн. м² жилья в год. С запуском 11 новых цементных заводов в 2021 году (в Андижанской, Наманганской, Самаркандской, Ташкентской, Кашкадарьинской и Ферганской областях), общая установленная мощность в Узбекистане в 2021 году составила 25,3 млн. тонн. Производство цемента в 2021 году было порядка 16,4 млн. тонн, согласно данным Ассоциации предприятий промышленности строительных материалов (Tashkent Times 2021). Соседний Узбекистан, который является еще одним потенциальным рынком для песка из ТМГУ, достигнет производственной мощности 2 млн. тонн цемента в год к декабрю 2022 года (Central Asia News 2020). Расположение цементных заводов в Узбекистане и Туркменистане изображено на Рисунках 4 и 5, и оно показывает, где будут востребованы строительные материалы из наносов ТМГУ.

¹⁰ Бухарский государственный университет / АО «Узпромстройматериалы» / Ташкентский государственный университет. Производство вяжущих веществ в Республике Узбекистан: настоящее и будущее. https://www.zkg.de/en/artikel/zkg_Binder_production_in_the_Republic_of_Uzbekistan_Present_and_future_2507310.html

¹¹ Влияние качества песка на прочность бетона при сжатии: пример округа Найроби и его окрестностей, Кения. https://www.scirp.org/html/7-1880259_49799.htm#:~:text=Silt%20and%20clay%20content%20testing,size%20and%20ordinary%20Portland%20cement.

Рисунок 6: Цементные заводы в Узбекистане (Cemnet 2022)



Рисунок 7: Цементные заводы в Туркменистане (Cemnet 2022)



2.5 Спрос на песок в Узбекистане и Туркменистане

Если считать Узбекистан и Туркменистан, общий спрос на цемент составлял порядка 19 млн. тонн в 2021 году (Таблица 3) (включая импорт 0,5 млн. тонн цемента в 2021 году) (Tashkent Times 2022). Как отмечалось ранее, цемент не используется самостоятельно, а в пропорции 1-1,5 при производстве бетона. С учетом других видов использования песка, например, для производства стекла, асфальта для дорог, можно предположить, что годовой спрос на песок в Узбекистане и Туркменистане составляет не менее 28,5 млн. тонн (~20 млн. м³), если использовать коэффициенты пересчета, указанные в Приложении 1.

В 2020 году Узбекистан ввез песок на 656 000 долл. США, что указывает на возможности для использования ТМГУ для покрытия национального дефицита (Indexbox 2022).

Таблица 3: Предположительный спрос на песок

Спрос на цемент и песок	В год (2021)
Узбекистан – цемент (тонн)	17 000 000
Туркменистан – цемент (тонн)	2 000 000
Узбекистан и Туркменистан – спрос на сухой песок (для производства бетона при смешивании с цементом) (тонн)	28 500 000
Нижняя граница спроса на сухой песок (м3)	20 357 143

Далее можно предположить, что спрос будет расти теми же темпами, что и строительная отрасль (4%) в Узбекистане¹². В отличие от спроса на песок, получить оценки общего потенциального спроса на глину и глинистый песок в Узбекистане и Туркменистане не представилось возможным. Однако спрос, вероятно, будет расти с той же скоростью, что и спрос в строительной отрасли в целом.

2.6 Пригодные для сбыта наносы

В Узбекистане уже есть рынок для песка и глинистого песка. По данным интернет-магазина Pesok.uz, глинистый песок широко используется в строительной отрасли Ташкента для производства строительных материалов и большого перечня земляных работ и благоустройства (Pesok.uz 2022). Характерным свойством этого материала является высокое содержание частиц глины (более 30%), суглинистого грунта (10-30%), песчаного грунта (3-10%).

Что касается оценки фактических количеств песка и глинистого песка, которые можно добыть в ТМГУ для строительной отрасли, приходится работать только с допущениями. Во-первых, из-за того, что невозможно по шестнадцати образцам наносов сделать выводы об общем составе наносов¹³ (Раздел 2.1). Во-вторых, неизвестно, как развернется кампания ремонтного дноуглубления, и будет ли предпринято меньше или больше усилий ниже по течению, чем выше по течению (где больше песчаных отложений).

В связи с этим, используются консервативные оценки, которые можно рассматривать как «первый анализ полезного использования наносов из ТМГУ». В частности, предполагается, что будет добыто и переработано, соответственно, в песок и глинистый песок 20% наносов из водохранилища. Таким образом, в рамках пилотной кампании ремонтного дноуглубления с удалением около 1-2 млн. м³ наносов, может быть гарантирована годовая поставка песка и глинистого песка в объеме от 150 000 м³ до 300 000 м³, соответственно, и, возможно, даже больше. Эти количества могут быть легко поглощены на местном рынке.

Добываемый материал	Фракции
Песок	20%
Глинистый песок	20%

Таблица 4а: Предполагаемая доля наносов, используемая для получения песка и глинистого песка (допущения, используемые в оценке экономической осуществимости)

Таблица 4б: Количества вычерпываемых наносов в течение первых пяти лет программы ремонтного дноуглубления (допущения, используемые в оценке экономической осуществимости)

Ремонтное дноуглубление	Вычерпываемые наносы (м3, год 1)	Вычерпываемые наносы (м3), годы 2-3	Вычерпываемые наносы (м3), годы 4-5
Ремонтное дноуглубление (м3 / год), годы 1-5	1 000 000	1 500 000	2 000 000
Песок для полезного использования (м3 / год)	200 000	300 000	400 000

¹² Более того, песок является товаром, который продается на мировом уровне, особенно там, где есть хорошо развитые транспортные маршруты. При наличии экономии от масштаба в дноуглубительных работах и переработке песка из ТМГУ, не исключено, что песок из ТМГУ можно будет экспортировать в другие страны, при условии разумных транспортных затрат.

¹³ Образцы были взяты из верхнего слоя ложа водохранилища. Учитывая, что слой наносов значителен (до 15 м возле плотины), и, судя по всему, есть нижние слои с более старыми отложениями, данные по составу и качеству только верхнего или поверхностного слоя не могут быть репрезентативными для всех отложенных наносов. В рамках будущей работы нужно будет оценить образцы грунта из более глубоких слоев.

Глинистый песок для полезного использования (м³ / год)	200 000	300 000	400 000
--	---------	---------	---------

В случае последующей реализации масштабной кампании по дноуглублению, Гири (2022) советует вычерпать не менее 500 млн. м³ наносов в Русловом водохранилище в течение пяти лет. При капитальном дноуглублении может быть обеспечено предложение около 40 млн. м³ песка и глинистого песка в год. Возможно, нужно будет изучить экспортные рынки для глинистого песка по материалам, которые не будут использованы в Узбекистане и Туркменистане.

2.7 Рыночные цены на песок и глинистый песок

Покупатели песка включают поставщиков коммерческих материалов (например, бетона и бетонных изделий); строительные компании, занимающиеся закупками щебня, песка, гравия и использующие эти материалы в строительной деятельности; ученых, исследователей и материаловедов, менеджеров строительных проектов, операционных менеджеров, специалистов по поддержке продаж, менеджеров цепочек поставок (на уровне компании) (ЮНЕП 2022b).

Поставщики коммерческих материалов в Узбекистане различают глинистый песок и промытый песок и предоставляют готовые оценки по розничной стоимости каждого вида песка (см. Рисунок 8 ниже).

Рисунок 8: Снимок из узбекистанского интернет-магазина сырья для строительства



В дополнительном рыночном исследовании инженеров-строителей WASH Давлатбека Давлатова и Дилшода Джураева, работающих с Mission East в Узбекистане и Таджикистане, приводятся больше розничных расценок песка и глинистого песка (Таблица 5). В оценке осуществимости использована средняя внутренняя цена (выделено зеленым). На международных рынках экспортная цена кварцевого песка составляла 34 долл. США за м³ (или 48 долл. США за тонну в 2021 году), увеличившись на 3,8% по сравнению с предыдущим годом (Indexbox 2022).

Таблица 5: Преобладающие цены в 2022 году на песок и глинистый песок

Промытый песок	Цена за м ³	Долл. США за м ³	Источник
В Узбекистане	100 000 сумов	9.1	Pesok.uz
В Узбекистане	125 882 сумов	11.5	Давлатов (2022)
Средняя цена		10.3	
Международные рынки		34	Indexbox.io ¹⁴

Международные рынки		29	Nuntioz.com
Глинистый песок	Цена за м ³	Долл. США за м ³	Источник
В Узбекистане	60 000 сумов	5.46	Pesok.uz
В Узбекистане	78 571 сумов	7.15	Давлатов (2022)
Средняя цена		6.3	

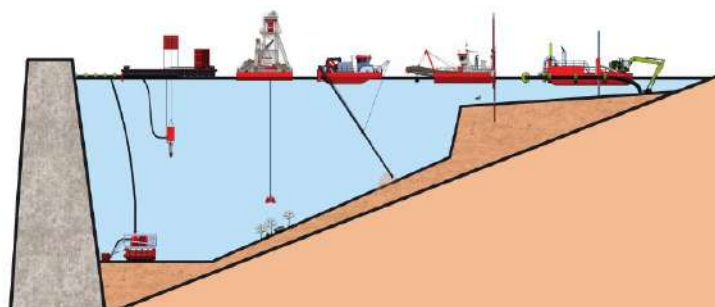
2.8 Добыча и землечерпательные работы

Глинистый песок и песок добываются в различных местах, например, на пляжах, дюнах, карьерах, или вычерпывается со дна моря или речного русла. Из водохранилищ песок вычерпывается реже. По мере заиливания водохранилищ и развертывания кризиса предложения песка, роль водохранилищ как важного источника песка будет расти.

Процесс добычи может происходить по-разному: от использования фронтального погрузчика для простой выемки грунта и перевозки песка с речного берега, до использования судна с землечерпательным устройством (Рисунок 8) для разрыхления песчаных отложений и всасывающей трубы для всасывания наносов. Если песок добывается при помощи фронтального погрузчика, обычно он сваливается на ленточный конвейер и доставляется на переработку или хранение (World Atlas).

Если объект переработки находится дальше, наносы сгружаются на грузовик для перевозки на объект. Если песок добывается с использованием судна, он выкачивается по трубе на объект для удаления и / или переработки. Учитывая большие объемы землечерпательных работ и наличие подходящих мест для удаления (Раздел 3.3.2 в Гири 2022) вблизи ТМГУ, ограниченный объект удаления и переработки может быть размещен вблизи водохранилища.

Рисунок 9: На ТМГУ можно использовать судна с землечерпательным устройством (Гири 2022)



Землечерпательные работы на ТМГУ будут неизбежно масштабными. Любые материалы, которые не будут использованы, нужно будет хранить на ограниченных объектах удаления. В некоторых случаях наносы можно будет также хранить на закрытом и/или открытом сооружении для утилизации наносов удаления до момента их переработки и реализации потребителям / покупателям песка. Что касается **стоимости землечерпательных работ**, согласно оценке Royal IHC, в случае ремонтного дноуглубления вблизи плотины, она составит от 1,66 евро / м³ до 1,98 евро / м³ при объеме землечерпательных работ от 2 до 5 млн. м³ в год. В отчете прибылей и убытков, представленном в Разделе 3, используется стоимость 2 долл. США / м³. К этой стоимости необходимо добавить затраты на объекты для удаления наносов (следующий раздел), переработку и перевозку наносов.

2.9 Объекты для удаления наносов

Ограниченное удаление означает размещение вычерпанного материала на безопасной территории, где наносы физически локализуются. Цель закрытого и/или открытого

сооружения для утилизации наносов – сдерживать насколько возможно более высокий процент частиц наносов (Миллер и др. 1997).

Закрытое и/или открытое сооружение для утилизации наносов на возвышенности можно соорудить путем строительства земляных плотин или использования существующих ям или низменностей. Размер и форма ограниченного объекта для удаления наносов определяется в зависимости от необходимой емкости хранения и условий местности. Закрытое и/или открытое сооружение для утилизации наносов могут также содержать отсеки для разделения наносов. В случае Великих озер в США, местные спонсоры реализовали продуктивное и полезное использование для ограниченных объектов для удаления наносов, включая развитие зон отдыха, новые или расширенные пристани, природные заповедники (Миллер Дж. А., 1998).

Размер, форма, проект и уровень сложности этих объектов могут быть очень разными в зависимости от объемов землечерпательных работ, способов удаления, уровня загрязнения наносов, состояния, местных требований и характеристик места (Миллер Дж. А., 1998). Таким образом, затраты относятся к конкретному рассматриваемому проекту. В данном исследовании в качестве справочного показателя возможных затрат на строительство и эксплуатацию используется объект Служба в порту Роттердама, Нидерланды. Объект был введен в эксплуатацию в 1987 году и рассчитан на 150 млн. м³. (Р. М. ван Сваам, без даты)

В период между 1996 и 1999 годом, 65% всех вычерпанных наносов было использовано для производства строительных материалов¹⁵. Закрытое и/или открытое сооружение для утилизации наносов включает площадки для созревания глины, и разделение осуществляется путем использования седиментационных бассейнов и механического просеивания. Это осуществляется с разумными экономическими затратами (Р. М. ван Сваам, без даты). Однако поиск коммерческого назначения для производимых материалов глины и песка сопряжен с трудностями, потому что они происходят от загрязненных наносов, и объект расположен далеко от большинства строительных площадок. С наносами ТМГУ нет проблемы загрязнения, но могут быть сложности, связанные с расходами на перевозку.

Общая стоимость строительства объекта составляет около 177 млн. долл. США в пересчете на курс 2022 года. Стоимость строительства на м³ мощности составляет порядка 1,2 долл. США за м³. Эксплуатационные затраты на объекте Служба составляют примерно 9 млн. долл. США в год, что эквивалентно 0,06 долл. США за м³ удаляемых наносов (см. Таблицу 6).

Таблица 6: Объекты для удаления наносов

Затраты объекта для удаления наносов	Затраты	Расходы в год (с амортизацией), 50 лет
Стоимость строительства на м ³ мощности	1,2 \$/м ³	0,02
Потребность в ограниченном объекте для удаления во время ремонтного дноуглубления	4 800 000 м ³	
Стоимость строительства ограниченного объекта для удаления, рассчитанного на 5,6 млн. м ³	5 675 146 \$	113 502
Годовые затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание на м ³ мощности	0,06 \$/м ³	
Годовые затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание за 5,6 млн. м ³ мощности	288 000 \$	

В данном анализе предполагается, что ежегодно 40% наносов из ТМГУ будет использоваться для производства строительных материалов, или после размещения на

¹⁵ Однако найти коммерческое назначение для материалов песка и глины не всегда возможно, так как они происходят от загрязненных наносов, и объект расположен далеко от большинства строительных площадок.

закрытом и/или открытом сооружении для утилизации наносов или непосредственно после выемки. В этом случае ограниченный объект для удаления наносов должен быть рассчитан на 4,8 млн. м³ наносов в течение первого пятилетнего этапа ремонтного дноуглубления¹⁶ (Таблица 7). Если использовать в качестве основы объекты Слуфтера и предположить постоянную экономию от масштаба при строительстве, закрытое и/или открытое сооружение для утилизации наносов возле ТМГУ будет стоить порядка 5,6 млн. долл. США, или 113 502 долл. США в год при амортизации в течение 50 лет.

Слуфтер, рассчитанный на 150 млн. м³, также может служить примером того, что может быть достигнуто на ТМГУ в рамках потенциальной кампании капитального дноуглубления, предусматривающей выемку около 100 млн. м³ наносов в год (Раздел 3.4.2.1, Гири 2022). Для более точной оценки необходимо провести анализ финансовой осуществимости с привлечением компетентных компаний на ТМГУ.

2.10 Затраты на переработку наносов

После выемки наносов из ТМГУ или закрытого и/или открытого сооружения для утилизации наносов, они отправляются на завод по переработке, который обычно располагается вблизи добычи песка. Первый шаг в переработке – сортировка, при которой песок смешивается с водой в раствор, который затем пропускается через большое сито, чтобы отделить посторонние материалы, например, камни или палки. Затем раствор и посторонние материалы отправляются на отдельные ленточные конвейеры. Второй шаг – раствор промывается в корытной мойке и затем еще раз пропускается через сито. Лопасты корытной мойки размешивают раствор, чтобы удалить оставшиеся посторонние материалы. Затем раствор откачивается в горизонтальный чан-классификатор песка, в котором весь песок погружается в раствор до дна. Когда весь песок опускается до дна чана, вода выкачивается, а песок удаляется и размещается на хранение¹⁷. (World Atlas 2022¹⁸).

Стоимость заготовки песка составляет от 0,3 до 0,6 долл. США за м³ песка, согласно оценке инженеров-строителей, которые знакомы со строительной отраслью в Узбекистане и Таджикистане (Давлатов 2022). В отчете прибылей и убытков, представленном в Разделе 3, используется верхняя граница оценки затрат – 0,6 долл. США за м³. Затраты на заготовку глинистого песка меньше, чем на чистый песок (Давлатов 2022), но, чтобы не переоценить потенциальные прибыли от полезного использования наносов, для глинистого песка тоже используется верхняя граница – 0,6 долл. США за м³.

Таблица 7: Затраты на переработку наносов

Затраты на переработку	Минимум (долл. США)	Максимум (долл. США)
Затраты на заготовку песка и глинистого суглинка, долл. США за тонну	0,5	1
Затраты на заготовку песка и глинистого суглинка, долл. США за м ³	0,3	0,6

Для сравнения, стоимость строительства нового модульного завода по заготовке песка в Австралии (в котором размещается два миллиона тонн песка в год) составляет порядка 14,4 млн. долл. США в пересчете на курс 2022 года (Quarry Magazine 2019). Если предположить срок эксплуатации 50 лет, стоимость заготовки песка (исключая затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание) составляет около 0,26 долл. США за м³, т.е. в пределах затрат в оценке Давлатова (2022).

¹⁶ Соответствует 60% от 8 млн. м³ наносов, вычерпываемых в течение пятилетнего этапа ремонтного дноуглубления.

¹⁷ Последний шаг в переработке песка, который является необязательным – дробление, при котором при помощи дробилки песок дробится до определенной формы или размера, не достигаемого естественным образом.

¹⁸ <https://www.worldatlas.com/articles/top-20-sand-exporting-countries.html>

В представленном здесь отчете о прибылях убытках описаны доходы, затраты и расходы, которые, как предполагается, возникнут в первые пять лет этапа ремонтного дноуглубления.

Из доходов от продажи песка и глинистого песка вычитаются затраты на ведение бизнеса, включая себестоимость реализованной продукции (COGS), операционные расходы (OPEX) и расходы на выплату процентов (когда они известны). Разница дает чистый доход или прибыль. COGS – общая сумма, которую предприятие платит в виде затрат, непосредственно связанных с продажей продукции. Это включает, например, сырье, затраты на переработку, оплату труда за реализацию материалов. OPEX включает расходы, которые не связаны непосредственно с производством товаров или услуг. Например, ремонтное дноуглубление и удаление наносов относятся к необходимым расходам, осуществляемым для снижения рисков и гарантирования непрерывного функционирования гидроузла в краткосрочной перспективе. Они не связаны напрямую с продажей наносов.

Далее представлен отчет о прибылях убытках по предприятию или государственно-частному партнерству, реализующему переработанные наносы строительной отрасли. Используется пошаговый подход, при котором в первую очередь оцениваются затраты на землечерпательные работы и удаление наносов, которые предприятие несет вне зависимости от полезного использования наносов (OPEX), после чего рассматриваются COGS.

3.1. Отчет о прибылях и убытках по полезному использованию в строительной отрасли

Анализа прибыли и убытков отдельно прилагается к данному отчету в формате Excel таблицы для предоставления полной информации по проведенным расчетам.

3.1.1 Затраты на землечерпательные работы и удаление наносов

При затратах на землечерпательные работы 2 долл. США за м³ и затратах на строительство возможного ограниченного объекта для удаления наносов 2,3 млн. долл. США с амортизацией на 50 лет, средняя стоимость финансирования составляет 113 503 долл. США в год, при этом предполагается, что затраты на эксплуатацию составляют порядка 288 000 долл. США. Следовательно, общие годовые затраты программы ремонтного дноуглубления составят от 2,4 до 4,4 млн. долл. США в год, с увеличением объемов землечерпательных работ с 1 до 2 млн. м³. Выплата процентов сюда не включена, так как не ясно, как будет финансироваться деятельность (через гранты или займы). Все допущения, использованные в потоке наличности, показаны в Приложении 1.

Таблица 9: Затраты на землечерпательные работы и удаление наносов (OPEX)

ГОД	2023	2024	2025	2026	2027
Объемы землечерпательных работ					
Количество вычерпанных наносов	1 000 000	1 500 000	1 500 000	2 000 000	2 000 000
Стоимость землечерпательных работ – все затраты					
Стоимость землечерпательных работ (долл. США / м ³)	2	2	2	2	2
Общая стоимость землечерпательных работ – все наносы	-2 000 000	-3 000 000	-3 000 000	-4 000 000	-4 000 000
Закрытые и/или открытые сооружения для утилизации наносов – все наносы					
Средняя стоимость на м ³ мощности	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
Общая стоимость строительства объекта на 2 млн. м ³ (амортизированная)	-113 503	-113 503	-113 503	-113 503	-113 503

Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание (долл. США / м³)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание (долл. США)	-288 000	-288 000	-288 000	-288 000	-288 000
Общая стоимость					
Общая стоимость землечерпательных работ и удаления	-2 401 503	-3 401 503	-3 401 503	-4 401 503	-4 401 503

Что касается выгод, ремонтное дноуглубление поможет поддержать генерирующую мощность ГЭС ТМГУ и минимальный уровень безопасности плотины (Гири 2022). Необходимы дополнительные меры для поддержания, мониторинга и адаптации землечерпательных работ. При среднем годовом притоке 50 млн. м³ наносов, ремонтное дноуглубление не позволит восстановить объем водохранилища. Это касается долгосрочных масштабных мер и вмешательств (обсуждается во введении), для которых необходимо надлежащее определение объема работ и детальная оценка воздействия, учитывая потребность к большим финансовым и техническим ресурсам.

Однако эти долгосрочные меры не исключают проведение ремонтных землечерпательных работ. Следовательно, рассматриваемые здесь инвестиционные возможности и полезное использование наносов, связанное с ремонтным дноуглублением, относятся к времени после рассматриваемого здесь пятилетнего периода.

3.1.1 Доходы и себестоимость

В предыдущем разделе показано, что ремонтное дноуглубление с выемкой около 1-2 млн. м³ наносов, вероятно, будет стоить от 2,4 до 4,4 млн. долл. США на протяжении следующих пяти лет. Это можно рассматривать как операционные расходы. Они не зависят от продажи строительных материалов. Если 20% наносов будет перерабатываться и продаваться в виде песка, и еще 20% - в виде глинистого песка в Узбекистане или Туркменистане, можно будет получить доходы от 3,3 до 6.6 млн. долл. США (см. Рисунки 11 и 12).

Рисунок 11: Прогнозируемые доходы от продажи наносов в течение первых пяти лет этапа ремонтного дноуглубления



Однако возникнут новые затраты, связанные с переработкой и перевозкой наносов на близлежащие рынки, например, в Ургенч, который находится в пределах 100 км от ТМГУ. Если вычесть из доходов себестоимость проданных товаров (COGS), будет получена валовая прибыль от 2,3 до 4,6 млн. долл. США в год. Если вычесть все затраты, OPEX и COGS, из доходов, в первый год будет получен годовой убыток в размере 0,6 млн. долл. США. Однако это значительно меньше неизбежных затрат на дноуглубление и удаление наносов, которые составят не менее 2,2 млн. долл. США в первый год. Более того, начиная со второго года, дноуглубление становится рентабельным.

По сути, валовая прибыль от переработки, перевозки и продажи наносов может покрыть, по крайней мере, 97-106% первого срочного этапа ремонтного дноуглубления. На Рисунке 10 показана разбивка затрат и то, как дохода от продаж перевешивают затраты.

Таблица 12: Прогнозируемые доходы и затраты ремонтного дноуглубления с полезным использованием наносов

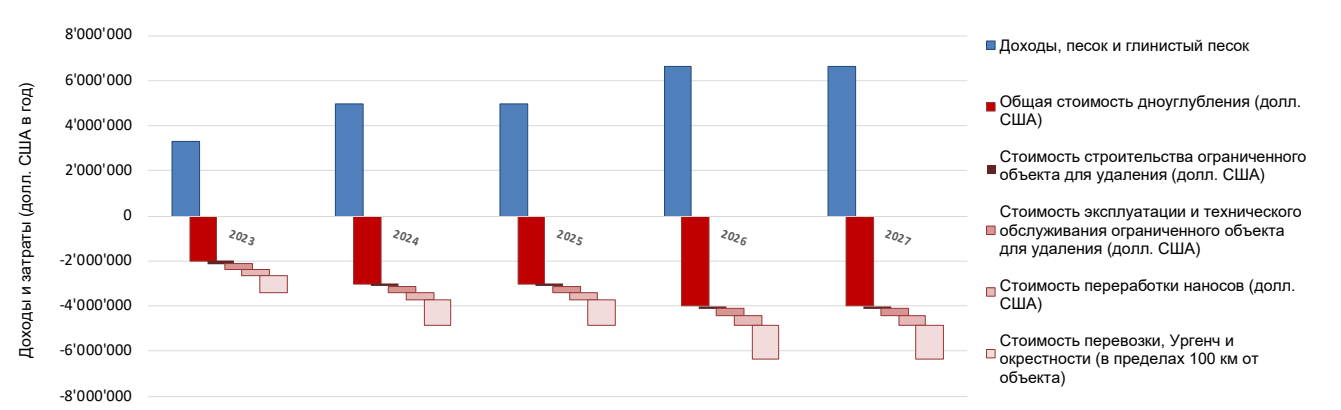


Таблица 10: Отчет о прибылях и убытках полезного использования наносов

ГОД	2023	2024	2025	2026	2027
Доходы от продажи песка и глины (\$)					
Цена песка, Узбекистан (\$/м3)	10	10	10	10	10
Цена глины, Узбекистан (\$/м3)	6	6	6	6	6
Производство песка (м3)	200'000	300'000	300'000	400'000	400'000
Производство глины (м3)	200'000	300'000	300'000	400'000	400'000
Доходы от продажи песка и глины (\$)	3'316'529	4'974'794	4'974'794	6'633'059	6'633'059
Стоимость заготовки песка и глины					
Стоимость заготовки (\$/м3)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Общая стоимость заготовки (\$)	-222'222	-333'333	-333'333	-444'444	-444'444
Стоимость перевозки					
Ургенч и окрестности (\$/м3) - 100 км	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
Общая стоимость перевозки, Ургенч и окрестности (в пределах 100 км от объекта)	-755'556	-1'133'333	-1'133'333	-1'511'111	-1'511'111
Стоимость дноуглубления					
Стоимость дноуглубления (\$/м3)	2	2	2	2	2

Общая стоимость дноуглубления (\$) (капитализированные расходы ²⁰)	-2'000'000	-3'000'000	-3'000'000	-4'000'000	-4'000'000
---	------------	------------	------------	------------	------------

Закрытые и/или открытые сооружения для утилизации наносов - песок

Стоимость строительства (\$/м3)	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
Стоимость строительства (\$) (капитализированные расходы)	-113'503	-113'503	-113'503	-113'503	-113'503
Стоимость эксплуатации и тех. обслуживания (\$/м3)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Стоимость эксплуатации и тех. обслуживания (\$)	-288'000	-288'000	-288'000	-288'000	-288'000

Общая стоимость

Ремонтное дноуглубление и удаление всех наносов (\$)	-2'401'503	-3'401'503	-3'401'503	-4'401'503	-4'401'503
Переработка и перевозка (\$)	-977'778	-1'466'667	-1'466'667	-1'955'556	-1'955'556
Дноуглубление, строительство, переработка, перевозка (\$)	-3'379'281	-4'868'170	-4'868'170	-6'357'058	-6'357'058

Прибыли и убытки

Валовая прибыль – переработка, перевозка и продажа песка и глины	2'338'752	3'508'127	3'508'127	4'677'503	4'677'503
Чистая прибыль – доходы минус затраты на дноуглубление, удаление, переработку, перевозку песка и глинистого песка	-62'751	106'625	106'625	276'000	276'000
Возмещение затрат (валовая прибыль / затраты на дноуглубление и удаление)	97%	103%	103%	106%	106%

4. ГЧП и эффективное использование водных ресурсов ТМГУ

4.1 Использование ГЧП для финансирования кампании полезного использования

Государственно-частное партнерство (ГЧП) – договоренность между двумя или несколькими субъектами государственного и частного секторов. Как правило, сначала реализуются государственные проекты и услуги с частным финансированием и затем получают доходы, например, от продажи наносов или от налогов, в течение действия договора ГЧП (Кейвз 2004). ГЧП, главным образом, используются для инфраструктурных проектов (Бовей 2015), а также для обеспечения полезного использования строительных материалов (Рахшан 2020).

Интерес к ГЧП объясняется тем, что оно позволяет снизить риски Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан (собственник ТМГУ), например, риск того, что оборудование откажет в работе, или что новая инфраструктура не будет построена правильно или с соблюдением установленных сроков. Как правило, главный вопрос: *предоставить ли частный разработчик нам дноуглубительную технику, объекты по переработке и удалению наносов, которые нам нужны, чтобы обеспечить надежную и безопасную инфраструктуру для населения?*

²⁰ Капитализированные расходы – расходы, осуществляемые для приобретения активов с полезным сроком службы более годного года или для увеличения полезного срока службы существующих капитальных активов (например, ГЭС)

ГЧП могут помочь разделить проектные риски с частной компанией, реализующей проект, например, в рамках схемы «разработка – строительство – техобслуживание», в которой жизненный цикл обязанностей по техническому обслуживанию переносится на разработчика. Эта схема также включает финансовый компонент, в рамках которого концессионер предоставляет частный капитал, например, для закупки дноуглубительной техники и строительства объекта по переработке и удалению наносов. Это дает разработчику стимулы для предоставления наилучшей возможной инфраструктуры, которая проработает как можно дольше.

Многие виды деятельности, связанные с дноуглублением, хранением, полезным использованием и продажей наносов, можно рассматривать как отдельные проекты, поскольку они обычно реализуются разными «заинтересованными сторонами», например, компаниями по добыче песка, землечерпательным работам и производству, строительными компаниями, компаниями, занимающимися предварительной переработкой и перевозкой песка, предприятиями по вторичной переработке.

Компания такого огромного масштаба потребует консорциума финансово стабильных крупных компаний по земляным работам, которым нужно будет также внести инвестиции (Стерн 2022). Можно обеспечить эффективность, объединив несколько отдельных проектов в один, чтобы сократить, например, число закупок, которые нужно будет провести Министерству водного хозяйства Республики Узбекистан.

Более того, опыт показывает, что среда сотрудничества, способствующая коммуникации между всеми сторонами во время составления документов по закупке, очень благоприятно отражается на конечном результате. Она позволяет подрядчикам или разработчикам принимать участие и предлагать идеи в процессе разработки проекта. Что можно делать по-другому или лучше? Разработчик может возразить собственнику, предложения разработчика могут быть учтены. К тому моменту, когда начнутся землечерпательные работы, строительство и переработка наносов, собственник (-ки), разработчик и подрядчики уже будут работать вместе. Ключевой компонент в достижении успеха и стимулировании инноваций в качестве собственника – это как можно скорее создать среду сотрудничества. Концепция проекта «разработка – строительство – техобслуживание» также использовалась при разработке крупных многосторонних инфраструктурных проектов в США (The Civil Engineering Podcast 2022).

Учитывая, что добыча песка из ТМГУ является устойчивой по сравнению с добычей песка в динамичной среде (озера, устье, реки, дельта, побережье), компаниям можно предоставить специальные стимулы, например, налоговые скидки, льготные кредиты, чтобы сделать для них добычу песка из ТМГУ привлекательной по сравнению с другими сферами. Как отмечено у ЮНЕП (2022b), такие стимулы могут помочь в достижении столь необходимых устойчивых изменений в цепочках поставки песка.

4.2 Эффективное использование мощности ТМГУ для обеспечения водной, энергетической и продовольственной безопасности

Поддержание и восстановление объема ТМГУ стоит дорого, какой бы вариант не был выбран. Любые такие расходы могут быть обоснованы, если вода используется эффективно и разумно, и, если выгоды водопользования превышают затраты на предоставление воды. Помимо уменьшения водохранилища, исследования с прогнозами об изменении климата в регионе показывают, наличие воды может сократиться на 30 процентов в бассейне Аральского моря (Сигфрид и др., 2012).

Учитывая, что Узбекистан является крупнейшим потребителем воды для сельскохозяйственных нужд в Центральной Азии с орошаемой площадью около 4,3 млн. га (АБР 2012), целесообразно оценить выгоды, предоставляемые крупномасштабными

ирригационными системами. Распространенные методы орошения включают бороздовое орошение, бассейновое орошение, полив напуском. Однако чрезмерное использование воды привело к переувлажнению и засолению, затронувшему 50% орошаемой территории в Узбекистане (Хамидов 2022).

Каршинская степь Кашкадарьинской области является домом для крупнейшей ирригационной системы в Узбекистане и является основным районом выращивания хлопка, использующим около 4,5-5,0 млрд м³ поливной воды в течение гидрологического года. Большая часть поливной воды забирается из реки Амударья и поднимается на высоту 157 метров с помощью семи насосных станций до магистрального канала Карши. Суммарное годовое потребление водных ресурсов по всем источникам из бассейна Амударьи составляет в среднем 60 – 65 млрд м³²¹.

Ценность воды ТМГУ – выгоды для орошения

При традиционном бороздовом орошении²², фермеры используют в среднем 6 837 м³/га воды и получают урожай хлопка-сырца в среднем 3 508 кг/га. На каждый кубический метр воды (1 м³) урожай хлопка-сырца увеличивается на 0,51 кг/га. Это соответствует эффективности водопользования 0,21 кг хлопка-волокна на м³ воды (Баффс 2022). В настоящее время цена хлопка-волокна на международных рынках составляет 2,1 долл. США за кг (Business Inside 2022).



Таким образом, дополнительные доходы от потребления воды можно оценить следующим образом:

Предельный доход бороздовое орошение = 2,1 долл. США/кг × 0,21 кг/м³ = 0,4 долл. США/м³ воды

Однако есть еще затраты, связанные с подачей воды фермеру. Согласно оценке Всемирного банка (2022) по затратам по подачу воды электронасосами, эти затраты составляют порядка 0,5 долл. США/м³ воды.

Предельная прибыль бороздовое орошение = 0,4 долл. США/м³ – 0,05 долл. США/м³ = 0,35 долл. США/м³ воды

Таким образом, считается, что максимальная выгода от м³ воды, используемой в бороздовом орошении, составляет 0,35 долл. США/м³. Однако, скорее всего, эта цифра завышена, так как мы не учли стоимость потерь воды в ирригационной системе и стоимость снижения производительности земли из-за частого переувлажнения и засоления почвы.

Однако при капельном орошении в среднем используется 3 247 м³/га, средняя урожайность составляет порядка 4 598 кг/га, и эффективность использования воды значительно выше: 1,41 кг/м³ хлопка-сырца и 0,59 кг/м³ хлопка-волокна. Таким образом, предельный доход фермера за каждый дополнительный м³ воды составляет:

Предельный доход капельное орошение = 2,1 долл. США/кг × 0,59 кг/м³ = 1,2 долл. США/м³ воды

После учета затрат на подачу воды насосами, предельная прибыль составляет 1,15 долл. США за м³ воды при капельном орошении.

²¹ Согласно данным Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан

²² При бороздовом орошении фермеры пускают воду по небольшим бороздам, проходящим через поля. Это один из старейших методов поверхностного полива (USGA.org)

Таблица 11: Сводная таблица по выгодам бороздового и капельного орошения

Хлопок	Использование воды (м ³ /га)	Средняя урожайность	Эффективность использования воды (хлопка-волокна)	Дополнительный доход (долл. США/м ³)	Дополнительная прибыль (долл. США/м ³)
Традиционное бороздовое орошение	6 837 м ³	3 508 кг/га	0,21 кг/м ³	0,4 долл. США/м ³	0,35 долл. США/м³
Капельное орошение	3 247 м ³	4 598 кг/га	0,6 кг/м ³	1,2 долл. США/м ³	1,1 долл. США/м³

Учитывая, что приток наносов в ТМГУ в среднем составляет около 50 млн. м³, необходимы постоянные землечерпательные работы, чтобы поддерживать объем водохранилища.

Поскольку стоимость землечерпательных работ легко достигает 2 долл. США за м³ или выше, традиционные ирригационные системы дают всего лишь **0,35 долл. США выгод на каждые потраченные 2 долл. США**. Таким образом, платить за восстановление объема водохранилища ТМГУ в целях использования воды в традиционных системах бороздового орошения не является обоснованным. Следовательно, водные ресурсы можно более эффективно использовать в климатически более оптимизированных системах земледелия и системах капельного орошения (см. ниже).

Более того, из-за проблем, связанных с масштабным монокультурным производством хлопка, и ненадлежащих техник полива, приводящих к потере питательных веществ (преимущественно, азота и фосфора) в почве, в Каракалпакстане средний показатель внесения минеральных удобрений (233 кг/га) выше, чем в среднем в мире (141 кг/га) (ЕЭК ООН 2020). Таким образом, удобрения представляют значительную статью операционных расходов для фермеров в регионе Аральского моря (Кутил и др. 2020).

4.3 Преимущества климатоустойчивых систем в Центральной Азии

Однако капельное орошение дает значительно более высокую экономическую отдачу от использования воды. Тем не менее, несмотря на поддержку со стороны государства, за последние десять лет степень распространения водосберегающих технологий орошения остается низкой (ЕЭК ООН 2020). Кроме того, появляется все больше эмпирических данных о том, что повышение эффективности использования воды для орошения может привести к эффекту отдачи, т.е. могут привести к изменениям в поведении фермеров, компенсирующим техническое сбережение воды, ожидаемое при прочих равных условиях. Хамидов и др. (2022) нашли свидетельства такого эффекта отдачи в Узбекистане в результате увеличения орошаемой площади и перехода к культурам, требующим больше воды, в Узбекистане среди фермеров, использующих эффективные ирригационные системы.

На фоне увеличения нехватки и нестабильности наличия воды в Центральной Азии и истощения водных ресурсов из-за заиления ТМГУ необходимо уделять внимание повышению устойчивости систем земледелия в Центральной Азии в целом к изменениям климата. В этой связи, новое исследование подтвердило, что восстанавливающие практики земледелия, включая беспашотную обработку и использование покровных культур, могут повысить как урожайность, так и эффективность водопользования в производстве хлопка, по сравнению со стандартной подготовкой почвы и отсутствием покровных культур в полусухой среде, такой как Каршинская степь Каракалпакстана в Узбекистане. Использование поливной воды на критическом этапе роста более эффективно, чем орошение в начале сезона (ДеЛон и др., 2020).

В новом отчете Глобального института зеленого роста «Инвестиционный проект по зеленой реабилитации Республики Каракалпакстан в Узбекистане для преодоления последствий кризиса Аральского моря» также содержится призыв к лесовосстановлению посредством садоводства и посадки ветрозащитных полос для повышения устойчивости к изменению климата и доходов фермеров (Robalino и др., 2022). Эти меры согласуются с постановлениями Президента № 4912 (капельное орошение на 2022-2023 годы), № 4850 (защитные лесные насаждения на 2022-2030 годы), а также с планом увеличения плодовоовощных площадей на 2022-2023 годы. 2025 г. (Робалино 2022 г.). Распределение водных ресурсов ТМГУ для использования там, где они приносят наибольшую пользу обществу, поможет защитить водную, энергетическую и продовольственную безопасность в Центральной Азии.

5. Заключение

Заиление оказывает значительное воздействие на полезный объем водохранилищ. По сути, их можно рассматривать как неиспользуемые ресурсы. Согласно оценке, мировой объем водохранилища уменьшается на 0,8% в год в результате заиления водохранилищ. Поскольку устойчивое управление наносами не было предусмотрено при проектировании водохранилищ, с самого начала меры по дноуглублению были неизбежными (Багарани и др., 2020). Дноуглубление приводит к нежелательному накоплению материалов, которые представляют издержки для окружающей среды, но их можно использовать в качестве промежуточных продуктов в других продуктах и процессах в соответствии с принципами экономики замкнутого цикла и усилением взаимосвязи воды, энергии, продовольствия и отходов.

В этой главе мы оценили объем полезного использования наносов из ТМГУ в строительной отрасли Узбекистана и Туркменистана. Образцы грунта из ТМГУ показывают, что наносы не загрязнены и содержат глину, суглинок и песок в пропорциях, позволяющих использование значительной доли вычерпанных наносов в строительной отрасли. Более того, анализ объема рынка показывает, что строительная отрасль растет, и есть достаточно спроса для поглощения объемов материалов, которые будут вычерпаны в течение первых пяти лет этапа ремонтного дноуглубления.

Если использовать консервативное допущение, что 20% наносов из ТМГУ могут быть переработаны в чистый песок и еще 20% - в глинистый песок, для которых уже есть покупатели, мы получаем, что можно получить значительный поток доходов, исходя из преобладающих рыночных цен на песок и глинистый песок.

Если учесть дополнительные затраты на переработку и перевозку материалов покупателям на близлежащих городских рынках, получается чистая прибыль от -62 000 долл. США в первый год до 276 000 долл. США в последний год (когда объемы вычерпываемых наносов достигнут примерно 2 млн. м³). Валовая прибыль, получаемая от продажи наносов, может покрыть неизбежные затраты на дноуглубление и размещение наносов на ограниченном объекте для удаления – порядка 100%, на этапе ремонтного дноуглубления.

Песчаные отложения обычно обнаруживаются в верхних участках плотины. Если на этапе ремонтного дноуглубления будет установлено, что песчаные отложения больше, чем мы здесь предположили, доходы от продаж будут выше, и чистая прибыль будет выше.

Таблица 12: Упрощенный отчет о прибылях и убытках с годовыми доходами, затратами и прибылями во время пятилетнего этапа ремонтного дноуглубления

+	Доходы от продаж от 3,3 до 6,6 млн. долл. США
-	Затраты на переработку и перевозку наносов от -1 до -2 млн. долл. США

=	Валовая прибыль (доходы от продажи минус затраты на переработку и перевозку) от 2,3 до 4,7 млн. долл. США
-	Затраты на дноуглубление и удаление наносов от -2,2 до -4,2 млн. долл. США
=	Чистая прибыль от -62 000 до 276 000 долл. США
→	Возмещение затрат на дноуглубление и удаление наносов * 97 – 106%

* = Валовая прибыль / общие затраты на дноуглубление и удаление наносов

В то время как полезное использование наносов экономически обосновано, оно также имеет смысл с точки зрения окружающей среды. Добыча песка в активных песчаных горизонтах (например, в реках, устье, на пляжах) оказывает существенное отрицательное воздействие, которое может нарушить естественный баланс и привести к потенциально серьезным социальным, экономическим и экологическим последствиям (см. Раздел 1.2). Таким образом, устойчивая добыча песка требует внимательного снижения воздействия и управления, как это все больше признается, например, в новой резолюции ООН²³, призывающей к действиям по устойчивому управлению ресурсами песка. Она была принята всеми государствами-членами на пятой Ассамблее ООН по окружающей среде (ЮНЕА 2022).

Предлагаемые решения по переходу к экономике замкнутого цикла включают запрет на полигонное захоронение минеральных отходов (ЮНЕП 2022b). Наносы, остающиеся в водохранилище, или вычерпанные наносы на объектах по удалению, которые не утилизируются в принципе, относятся к полигонному захоронению. Выемка песка из ТМГУ даст перспективную возможность для поистине устойчивой добычи песка, поскольку это поможет снизить нагрузку на добычу песка в чувствительной среде и в то же время смягчит кризис предложения песка.

Значительная часть наносов в ТМГУ – ил, который обычно считается нежелательным побочным продуктом разработки наносов и гравия. С учетом нового исследования, показывающего, что сырые мелкие частицы наносов можно использовать в качестве добавки к бетонному раствору и заменять 10% цемента, рекомендуется также изучить возможность использования ила для производства бетона. Это может привести к существенному снижению выбросов парниковых газов, связанных с производством цемента. Кроме того, можно изучить возможность использования ила в качестве почвенной добавки для деградированных почв, предпочтительно ниже по течению от ТМГУ²⁴.

Следовательно, выемку и полезное использование наносов следует рассматривать не как вариант, а как необходимость, чтобы защитить надлежащую работу ТМГУ и эффективно использовать ресурсы, которые в настоящее время заблокированы в водохранилище ТМГУ. Кроме того, вода, сбрасываемая из ТМГУ, должна распределяться по ее оптимальному использованию. Как показано в разделе 4.2, доминирующие схемы бороздкового орошения могут обходиться обществу дороже, чем выгоды, которые они приносят. Имеются веские доводы в пользу систем климатически оптимизированного земледелия в Узбекистане и Туркменистане с использованием регенеративных методов ведения сельского хозяйства, таких как нулевая обработка почвы, покровные культуры и севообороты, а также лесовосстановление с использованием садов и ветрозащитных полос.

²³Резолюция «[Экологические аспекты управления минералами и металлами](#)».

²⁴ Из-за того, что наносы блокируются в водохранилище, морфология потока ниже по течению от плотины может сильно пострадать от эрозии, которая может вызвать воздействие на инфраструктуру и экологию регулируемой реки (Брандт 2000; Граф 2006). Таким образом, с точки зрения окружающей среды, прежде всего следует рассмотреть использование ила ниже по течению, чтобы компенсировать часть потери, вызываемой водохранилищем ниже по течению.

В заключении, часть первых мер по обеспечению технического обслуживания ТМГУ послужит отличным пилотным проектом для, возможно, намного более масштабной программы полезного использования наносов. В то время как мире надвигается кризис поставок песка, водохранилища приближаются к концу экономического срока службы из-за заиления. Проект ТМГУ может стать одним из первых своего рода проектов, хорошо демонстрирующих ценность водохранилищ как источника песка, добываемого устойчивым образом, обеспечивая при этом продовольственную, водную, энергетическую безопасности и стимулируя экономику замкнутого цикла в Центральной Азии.

Приложение 1: Допущения, использованные в отчете о прибылях и убытках

Допущения						
Коэффициенты пересчета						
Средняя насыпная плотность влажного песка (м3 в тонны)	1,8	1 м3=1.8 тонн				
Средняя насыпная плотность влажного песка (тонны в м3)	0,56	1 тонна =0.56 м3				
Средняя насыпная плотность сухого песка (м3 в тонны)	1,4	1 м3=1.400 тонн				
Средняя насыпная плотность сухого песка (тонны в м3)	0,71	1 тонна =0.71 м3				
Бетон, соотношение цемента к песку	1,50					
Кубические ярды в кубические метры	0,76					
Доля наносов, используемых для заготовки песка	0,20					
Доля наносов, используемых для заготовки глины	0,20					
Доля вычерпанного материала, используемого на ограниченном объекте для удаления	0,70					
Среднегодовой уровень инфляции, с 1977 до 2022 года	3.59% per annum					
Суммарное увеличение цены с 1977 до 2022 года, долл. США	388,90					
Во сколько раз увеличились цены	4,89					
Обменный курс (сентябрь 2022 года) AUS \$: USD \$	0,67	Австралийский доллар к доллару США				
Обменный курс (сентябрь 2022 года) UZBEK : USD	0,000091	1 UZBEK = USD 0.000091				
Обменный курс (сентябрь 2022 года) USD : UZBEK	10985	1 USD =10985 UZBEK				
Процентная ставка	5%					
Срок службы оборудования (лет)	50					
Предложение						
Ремонтное дноуглубление	Вычерпываемые наносы (м3, год 1)	Вычерпываемые наносы (м3), годы 2-3	Вычерпываемые наносы (м3), годы 4-5	Добываемый материал	Фракции	
Ремонтное дноуглубление (м3 / год), годы 1-5	1 000 000	1 500 000	2 000 000	Песок	20%	
Песок для полезного использования (м3 / год)	200 000	300 000	400 000	Глинистый песок	20%	
Глинистый песок для полезного использования (м3 / год)	200 000	300 000	400 000			
Спрос						
В год (2021)						
Узбекистан - цемент (тонны)	17 000 000					
Туркменистан - цемент (тонны)	2 000 000					
Узбекистан и Туркменистан - спрос на сухой песок (для производства бетона при смешивании с цементом) (тонны)	28 500 000					
Нижняя граница спроса на сухой песок (м3)	20 357 143					
Международные и внутренние цены на песок						
Цены, внутренний рынок	SOM	USD	Примечания	Источник	Ссылка	
Глинистый песок (м3)	78571	7	550,000 за груз 7	Davlatov		
Глинистый песок (м3) >30% глины	60000	5		Pesok		
Средняя (долл. США/м3)		6,3				
Промытый кварцевый песок (м3)	125882	11,5	1070000 за груз 8	Davlatov		
Промытый кварцевый песок (м3) (>90% песка)	100000	9,1		Pesok		
Средняя (долл. США/м3)		10,3				
Цены, международный рынок	SOM	USD	Примечания	Источник	Ссылка	
Промытый кварцевый песок (тонна)		48		Indexbox.io	https://www.indexbox.io/store/wc	
Промытый кварцевый песок (м3)		34		Indexbox.io		
Промытый кварцевый песок (тонна)		40	От 20 до 60 евро	https://nuntioz.com/price-sand-grav		
Промытый кварцевый песок (м3)		29		https://nuntioz.com/price-sand-gravel/		
Затраты						
Затраты на дноуглубление	Годовая мощность (м3)	США/м3 вычерпанных наносов	Источник			
Ремонтное дноуглубление, годы 1-5	2000000	2	IDH in Siri (2022)			
Ограниченный объект для удаления - затраты на объект для удаления наносов						
Затраты		Расходы в год (с амортизацией), 50 лет				
Стоимость строительства на м3 мощности (долл. США/м3)	1,2	0,02				

Использованная литература

ADB (2021). Harnessing Uzbekistan's Potential of Urbanization: National Urban Assessment. The Asian Development Bank. Institutional Document. Available through URL : <https://www.adb.org/documents/uzbekistan-national-urban-assessment>

Agostini, F.; Skoczylas, F.; Lafhaj, Z. About a possible valorisation in cementitious materials of polluted sediments after treatment. *Cem. Concr. Compos.* 2007, 29, 270–278

Annandale, G. W. (2013), *Quenching the Thirst: Sustainable Water Supply and Climate Change*, CreateSpace, North Charleston, S. C.

Annandale, George W., Gregory L. Morris, and Pravin Karki. 2016. Extending the Life of Reservoirs: Sustainable Sediment Management for Dams and Run-of-River Hydropower.

Apitz, S.E. (2012). Conceptualizing the role of sediment in sustaining ecosystem services : Sediment-ecosystem regional assessment (SECoRA). *Science of The Total Environment*, 415, 9–30.

Asian Development Bank. 2012. ADB Concept paper. Proposed Loan Uzbekistan: Water Resources Management. <https://www.adb.org/sites/default/files/project-document/75147/45437-002-uzb- cp.pdf>

Avastagroup (2022). Review of Cement Industry of the Republic of Uzbekistan. https://avestagroup.com/wp-content/uploads/2021/03/Cement_9M2020.pdf.

Baffes (2022). Distortions to Cotton Sector Incentives in West and Central Africa.

Baffes, John. (2022). Distortions to Cotton Sector Incentives in West and Central Africa.

Bagarani, M.; De Vincenzo, A.; Ievoli, C.; Molino, B. The Reuse of Sediments Dredged from Artificial Reservoirs for Beach Nourishment: Technical and Economic Feasibility. *Sustainability* 2020, 12, 6820. <https://doi.org/10.3390/su12176820>

Basson, G. R. (2009), Management of siltation in existing and new reservoirs. General Report, paper presented at the 23rd Congress of the International Commission on Large Dams, Int. Com. on Large Dams, Brasilia.

Beaulieu, D., (2022). The difference between sand, cement and mortar. When to Use These Building Materials for Your Next Project. *The Spruce* magazine. Available from URL: <https://www.thespruce.com/difference-between-cement-concrete-and-mortar-2130884>

Beddaa, H.; Ben Fraj, A.; Laverigne, F.; Torrenti, J.-M. Reuse of Untreated Fine Sediments as Filler: Is It More Beneficial than Incorporating Them as Sand? *Buildings* 2022, 12, 211. <https://doi.org/10.3390/buildings12020211>

Bovaird, Tony (25 September 2015). Bovaird, Tony; Loeffler, Elke (eds.). *Public Management and Governance*. doi:10.4324/9781315693279. ISBN 9781315693279.

Brandt, S.A. Classification of geomorphological effects downstream of dams. *Catena* 2000, 40, 375–401.

Business Insider (2022). Cotton-price. Consulted 10.10.2022 from URL <https://markets.businessinsider.com/commodities/cotton-price>

CAREC (2021). Tuyamuyun Hydro Complex: Risks, Vulnerabilities and Solutions. Seminar on the Assessment of Climate Risks and Vulnerabilities in the territory of Tuyamuyun Hydro Complex (Turkmenistan – Uzbekistan)". Blogpost. <https://ca-climate.org/eng/news/tuyamuyunskiy-gidrouzel-riski-uyazvimosti-i-puti-resheniya/>

Caves, R. W. (2004). *Encyclopedia of the City*. Routledge. pp. 551. ISBN 9780415252256)

Cemnet (2022) Cement construction facilities in Turkmenistan and Uzbekistan, available from: <https://www.cemnet.com/global-cement-report/country/uzbekistan> and <https://www.cemnet.com/global-cement-report/country/turkmenistan>

Central Asia News (2022). <https://centralasia.news/6901-turkmenistan-to-increase-cement-production-by-2-million-tons-per-year.html>

Dasgupta, A.K.; Pearce, D.W. Cost-Benefit Analysis; Springer: Cham, Switzerland, 1972

Davlatov (2022). Davlatbeg Davlatov. Personal communication, via emails and phone-call. WASH construction engineer and Natural Resource Management Specialist in Tajikistan.

De Vincenzo, A.; Covelli, C.; Molino, A.J.; Pannone, M.; Ciccaglione, M.; Molino, B (2019). Long-Term Management Policies of Reservoirs: Possible Re-Use of Dredged Sediments for Coastal Nourishment. *Water* 2019, 11, 15.

De Vincenzo, A.; Molino, B.; Viparelli, R.; Albergo, G (2007). Silting-up in reservoir: A risk and a resource. In Proceedings of the 32nd IAHR World Congress, Venice, Italy, 1–6 July 2007; pp. 2–10.

DeLaune, P.B, Mubvumba, P. Kimura, S. Ale, E. Impact of no-till, cover crop, and irrigation on Cotton yield. *Agricultural Water Management*, Volume 232, 2020,

Djumaboev, Kakhramon & Manthrithilake, Herath & Ayars, James & Yuldashev, Tulkun & Akramov, Bekzod & Karshiev, Rustam & Eshmuratov, Davron. (2019). Growing Cotton in Karshi Steppe, Uzbekistan: Water Productivity Differences with Three Different Methods of Irrigation.

Dubois, V., N.E. Abriak, R. Zentar, G. Ballivy (2009). The use of marine sediments as a pavement base material, *Waste Manage.* 29 (2009) 774-782. doi:10.1016/j.wasman.2008.05.004.

Esub (2020). How is Concrete used in Construction Projects. Esub construction software. Blogpost available from URL: <https://esub.com/blog/how-is-concrete-used-in-construction-projects/>

Evered, Kyle T. (2008). *Environmental problems of Central Asia and their economic, social and security impacts*. Chapter 5, Olsson, O., Bauer, M., Ikramova, M., Froebrich, J. The Role of the Amu Darya Dams and Reservoirs in Future Water Supply in the Amu Darya Basin. Dordrecht, the Netherlands: Springer. pp. 284–287. ISBN 978-1402089602.

Faure A. C. Coudray 2, B. Anger 2, I. Moulin 1, H. Colina 3, F. Théry 2, A. Smith 4. Beneficial reuse of dam fine sediments as clinker raw material

Fourvel, G., L. Vidal-Beaudet, A. Le Bocq, V. Brochier, F. Théry, D. Landry, T. Kumarasamy, P. Cannavo, Early structural stability of fine dam sediment in soil construction, *J. Soils Sediments*. 18 (2018) 1-17. doi:10.1007/s11368-018-1926-2.

George, M. W., S.M.ASCE; Rollin H. Hotchkiss, Ph.D., P.E., D.WRE, F.ASCE; and Ray Huffaker, Ph.D. *Journal of Water Resources Planning and Management*/Volume 143 Issue 3 - March 2017.

Giri, S., Stern, E., Shahmirzadi Management of sediment-induced problems at Tuyamuyun Hydro-Complex (THC). A desk study. *Deltares and Tipping point*.

Global Data (2022). Uzbekistan Construction Market Size, Trends and Forecasts by Sector – Commercial, Industrial, Infrastructure, Energy and Utilities, Institutional and Residential Market Analysis, 2022-2026. <https://www.globaldata.com/store/report/uzbekistan-construction-market-analysis/>

GlobalData (2022). Uzbekistan Construction Market Size, Trends and Forecasts by Sector – Commercial, Industrial, Infrastructure, Energy and Utilities, Institutional and Residential

Gopal, B. (2020). Managing Sediments (Sand and Gravel) in Rivers for Ecology and Economy. Centre for Inland Waters in South Asia. https://www.researchgate.net/publication/346754842_Managing_Sediments_Sand_and_Gravel_in_Rivers_for_Ecology_and_Economy.

Graf, W.L. Downstream hydrologic and geomorphic effects of large dams on American rivers. *Geomorphology* 2006, 79, 336–360.

Grim, Ralph (2016). "Clay mineral". *Encyclopædia Britannica*.

Habil., A.A. Tulaganov, E.M. Akramov, Mukhitdinov, A.A, Nizamov, T.A., Mag. B.A. [https://www.zkg.de/en/artikel/zkg Binder production in the Republic of Uzbekistan Present and future 2507310.html](https://www.zkg.de/en/artikel/zkg/Binder%20production%20in%20the%20Republic%20of%20Uzbekistan%20Present%20and%20future%202507310.html)

Hamidov, A.; Kasymov, U.; Djumaboev, K.; Paul, C. Rebound Effects in Irrigated Agriculture in Uzbekistan: A Stakeholder-Based Assessment. *Sustainability* **2022**, *14*, 8375. Available from URL : <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/14/8375>

DeLaune, P. Mubvumba, S. Ale, E. Kimura, Impact of no-till, cover crop, and irrigation on Cotton yield, *Agricultural Water Management*, Volume 232 (2020), 106038, ISSN 0378-3774, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037837741931858X>

Indexbox (2022). World - Silica Sands (Quartz Sands or Industrial Sands) - Market Analysis, Forecast, Size, Trends and Insights Update: COVID-19 Impact Please mention the Source: <https://www.indexbox.io/store/world-silica-sands-quartz-sands-or-industrial-sands-market-analysis-forecast-size-trends-and-insights/> <https://www.indexbox.io/store/world-silica-sands-quartz-sands-or-industrial-sands-market-analysis-forecast-size-trends-and-insights>

Junakova, N., J. Junak, M. Balintova, Reservoir sediment as a secondary raw material in concrete production, *Clean Technol. Envir.* 17 (2014) 1161-1169. doi:10.1007/s10098-015- 0943-8.

Limeira, J. M. Etxeberria, M. Agulló, D. Molina, Mechanical and durability properties of concrete made with dredged marine sand, *Constr. Build. Mater.* 25 (2011) 4165-4174. doi:10.1016/j.conbuildmat.2011.04.053.

Liu, S., Luo, G., Wang, H., (2020). Temporal and Spatial Changes in Crop Water Use Efficiency in Central Asia from 1960 to 2016. *Sustainability* 2020, 12, 572; doi:10.3390/su12020572

Mahmood, K. (1987), *Reservoir Sedimentation: Impact, Extent, Mitigation*, World Bank, Washington, D. C. White, R. (2001), *Evacuation of Sediments From Reservoirs*, Thomas Telford, London.

Market Analysis, 2022-2026. Available from URL: <https://www.globaldata.com/store/report/uzbekistan-construction-market-analysis/>

Messina, F.; Ferone, C.; Molino, A.; Roviello, G.; Colangelo, F.; Molino, B.; Cioffi, R. Synergistic recycling of calcined clayey sediments and water potabilization sludge as geopolymer precursors: Upscaling from binders to precast paving cement-free bricks. *Constr. Build. Mater.* 2017, 133, 14–26

Miller, J. A., (1998). *CONFINED DISPOSAL FACILITIES ON THE GREAT LAKES*. Great Lakes & Ohio River Division U.S. Army Corps Of Engineers 111 North Canal Street Chicago, Illinois 60606-7205

Miller, J.A., Lee, C.R. and T.J. Olin. 1997. "Reclaiming soil from dredged material disposal areas," presented at U.S.-Japan Experts Meeting of Management of Bottom Sediments Containing Toxic Substances, Kobe, Japan.

Molino, B.; De Vincenzo, A.; Ferone, C.; Messina, F.; Colangelo, F.; Cioffi, R. Recycling of Clay Sediments for Geopolymer Binder Production. A New Perspective for Reservoir Management in the Framework of Italian Legislation: The Occhito Reservoir Case Study. *Materials* 2014, 7, 5603–5616.

Molino, B.; De Vincenzo, A.; Ferone, C.; Messina, F.; Colangelo, F.; Cioffi, R. Recycling of Clay Sediments for Geopolymer Binder Production. A New Perspective for Reservoir Management in the Framework of Italian Legislation: The Occhito Reservoir Case Study. *Materials* 2014, 7, 5603–5616

Morris, G. L., 2020. Classification of Management Alternatives to Combat Reservoir Sedimentation. *Water*. March 2020. *Water* 12(3):861

Myers, T. E. and J.M. Brannon. 1991. "Technical Considerations for Application of Leach Tests to Sediments and Dredged Material," Environmental Effects of Dredging Program Technical Note EEDP-02-15, US Army Engineer Waterways Experiment Station: Vicksburg, MS.

OECD (2012), Recommendation of the Council on Principles for Public Governance of Public-Private Partnerships, <https://www.oecd.org/governance/budgeting/PPP-Recommendation.pdf>

OECD (2012), Recommendation of the Council on Principles for Public Governance of Public-Private Partnerships, <https://www.oecd.org/governance/budgeting/PPP-Recommendation.pdf>

Olin, T.J. and D.W. Bowman. 1996. "Soil Washing Potential at Confined Disposal Facilities," Environmental Effects of Dredging, D-96-3, USACE Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

Olin, T.J. and D.W. Bowman. 1996. "Soil Washing Potential at Confined Disposal Facilities," Environmental Effects of Dredging, D-96-3, USACE Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

Olive, W.W (1989). Chleborad, A.F.; Frahme, C.W.; Shlocker, Julius; Schneider, R.R.; Schuster, R.L. (1989). "Swelling Clays Map of the Conterminous United States". U.S. Geological Survey Miscellaneous Investigations Series Map. I-1940. Retrieved 8 December 2020

Ozer-Erdogan, P, H. Merve Basar, I. Erden, L. Tolun, Beneficial use of marine dredged materials as a fine aggregate in ready-mixed concrete: Turkey example, Constr. Build. Mater. 124 (2016) 690-704. doi:10.1016/j.conbuildmat.2016.07.144.

Palmieri, A., Shah, F., Annandale, G. W. and Dinar, A. "Reservoir Conservation: The RESCON approach." Vol. I, 2003, The World Bank.

Pesok.uz (2022). Clay Sand. Accessed 31.10.2022 from URL <https://pesok.uz/en/clay-sand/>

Quarry Magazine (2019). Cost estimates revealed for sand processing plant. <https://www.quarrymagazine.com/2019/12/04/cost-estimates-revealed-for-sand-processing-plant>

R.M. van Swam (not dated) Guidelines for Marine, Nearshore and Inland Confined Disposal Facilities Case Study Slufter CDF. Ministerie van Verkeer en Waterstaat Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat Bouwdienst Rijkswaterstaat. 3526 LA Utrecht Griffioenlaan 2. The Netherlands

Rakhshan K, Morel J-C, Alaka H, Charef R. Components reuse in the building sector – A systematic review. *Waste Management & Research*. 2020;38(4):347-370. doi:[10.1177/0734242X20910463](https://doi.org/10.1177/0734242X20910463)

Randle, T., (2018). Sedimentation Management for Multi-Purpose Reservoirs: A Federal Perspective. Presentation by Dr. Tim Randle, Bureau of Reclamation, and Dr. Paul Boyd, U.S. Army Corps of Engineers. https://www.youtube.com/watch?v=KrBE_ngZgSM

Randle, T., Boyd, R., 2018. Sedimentation management for multi-purpose Reservoirs: A federal perspective. Webinar available from URL: <https://cires.colorado.edu/events/sedimentation-management-multi-purpose-reservoirs-federal-perspective>

Reservoir Conservation Volume I: the RESCON Approach Economic and Engineering Evaluation of Alternative Strategies for Managing Sedimentation in Storage Reservoirs

Robalino, JJ., Russell, A.J.M, Oblomuradov, N & J. Kazbekov (2022) Green Recovery Investment Analysis – Climate-Resilient Agriculture in the Republic of Karakalpakstan, Global Green Growth Institute (GGGI), Seoul, South Korea.

Schroeder, P.R. and M.R. Palermo. 1990. "The Automated Dredging and Disposal Alternatives Management System (ADDAMS)," Environmental Effects of Dredging Program Technical Note EEDP-06-12, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.

Sheehan, J. Harrington, J.D. Murphy, A technical assessment of topsoil production from dredged material, Resour. Conserv. Recy. 54 (2010) 1377-1385. doi:10.1016/j.resconrec.2010.05.012.

Shirokova Y. I. (2022): ОТЧЕТ по проекту «Проведение комплексного биохимического анализа состава ила руслового водохранилища Туямуюнского гидроузла» Контракт № EMP-2022-C-026.

Министерство водного хозяйства Республики Узбекистан (МВХ РУз). Научно-исследовательский институт Иригации и водных проблем (НИИИВП)

Stern, E (2022). Eric Stern, Personal Communications. Partner, Strategic Operations/Sediment Management Tipping Point Resources Group.

Tashkent Times (2021). 11 cement plants to be launched this year. Available from URL: <http://tashkenttimes.uz/business/6770-11-cement-plants-to-be-launched-this-year-uzqurilishmateriallari#:~:text=It%20was%20noted%20that%20the,Jizzakh%2C%20Fergana%20and%20Tashkent%20provinces>

The Economist (2017). Why there is a shortage of sand. The economist explains. <https://www.economist.com/the-economist-explains/2017/04/24/why-there-is-a-shortage-of-sand?>

The Third Pole (2022). Sand mining is destroying Asia's rivers. Available from URL : <https://www.thethirdpole.net/en/nature/sandmining-asia/>

Tulaganov (2021). Binder production in the Republic of Uzbekistan: Present and future

UNEP (2022a). Our use of sand brings us “up against the wall”, says UNEP report. Press release. April 2022.

UNEP (2022b). Sand and sustainability: 10 strategic recommendations to avert a crisis. GRID-Geneva, United Nations Environment Programme, Geneva, Switzerland

UNESCO (2012) WWAP (World Water Assessment Programme) 2012. The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk; UNESCO: Paris, France, 2012.

USACE. 1987a. "Confined disposal of dredged material", Engineer Manual EM 1110-2-5027, Washington, D.C.

UNECE. 2020. *Environmental Performance Reviews - Uzbekistan - Third Review*. Geneva: United Nations.

USDA. http://nrcs.usda.gov/Internet/FSE_MEDIA/nrcs142p2_050242.jpg by CMG Lee

USGS (2018). Irrigation Methods: Furrow or Flood Irrigation. US Department of the Interior. <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/irrigation-methods-furrow-or-flood-irrigation>

Valenti, G.; Bernardo, G.; Marroccoli, M.; Molino, B. (2003) Beneficial reuse of reservoir sediment in the cement industry. In Proceedings of the International Conference on Remediation of Contaminated Sediments, Venice, Italy, 30 September–3 October 2003.

Van Bunderen, C.; Snellings, R.; Vandewalle, L.; Cizer, O. Early-age hydration and autogenous deformation of cement paste containing flash calcined dredging sediments. *Constr. Build. Mater.* 2019, 200, 104–115

Van Bunderen, C.; Snellings, R.; Vandewalle, L.; Cizer, O. Early-age hydration and autogenous deformation of cement paste containing flash calcined dredging sediments. *Constr. Build. Mater.* 2019, 200, 104–115

Van Bunderen, C.; Snellings, R.; Vandewalle, L.; Cizer, O. Early-age hydration and autogenous deformation of cement paste containing flash calcined dredging sediments. *Constr. Build. Mater.* 2019, 200, 104–115

Wisser, D., Steve Frolking, S., Hagen, S., F. P., Bierkens, M., (2013). Beyond peak reservoir storage? A global estimate of declining water storage capacity in large reservoirs. *Water Resources Research*.

World Bank (2022) In press. Valuing ecosystems services and prioritizing landscape restoration investments in Vakhsh catchment to support sustainable hydropower

Yirka, B., (2022). Calculating global sand demand for the coming years and ways to avoid a demand crisis. March 2022. Psys.org

Zhong, X., Deetman, S., Tukker, A. et al (2022). Increasing material efficiencies of buildings to address the global sand crisis. Nature Sustain 5, 389–392 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00857-0>

Контакты:

Региональный экологический центр Центральной Азии
мкрн Орбита-1, 40
050043 Алматы, Казахстан
+7 (727) 265 4333
+7 (727) 265 4334
info@carececo.org
<https://carececo.org/>