

А.Д.Никанорова¹, Н.М. Дронин²

Оценка водного дефицита на орошаемых землях в Ферганской долине в связи с изменением режима работы Токтогульского водохранилища

Аннотация

На основе ГИС с элементами компьютерного моделирования оценивается величина водного дефицита в Ферганской долине при различных сценариях. Сценарии учитывают объемы поступления воды в вегетационный период и потребления для нужд земледелия в условиях (1) "среднего" (2000 г.), (2) "плохого" года (1998 г.) и (3) в условиях оптимизации норм полива. Выявлены районы Ферганской долины, дефицитные в отношении водных ресурсов. Рассмотрена обусловленность дефицита водных ресурсов существующим режимом работы Токтогульского водохранилища, а также исторически унаследованной структурой землепользования с завышенными объемами потребления воды на орошение.

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии мира и геоэкологии, аспирант, *e-mail*: aleksanika@gmail.com

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии мира и геоэкологии, вед. науч. с., канд. геогр. н., *e-mail*: ndronin@gmail.com

Введение.

Большинство населения Ферганской долины занято в сельском хозяйстве, и устойчивое снабжение водой для орошения представляет собой ключевое условие стабильности в регионе. Несмотря на хорошую обеспеченность долины водными ресурсами по сравнению с другими регионами бассейна реки Сырдарья, на протяжении последних 20 лет наблюдаются перебои в поступлении воды в Ферганскую долину, связанные с изменением режима работы Токтогульского водохранилища. В советский период сооружение данного водохранилища было необходимо для обеспечения потребностей орошаемого земледелия на нижележащих землях бассейна реки Сырдарья. В 1990-х гг. произошел распад централизованной бассейновой системы управления водными ресурсами, при которой между Кыргызстаном, Узбекистаном и Казахстаном происходил бартерный обмен (вода в вегетационный период на топливо в зимний сезон). Нарушение партнерских договоренностей между Кыргызстаном и Узбекистаном в конце 1980-х гг. привело к переходу работы Токтогульского водохранилища с оросительного на энергетический режим (рисунок 1). С 1989 года среднемноголетняя величина попусков в холодный период увеличилась с 2,7 куб км до 8 куб. км, а в вегетационный уменьшилась с 9 куб. км до 6 куб. км. [6]. Такой режим работы водохранилища приводит к возникновению зимних паводков, а летом – к искусственному маловодью.

Присутствие в посевах требовательных к воде культур усугубляет дефицит воды, обусловленный энергетическим режимом работы Токтогульского водохранилища. В советское время Ферганская долина являлась главным регионом выращивания хлопчатника, а также ряда садовых плодовых культур. С 1990-х гг. в структуре посевов в Ферганской долине произошли серьезные изменения (рисунок 2). С выходом республик из Советского Союза появилась необходимость перехода на продовольственное самообеспечение.

В структуре посевов доля продовольственных зерновых культур (пшеницы и кукурузы) увеличивалась как за счет снижения площадей посевов хлопчатника, так и за счет ввода в сельскохозяйственный оборот мало пригодных земель с повышенным риском заболачивания, засоления или возникновения почвенной эрозии. Однако при этом доля хлопчатника остается высокой, особенно в Узбекистане, где существует государственный заказ на эту культуру.

В силу высокой экономической рентабельности, выращивание хлопчатника остается профильным направлением сельского хозяйства в Ферганской долине, что негативно сказывается на экологическом состоянии земель. Во-первых, культура хлопчатника очень требовательна к поливам: в среднем за вегетационный сезон 1 га поля с посевом хлопчатника требует 5000 куб. м воды [7], в случае отсутствия систематического полива приводит к значительному снижению урожая, вплоть до гибели посевов. Во-вторых, с целью получения максимально возможного урожая фермеры прибегают к завышенным нормам использования удобрений. В совокупности эти два фактора ведут к динамично развивающимся процессам вторичного засоления и заболачивания сельскохозяйственных угодий. Наиболее сильно этим процессам подвержены центральные Ферганская и Андижанская области. В настоящее время количество вносимых удобрений и уровень засоления почв заметно ниже, чем в советский период.

Отсутствие актуального для современных природных и климатических условий гидромодульного районирования выступает причиной нерационального использования воды на уровне фермерских хозяйств. Режим орошения в Ферганской долине определяется по гидромодульному районированию, составленному для этих земель в 1960-е и в 1970-е гг. За прошедшие 50 лет почвенно-мелиоративные водохозяйственные условия в значительной степени изменились. В результате, гидромодульное районирование и

составленный по нему режим орошения не соответствует реальным современным условиям [4, 5]. В среднем реальная норма полива на 1 га поля превышает в 1,5 раза по сравнению с рекомендуемыми.

Большие потери воды также связаны с неэффективной работой дренажно-оросительной системы Ферганской долины, которая в условиях многолетнего отсутствия материальной и эксплуатационно-технической поддержки устарела и пришла в негодность. По экспертным оценкам [8], в каналах Ферганской долины теряется до 50% воды, предназначенной на орошение.

Постановка проблемы. Целью работы является оценка возникшего дефицита воды, расходуемой на орошение в Ферганской долине, и выявление причин его возникновения, которые связаны, прежде всего, с изменением режима работы Токтогульского водохранилища и отсутствием урегулированных договорных отношений между Узбекистаном и Киргизстаном по его использованию. Структура посевов со значительной долей требовательных к увлажнению культур, исторически унаследованные повышенные нормы поливов, а также плохое состояние ирригационных сетей являются существенными, но вторичными факторами, определяющими хронический дефицит водных ресурсов в современный период. Основным критерием оценки вклада этих факторов служит величина дефицита воды, рассчитанная по доле сельскохозяйственных угодий, которые недополучают воду на орошение в вегетационный период в различных сценариях землепользования в Ферганской долине.

Материалы и методы. Для оценки величины водного дефицита в различных районах Ферганской долины была разработана геоинформационная система с элементами компьютерной модели. Интерфейс программы был выполнен в гис-программе Arc GIS -

Arc View, база данных сформирована в Microsoft Office Access, а расчеты проводились в Microsoft Office Excel.

На начальном этапе работы проводилось дешифрирование аэрокосмических снимков на Ферганскую долину в программе Arc-GIS на основе мультиспектральных снимков Landsat-7 с разрешением 30 м, и данных Google Earth. Применен метод эталонного дешифрирования. По всей территории Ферганской долины, в картографической модели, были выделены земли под сельскохозяйственными культурами (хлопок, зерновые, фуражные, садовые деревья, рис), селитебные зоны и зоны, где земледелие не ведется (пустынные и заболоченные территории).

В картографической программе ArcGIS компиляция из снимков Landsat-7 и Google Earth была привязана в картографической проекции UTM_WGS-84. С помощью инструментов выделения полигонов, в этой программе были созданы слои «Селитебные зоны», «Основные сельскохозяйственные культуры», «Неиспользуемые земли» (масштаб 1:400000). Слой «Селитебные зоны» включает в себя атрибутивную информацию о названиях крупных населенных пунктах, в слое «Основные сельскохозяйственные культуры» помимо атрибутивной информации о типах посевов включена функция автоматического подсчета площади орошаемых полигонов-полей. Для создания слоя «Неиспользуемые земли» выделялись земли под заболоченными территориями, земли под песками, солончаки и тугайные комплексы вдоль реки Сырдарья.

На основе пространственных данных [1] отображающих сеть каналов, рек и озер Узбекистана, Кыргызстана и Таджикистана, мультиспектральных снимков Landsat-7, цифровой модели рельефа SRTM была построена и отображена сеть водных объектов, расположенных в пределах долины. С использованием литературных источников [3,8] была выявлена иерархическая связь каналов, в базу данных были введены их основные характеристики (название, средний расход, пропускная способность, КПД, протяженность, тип русла, год ввода в эксплуатацию).

В результате данного исследования выделены 32 оросительные системы Ферганской долины: системы на главных реках Нарын, Карадарья и Сырдарья; ирригационные системы мелких рек, стекающих со склонов горных хребтов (от Нарына по часовой стрелке: Майли-сай, Караункурсай, Кугарт, Талдык, Акбура, Араван, Исфарамсай, Шахимардан, Сох, Гавиан, Исфара, Гавасай, Разаксай, Кассансай, Намангансай, Чартаксай); системы основных каналов центральной части долины (Левобережный, Наманганский, Северный Ферганский, Большой Андижанский каналы, отходящие от р. Нарын, каналы Адигансай, Шахрихансай, Южный Ферганский – от р. Кара-Дарья и каналы Фрунзе, Ахунбабаева – от р. Сырдарья), а также каналы, питающиеся от малых водохранилищ и небольших горных рек (Котортольский, Кокедонский, Большой Аштский каналы).

Ранжирование полей по их принадлежности к каналам производилось на основе работ проекта Интегрированное Управление Водными ресурсами в Ферганской долине [9], в условиях недостаточной информации - в соответствии с рельефом территории. Для каждого канала была выявлена подвешенная орошаемая территория, в ее пределах были выделены и пронумерованы полигоны. Нумерация полигонов производилась для их упорядочивания с точки зрения очереди полива полей. Во внимание принимались такие факторы как расположение относительно магистрального канала и наличие подводящих каналов (арыков) к полю полигона. Наименьший цифровой индекс имели полигоны у изголовья каналов, а наибольший – полигоны нижней части канала, отдаленные от него.

Далее на основе карты землепользования и принятых норм полива различных культур проводился расчет необходимого объема воды для территории, подвешенной к каждому каналу. Если пропускаемый объем воды через канал в конкретный год меньше необходимого, то дефицит воды показывался по величине (доле) площади, которая недополучит влагу при условии последовательного ее распределения по полигонам в системе канала. Например, за 1998 год средний расход воды в Большом Андижанском

канале составил 34,2 м куб/сек вместо 49 м куб/сек в 2000 году. Таким образом, в канал поступило 290 021 086 м куб. воды за рассматриваемый период. Вычитая поочередно, в соответствии с номерами полигонов, необходимое количество воды для каждого полигона из поступаемого количества воды, можно вычислить до какого номера полигона воды будет хватать.

Возможность использования осредненных норм полива зависит от пространственной дифференциации ландшафтно-почвенных условий в Ферганской долине. История антропогенной трансформации почв долины насчитывает 80-90 лет. По мнению А.Маскудова [2], орошаемое земледелие за такой длительный период привело к нивелированию различия исходных свойств почв: высокогумусные почвы (луговые и болотно-луговые) потеряли гумус, а малогумусовые обогатились им. Таким образом, в условиях Ферганской долины под влиянием орошения и мелиорации произошло осушение болотных и болотно-луговых почв, исчезновение автоморфных и автогидроморфных почв и образование орошаемых, главным образом незасоленных и слабозасоленных луговых почв. Нормы полива в долине различаются больше не в связи с исходными почвенными типами, а различной степенью современной засоленности орошаемых почв.

Итогом проведенной работы стало создание полигонального гис-слоя «Распределение полей по каналам», где у каждого полигона имелась атрибутивная информация о типе сельскохозяйственной культуры, выращиваемой в его пределах, о его принадлежности к той или иной сети ирригационных каналов (рисунок 3). Имеющаяся информация была сформирована в единую базу данных, которая была экспортирована в Excel, где проводились основные расчеты показателей распределения воды по каналам, потребления воды на орошаемых землях в зависимости от рассмотренных сценариев. Для дальнейшей работы к атрибутивной информации слоя, в гис-программе, была присоединена таблица вычислений расхода воды в программе Excel так, что при изменении каких-либо

параметров в расчетной таблице, соответствующие значения меняются в атрибутивной информации полигонов и отображаются в интерфейсе ArcGIS.

Методология исследования была применена к двум годам: 1998 год, когда был осуществлен минимальный попуск воды за вегетационные периоды 1980–2000 гг., и 2000 год, характеризующийся величиной попуска, близкой к средней многолетней. На данные года были составлены карты-схемы распределения водных ресурсов в Ферганской долине (масштабом 1:400000) в условиях фактических объемов потребления воды на орошения и в условиях оптимизации методов орошения с позиции экономии водных ресурсов.

Обсуждение результатов. Модель показывает, что при энергетическом режиме работы Токтогульского водохранилища и существующей структуре землепользования значительная доля обрабатываемых земель должна находиться в условиях хронического дефицита воды. Доля земель с дефицитом воды в современных условиях в «средний» год составляет 13% (рисунок 3).

По расчетам в кризисный 1998 год, к началу вегетационного периода которого объем воды в Токтогульском водохранилище был близок к “мертвому” уровню из-за чрезмерных попусков в холодный сезон, доля орошаемых земель, испытывающих недостаток в водных ресурсах, составила 17% (рисунок 4). Дефицитные районы расположены в северной части Ферганской, Андижанской и южной части Наманганской областей Узбекистана, Согдийской области Таджикистана. В эту категорию попадают межадырные равнины пограничных территорий на юго-востоке долины, а также земли Джалалабадской области Кыргызстана.

Модель позволяет определить дефицит воды при применении наиболее оптимальных норм полива [7] совместно с уменьшением потерь воды в каналах (рисунок

5). Увеличение эффективности водопотребления на хозяйственном уровне является действенным механизмом регулирования спроса на воду и объемов ее потребления в условиях ограниченности водных ресурсов. При соблюдении рекомендованных норм орошения и модернизации оросительной системы Ферганской долины потенциальная экономия водных ресурсов составит 36%³ (вместо 10,1 тыс. млн. км куб. воды будет использовано 6,7 тыс. млн. км куб.), а процент земель с недостатком водных ресурсов снизится в «средний» год с 13% до 6 %.

Регулирование величины спроса на воду возможно также при изменении структуры посевов. Для выбора наиболее оптимальной структуры посевов были разработаны сценарии, учитывающие различные процентные соотношения основных выращиваемых культур в Ферганской долине. В первых двух сценариях использовались данные о структурах посевов на 2000 (А) и 1980 (Б) года, при которых средние величины водопотребления составляют 4506 м куб./га и 4836 м куб./га соответственно. В чисто гипотетическом сценарии В рассматривалась возможность уменьшения водопотребления до максимально низкого уровня (1200 м куб./га) за счет выведения всех сельскохозяйственных земель из оборота, за исключением земель под виноградниками, садами и приусадебными участками. В Сценарии Г предполагался вывод из сельскохозяйственного оборота земель под культурами, требовательными к поливам – хлопчатником и кукурузой. В Сценарии Д дополнительно к условиям предыдущего вдвое сокращались посевы пшеницы, в результате чего из сельскохозяйственного оборота выводилось 30% земель, а потребление воды сократилось до 4140 м куб./га.

Проанализировав результаты разработанных сценариев (Таблица 1), можно сделать вывод, что с позиции уменьшения объемов потребления воды на орошение за двадцатилетний период, начиная с 1980 года, наиболее оптимальная структура посевов, была достигнута в 2000 году. Интенсивное освоение и расширение сельскохозяйственных

³ Это максимально возможная оценка, так как эксперты дают не более 25% возможной экономии [7]

земель с приоритетными задачами, сперва, роста объемов производства хлопчатника на экспорт в 1980–1990 годах, а затем внутреннего продовольственного самообеспечения в 1990–2000 годах, привели к увеличению потенциальных рисков возникновения дефицита водных ресурсов в центральных пустынных районах и землях периферийных предгорных территорий, не являющихся благоприятными для освоения. Такие земли обладают хроническим дефицитом природных водных ресурсов, и наиболее правильным, с геоэкологических позиций, является их полный вывод из сельскохозяйственного оборота.

Выводы.

1. При сохранении работы Токтогульского водохранилища в энергетическом режиме дефицит водных ресурсов в Ферганской долине неизбежен. Для оптимизации распределения водных ресурсов и их регулирования необходимы повышение эффективности межгосударственных механизмов управления речным стоком бассейна реки Сырдарья – в первую очередь, регулирование сезонного и многолетнего сброса Токтогульского и Андижанского водохранилищ с учетом интересов как Узбекистана, так и Кыргызстана, а также восстановление работы Токтогульского водохранилища в оросительном режиме.

2. Оптимизация норм и режима орошения является также возможным решением снижения потенциального риска возникновения районов с дефицитом воды и механизмом повышения урожайности выращиваемых культур. Введение более эффективных и экономичных методов полива в Ферганской долине вместо избыточных, исторически унаследованных, приведет к снижению доли угодий необеспеченных водой более, чем вдвое.

3. Современная структура посевов "экономит" воду на 7% по сравнению с советским временем. Возможности дальнейшего изменения структуры посевов в пользу тех, которые потребляют меньше воды и неприхотливы к почвенным условиям, ограничены.

Расчеты показывают снижение потребления воды на орошение, сравнимое с тем, которое имело место в последние 20 лет, потребовало бы исключение хлопчатника из культивации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кошматов Б. Т.* Результаты ИУВР в южном Кыргызстане в контексте повышения продуктивности воды. Ташкент, 2008. 8с.
2. *Маскудов А.* Почвы Центральной Ферганы. Изд. Фан, Ташкент, 1979, 119 с.
3. *Мирзаев Н.Н., Саидов Р., Эргашев И.* Руководство и управление водой на ЮФКМ. Ташкент, 2009. 67 с.
4. *Мухамеджанов Ш.Ш.* Распространение усовершенствованных технологий по повышению продуктивности воды. Ташкент, 2007. 70 с.
5. *Мухамеджанов Ш.Ш., Хорст М.Г., Мирзаев Н.Н.* Оценка требований на воду. Управление спросом. Методика и пути управления орошением сельскохозяйственных культур //Сб. статей Интегрированное управление водными ресурсами: от теории к реальной практике. Опыт Центральной Азии / под ред. проф В.А. Духовного, д-ра. В.И. Соколова, д-ра. Х. Мантритилаке, Ташкент: НИЦ МКВК, 2008. 364 с.
6. *Стариков Н.П.* Проблемы режима эксплуатации водохранилищ в водном хозяйстве узбекистана и стран Центральной. 2005 <http://water-salt.narod.ru>
7. *Стулина Г.В.* Рекомендации по гидромодульному районированию и режиму орошения сельскохозяйственных культур. Ташкент. 2010. 48 с

8. *Хамидов Х.М.* Организация управления водными ресурсами в бассейне реки Сырдарья. Ташкент. 2005. 8 с.
9. Портал знаний о водных ресурсах и экологии Центральной Азии
<http://www.cawater-info.net>

А.Д. Никанорова, аспирантка, МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, aleksanika@gmail.com, моб. тел. 89104676453