

УДК 556.182.

## ОЦЕНКА ВОДНОГО ДЕФИЦИТА НА ИРРИГАЦИОННЫХ ЗЕМЛЯХ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

© 2016 г. А.Д. Никанорова\*, Е.В. Миланова\*\*, Н.М. Дронин\*\*, Н.О. Тельнова\*\*

\*Дипломатическая Академия Министерства иностранных дел РФ  
Россия, 119034, г. Москва, ул. Остоженка, д. 53/2, стр. 1. E-mail: aleksanika@gmail.com

\*\*Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова  
Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1. E-mail: elena.v.milanova@gmail.com

Поступила 19.05.2016

Оценен возможный водный дефицит на ирригационных землях Ферганской долины для различных сценариев изменения климата и управления водными ресурсами. Ферганская долина представляет собой межгорную котловину, по которой протекает крупнейшая река Центральной Азии Сырдарья, имеющая трансграничный характер для обеспечения водой Кыргызстана, Таджикистана и Узбекистана. В связи с разрушением механизмов интегрированного управления водными ресурсами между этими странами Ферганская долина испытывает хронический дефицит воды. Изменение климата может привести к значительному росту спроса на воду в орошаемом земледелии. Улучшение практики орошения, а также восстановление дренажной и ирригационной инфраструктуры могут значительно снизить водный дефицит в ближней и среднесрочной перспективе.

*Ключевые слова:* ирригация, изменение климата, Центральная Азия, Ферганская долина, потребности в воде, выращивание хлопчатника.

Ферганская долина является важнейшим экономическим районом Центральной Азии. Долина обладает относительно плодородными почвами и обеспечена водными ресурсами – реками Нарын и Кара-Дарья, которые при слиянии образуют Сырдарью. Орошаемое земледелие представляет основу экономической жизни в долине, обеспечивая занятость и доходы населения. Масштабное строительство трансреспубликанской ирригационной системы во второй половине 20-го века позволило освоить большую часть территории долины под посевы хлопчатника и других требовательных к воде культур. С 1991 г. в связи с распадом Советского Союза вопрос распределения водных ресурсов стал источником острых конфликтов между новыми центральноазиатскими странами. До 1993 г. здесь работала система бартерных отношений "вода в обмен на топливо" между Кыргызстаном, Узбекистаном и Казахстаном, рухнувшая в значительной мере из-за несовпадения по сезонам потребностей в воде и топливных ресурсах. При растущем недоверии между странами и ряде случаев неполноценного выполнения бартерных сделок в условиях усугубляющего энергетического кризиса Кыргызстан перевел Токтогульское водохранилище на режим сброса воды для выработки электроэнергии в холодный период, в результате чего летние попуски сократились на 30%. Только перевод Андижанского водохранилища, располагающегося в Узбекистане, на максимальные попуски в летние месяцы, позволил несколько смягчить ситуацию дефицита воды в долине.

Фактором, усугубляющим современный дефицит воды в регионе, является ухудшение технического состояния ирригационной и дренажной инфраструктуры, а также распределение и расход воды, определяемый завышенными (исторически сложившимися) нормами полива. Наблюдаемое изменение климата Ферганской долины может стать еще одним значительным фактором дестабилизации ситуации в обеспечении водными ресурсами. В нашей работе оценивается дефицит воды в Ферганской долине на 2020-е, 2050-е и 2080-е гг., в результате совокупного воздействия трех факторов: неустойчивого трансграничного поступления воды в долину, сложившейся практики орошения и изменения климата. Также исследуются перспективы и возможности уменьшения дефицита воды в условиях изменения климата за счет оптимизации водопользования в орошаемом земледелии.

### Материалы и методы

*Климатические сценарии.* Сценарии климатических изменений для 2020-х, 2050-х и 2080-х гг. для бассейна Аральского моря, в которое впадает Сыр-Дарья, были разработаны на основе 5-ти моделей глобальной циркуляции: CGCM2, CSIROmk2, ECHam4, DOE PCM, и HadCM3 (Mitchell, 2003) и 4-х социально-экономических сценариев МГИК (A1FI, A2, B1, B2; Nakićenović, 2000). Методика моделирования подробно изложена в работе (Kirilenko et al., 2008). Исторический (базовый) климат 1961-1990 гг. представлен показателями среднемесячных температур, осадков и упругости водяного пара на поверхности земли на сетке 0.5°x0.5° (Mitchell et al., 2004). Современные (1990-2010 гг.) и будущие показатели климата (2020-2080 гг.) получены с помощью стохастического погодного генератора А. Фрейнда (Friend, 1998). В итоге будущий климат охарактеризован 5-ю основными показателями: средними температурами и осадками за год, средними температурами и осадками за вегетационный период (апрель-сентябрь), потенциальной эвапотранспирацией за вегетационный период.

*Сценарии распределения воды на орошаемых землях.* Оценка величины дефицита воды и выявление земель с нехваткой воды при современном (историческом) и будущем климате проводится на основе ГИС «Распределение водных ресурсов при орошении сельскохозяйственных угодий Ферганской долины» (Никанорова, 2014).

На основе разработанной ГИС мы выявили 560 полигонов, привязанных к определенным элементам ирригационной инфраструктуры и характеризующихся однородностью гранулометрического состава почв и определенным уровнем залегания грунтовых вод.

Для моделирования распределения воды по ирригационным каналам и определения полигонов, которые недополучат воду в различных климатических условиях, мы выявляем ключевые факторы распределения водных ресурсов и условия их проявления, что определяет возможные сценарии распределения воды по орошаемым землям Ферганской долины (табл. 1).

**Таблица 1.** Сценарии распределения воды по орошаемым землям Ферганской долины.  
**Table 1.** Water distribution scenarios on irrigated lands of Fergana Valley.

Факторы	Условия		Сценарии
Трансграничная подача воды (ТС)	ТС1 – оптимальное поступление	ГИС «Распределение водных ресурсов при орошении сельскохозяйственных угодий»	ТС1+ПР1+Э1+К3
	ТС2 – относительно неудовлетворительное поступление		ТС3+ПР1+Э1+К1
			ТС1+ПР1+Э1+К2
ТС3 – крайне неудовлетворительное поступление	ТС3+ПР1+Э1+К2		
	ТС1+ПР1+Э1+К3		
Порядок распределения воды (ПР)	ПР1 – распределение «сверху-вниз»		ТС3+ПР1+Э1+К3
	ПР2 – на основе «гидромодульного районирования»		ТС1+ПР2+Э1+К1
Эффективность подачи воды (Э)	Э1 – КПД техники полива 65%		ТС3+ПР2+Э1+К1
	Э1 – КПД техники полива 80%		ТС1+ПР2+Э1+К2
Структура посевов (К)	С1 – монокультура хлопчатника		ТС3+ПР2+Э1+К2
	С2 – диверсифицированная структура с приоритетом посевов зерновых	ТС1+ПР2+Э1+К3	
		ТС3+ПР2+Э1+К3	
	С3 – садово-плантационная структура в комбинации с посевами озимых зерновых	ТС1+ПР2+Э2+К1	
		ТС3+ПР2+Э2+К1	
		ТС1+ПР2+Э2+К2	
		ТС3+ПР2+Э2+К2	
		ТС1+ПР2+Э2+К3	
		ТС3+ПР2+Э2+К3	

Трансграничная подача (ТП) воды в ирригационную систему долины может быть представлена тремя вариантами условий проявления этого фактора : ТП1 – оптимальное поступление воды, когда

оба – Токтогульское и Андижанское – водохранилища функционируют в ирригационном режиме (как это было в 1990 г.); ТП2 – относительно неудовлетворительное поступление воды, когда Токтогульское водохранилище работает в "энергетическом" режиме, а Андижанское водохранилище частично компенсирует недостаток воды за счет максимальных попусков в летнее время (примером может служить 1998 г.); ТП3 – крайне неудовлетворительное поступление воды с минимальными попусками из обоих водохранилищ в летние месяцы, что может быть связано с условиями недостаточного естественного увлажнения в данный год или необходимостью выработки энергии (примером может служить 1987 г.).

Порядок распределения (ПР) воды по полигонам представлен в модели двумя вариантами: ПР1 – современная практика поступления воды на полигоны "сверху-вниз", когда в благоприятной ситуации оказываются земли, расположенные в "голове" канала, а земли, находящиеся в "хвосте" канала, получают воду по остаточному принципу. Недостаток такой системы связан с тем, что фермеры, имеющие земли вблизи изголовья канала стремятся изъять воду по максимальной норме ("с запасом"), и этот избыточный забор в "голове" канала создает риски нехватки воды для всех других фермеров ниже по течению; ПР2 – рекомендуемая, местами уже внедренная практика распределения воды, учитывающая такие параметры как гранулометрический состав почв и уровень залегания грунтовых вод. Приоритетными для подачи воды являются поля с легкими почвами и низким уровнем грунтовых вод, а в последнюю очередь подача воды осуществляется на поля с тяжелыми по гранулометрическому составу почвами и неглубоким залеганием грунтовых вод. Описанная система, известная под названием "гидро модульное районирование", была разработана в советское время с целью оптимизации водораспределения и снижения рисков подтопления и вторичного засоления.

Эффективность (Э) подачи изъятной из магистральных каналов воды на поля зависит от правильного устройства поливочных борозд. Борозды, как правило, прокладываются фермерами самостоятельно и часто без учета особенностей рельефа их участков. Средняя эффективность полива по проложенным фермерами бороздам составляет 65% (Мухамеджанов, Нерозин, 2008). Правильное устройство борозд может повысить этот показатель до 80% (Лактаев, 1978). Соответственно мы используем в модели два варианта эффективности подачи воды на поля: Э1 – 65% и Э2 – 80%.

Различные культуры имеют определенные нормы полива в условиях современного климата Центральной Азии. В среднем посеvy риса требуют 12000 м<sup>3</sup>/га, хлопчатника – 4900 м<sup>3</sup>/га, пшеницы – 3144 м<sup>3</sup>/га, плантации садовых культур – 3722 м<sup>3</sup>/га. Также важные различия условий орошения связаны с тем, что озимые культуры и садовые плантации получают большую часть воды зимой, когда происходят "энергетические" попуски из Токтогульского водохранилища. В модели учитываются 3 варианта структуры посевов в Ферганской долине по составу сельскохозяйственных культур (К): К1 – монокультура хлопчатника, характерная для советского времени; К2 – диверсифицированная современная структура с приоритетом посевов зерновых озимых культур, но и с существенной долей хлопчатника; К3 – садово-плантационная структура в комбинации с посевами озимых зерновых культур (такой вариант, например, реализуется в Ташкентской области).

Комбинация факторов и описанных вариантов условий их проявления позволяет сформировать 36 сценариев (табл. 1), из которых мы выбираем несколько наиболее контрастных сценариев для оценки дефицита воды в климатических условиях 2020-х, 2050-х и 2080-х гг.

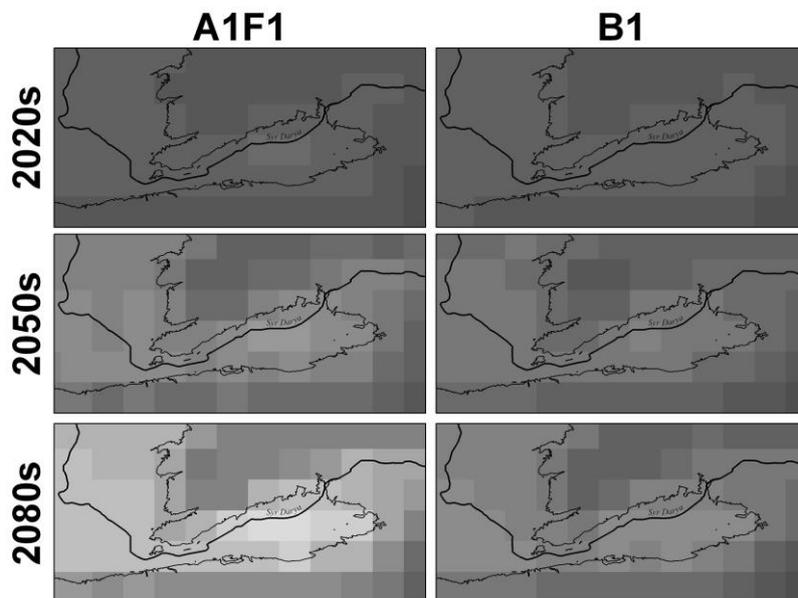
### Результаты и обсуждение

*Прогнозы изменения климата.* Данные местных метеорологических станций свидетельствуют о поступательном росте средних температур в Ферганской долине в период 1970-2000 гг. (Стулина, 2010), тогда как динамика осадков не показывает выраженного тренда (Чуб, 2007).

Наблюдаемый тренд изменения климата, выражающийся в росте температур и незначительном колебании осадков, приведет к увеличению спроса на воду в орошаемой земледелии в бассейне Аральского моря. Согласно Ф. Миклину (Micklin, 2007), который ссылался на более ранние прогнозы Гидрометеорологической службы Узбекистана (Чуб, 2002), рост среднегодовых температур к 2030-му г. составит от 0.5°C до 3.5°C в различных частях бассейна Аральского моря при умеренном росте осадков на 10%. Т. Ососкова с соавторами (2000) прогнозировала рост температур на 3.0°C к 2050-му г. Заметим, что такой рост температур превышает прогнозные оценки для глобального климата, но близок к результатам многих моделей для северного полушария.

В согласии с упомянутыми выше работами мы прогнозируем для ирригационных земель бассейна Аральского моря рост среднегодовых температур к 2020-м гг. на 0.9-2.1°C по сравнению с периодом 1961-1990 гг. Изменение годовых осадков лишено выраженного тренда, и для разных климатических сценариев получается либо некоторое их повышение (на 2-15 мм), либо незначительное понижение. Оценки роста температур для 2050-х гг. колеблются от 1.7°C до 4.7°C в зависимости от сценариев. Осадки увеличиваются незначительно – на 6-37 мм. Для 2080-х гг. модели показывают значительный рост температур – от 3.9°C до 7.8°C. Динамика осадков на равнинных территориях отрицательная (уменьшение на 28 мм), а в горах – положительная (увеличение на 128 мм; Kirilenko et al., 2008).

В современном климате средняя величина эвапотранспирации в бассейне Аральского моря составляет приблизительно 1500-2000 мм (Зонн, 1986). В более теплом и сухом климате эта величина может значительно возрасти, что приведет повсеместно к увеличению спроса на воду для орошения. Ферганская долина также будет испытывать значительный рост температур и слабое увеличение осадков, что приведет к изменению спроса на воду в орошаемом земледелии. Согласно нашему прогнозу к 2020-м гг. в регионе дефицит осадков (разница между осадками и эвапотранспирацией) вырастет на 14-18% по сравнению с современным периодом. К 2050-м гг. разница между осадками и эвапотранспирацией увеличится на 23-33%. В соответствии с нашим прогнозом для 2080-х гг. разница между осадками и эвапотранспирацией увеличивается на 30-56% в зависимости от климатических сценариев (рис. 1).



**Рис. 1.** Прогноз изменения разницы между осадками и эвапотранспирацией в Ферганской долине относительно исторических (1961-1990 гг.) значений (мм). Показаны два контрастных климатических сценария – A1F1 и B1. *Условные обозначения:* ■ – 0 мм, ■ – 50 мм, ■ – 100 мм, ■ – 150 мм, ■ – 200 мм, ■ – 250 мм, ■ – 300 мм, ■ – 350 мм, ■ – 400 мм, ■ – 450 мм, ■ – 500 мм, ■ – 550 мм, ■ – 600 мм, ■ – 650 мм. **Fig. 1.** Change of mean annual water deficit dD (the difference of potential evapotranspiration and precipitation) from the 1961 – 1990 average, mm. Two contrasting CMIP3 scenarios, A1FI and B1 are shown. *Legend:* ■ – 0 mm, ■ – 50 mm, ■ – 100 mm, ■ – 150 mm, ■ – 200 mm, ■ – 250 mm, ■ – 300 mm, ■ – 350 mm, ■ – 400 mm, ■ – 450 mm, ■ – 500 mm, ■ – 550 mm, ■ – 600 mm, ■ – 650 mm.

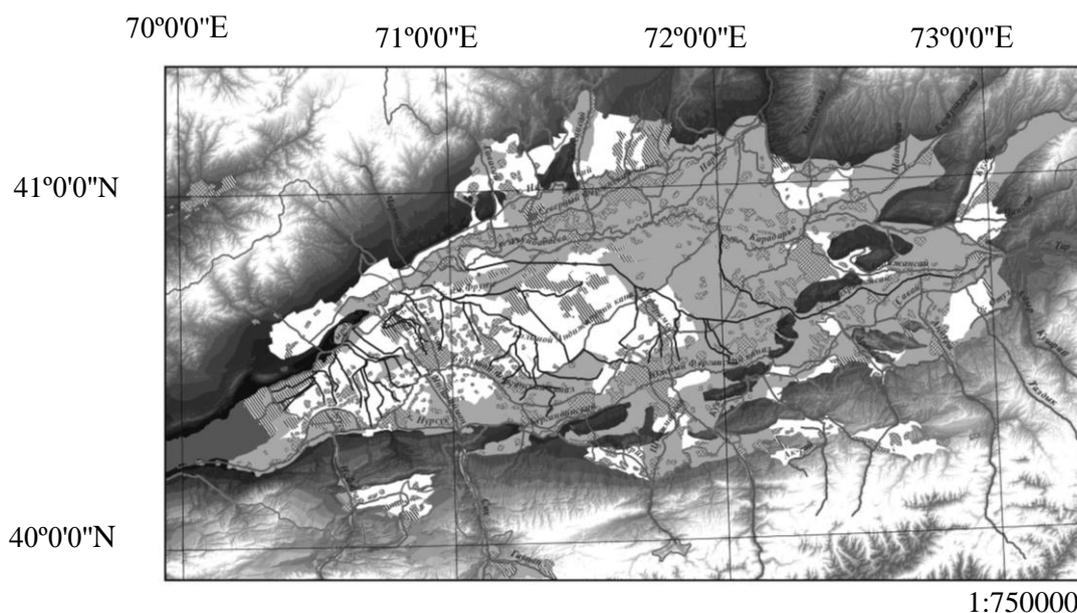
Изменение климата может увеличить сток рек в Ферганскую долину с окружающих горных хребтов из-за таяния горных ледников. Многие авторы полагают, что таяние ледников в Памире и на Тянь-Шане может усилиться в среднесрочной перспективе, а затем сток уменьшится по мере отступления ледников (Micklin, 2007). Но для горных рек, впадающих в Сырдарью в пределах Ферганской долины, характерно преимущественно снеговое питание (Чуб, 2007). Потепление

климата скорее уменьшит накопление снега в горах, а увеличение осадков прогнозируется с большой долей неопределенности. Поэтому мы предполагаем, что поступление воды в долину останется в пределах наблюдаемой изменчивости.

*Прогнозы изменения дефицита воды в орошаемом земледелии Ферганской долины.* Результаты моделирования водного дефицита на ирригационных землях Ферганской долины в условиях сильной аридизации климата (A1F1) для ключевых сценариев распределения водных ресурсов представлены в таблице 2.

**Таблица 2.** Прогноз доли ирригационных земель с дефицитом воды (%) в условиях изменения климата (сценарий A1F1) в Ферганской долине для трех ключевых сценариев распределения водных ресурсов. **Table 2.** Forecast of the share of irrigation land with water scarcity (%) in the context of climate change (A1F1 scenario) in the Fergana Valley for three key water allocation scenarios.

Период	Относительно неудовлетворительное поступление воды (ТП2)		Оптимальное поступление воды (ТП1) и оптимизация практики орошения
	При современной практике орошения	При оптимизации практики орошения	
2020-е гг.	18.7	8.3	5.2
2050-е гг.	27.0	16.0	13.9
2080-е гг.	38.2	20.2	23.2

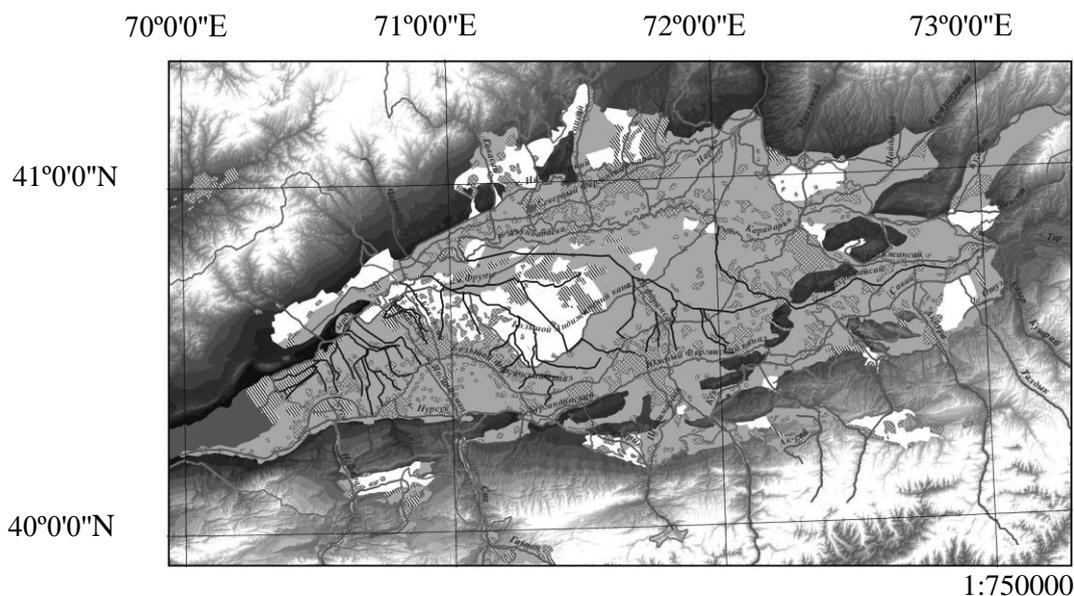


**Рис 2.** Прогноз водного дефицита на ирригационных землях Ферганской долины в 2080-х гг. при сохранении существующей практики орошения (сценарий "бизнес как обычно"). *Условные обозначения к рис. 2-4:* □ – поля с дефицитом воды на орошение, ■ – поля без дефицита воды на орошение, ▨ – неиспользуемые земли, ▩ – поселения, ■ – водохранилища, ═ – ирригационные каналы, - - - – коллекторно-дренажная сеть. **Fig. 2.** Projection of water deficit in the Fergana Valley under the 2080s climate and the «business as usual» scenario. *Legend to fig. 2-4:* □ - lands with water deficit, ■ - lands without water deficit, ▨ - bared lands, ▩ - settlements, ■ - water reservoirs, ═ - irrigation channels, - - - - drainage network.

Самый неблагоприятный из трех ключевых сценариев управления водными ресурсами относится к категории "бизнес как обычно", так как предполагает ограниченное поступление воды из Токтогульского водохранилища в вегетационный период (ТП2), распределение воды по полигонам (полям) "сверху-вниз" (ПР1), эффективность подачи воды на поля не превышающей 65% (Э1) и

диверсифицированную структуру посевов, но с заметным участием хлопчатника (К2). В этом сценарии доля земель, недополучающих воду на орошение, вырастет с текущих 12% до 18.7% к 2020-м гг., 27% – к 2050-м гг. и 38.2% – к 2080-м гг. Массивы орошаемых земель с дефицитом воды располагаются в центральных частях долины (рис. 2).

Оптимизация практики орошения и переход на садово-плантационный тип землепользования может значительно смягчить дефицит воды даже в условиях ограниченного трансграничного водоснабжения долины (ТП2). Доля земель с дефицитом воды к 2020-м гг. будет даже ниже, чем в современном климате – 8.3% против 12%. К 2050-х гг. доля таких земель увеличится до 16%, а к 2080-х гг. составит 20.2% (табл. 2). Ирригационные земли с дефицитом воды будут располагаться в центральных частях долины и на предгорных участках (рис. 3).

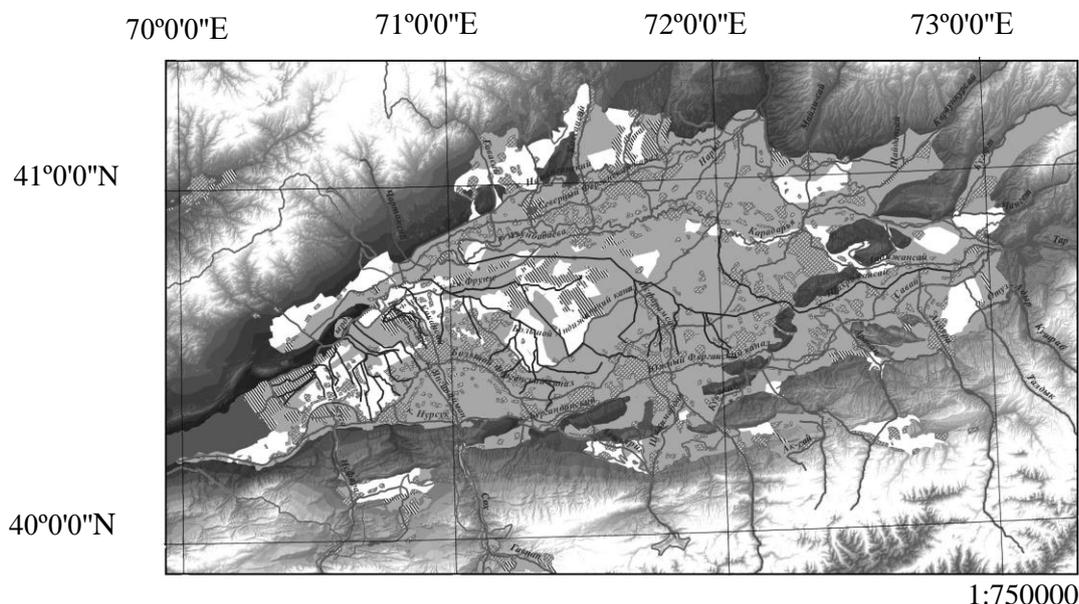


**Рис. 3.** Прогноз водного дефицита на ирригационных землях Ферганской долины в 2080-х гг. при сохранении нестабильного трансграничного поступления воды и оптимизации практики орошения.  
**Fig. 3.** Projection of water deficit in the Fergana Valley under the 2080s climate and «intermediate» scenario.

Оптимальный сценарий предполагает функционирование обоих водохранилищ в ирригационном режиме (ТП1), распределение воды по полигонам согласно гидромодульному районированию (ПР2), повышение КПД подачи воды на поля до 80% (Е2), а также переход на садово-плантационный тип землепользования (К3). В этом сценарии возможно снижение доли ирригационных земель с дефицитом воды до 5% в 2020-х гг. Масштабы дефицита воды (14%) в долине будут близкими к современным показателям даже в условиях более жаркого климата 2050-х гг. Но в 2080-х гг. доля земель с нехваткой воды на орошения возрастет до 23%, что даже несколько выше, чем в предыдущем сценарии. Это объясняется переходом Андижанского водохранилища на нормальный (а не мобилизационный) режим, предполагающий возобновление выработки электроэнергии. Дополнительные 3% ирригационных земель с нехваткой воды располагаются в зоне действия Большого Андижанского канала (рис. 4).

В дополнение к заметной экономии воды на орошение оптимальный сценарий должен принести значительные геоэкологические улучшения качества земельных ресурсов. Существующая практика орошения приводит к распространению вторичного засоления почв, что в свою очередь требует использование дополнительных объемов воды для их промывки. По оценкам около 19% орошаемых земель подвержены вторичному засолению в Ферганской долине. Урожайность хлопчатника снижается на 10-20% на слабозасоленных почвах, на средне и сильнозасоленных почвах этот показатель составляет 30-40% и 60-70% соответственно (Нерозин, 1980). Между 1990 и 2005 гг. в хлопковом хозяйстве продуктивность воды (количество производимого продукта в денежном

эквиваленте на единицу воды) в Ферганской долине упала в 2-3 раза – с 0.46 кг/м<sup>3</sup> и 0.8 кг/м<sup>3</sup> (на лучших землях) до 0.24 кг/м<sup>3</sup> (Стулина, 2010; Мухамеджанов, 2007). Объёмы воды, необходимые для разовой промывки засоленных почв, достигают 3000-3500 м<sup>3</sup>/га, а таких промывок может быть от двух до четырех по завершении сбора урожая в ноябре-декабре, когда происходит снижение уровня грунтовых вод (Murray-Rust et al., 2003).



**Рис. 4.** Прогноз водного дефицита на ирригационных землях Ферганской долины в 2080-х гг. при оптимальном трансграничном поступлении воды и оптимизации практики орошения.  
**Fig. 4.** Projection of water deficit in the Fergana Valley under the 2080s climate and «optimal» scenario.

По мнению многих специалистов для существующей практики орошения характерно использование исторически завышенных (примерно в 1.5 раза) норм полива (Стулина, 2010). Избыток воды с орошаемых полей сбрасывается по дренажным каналам в Сырдарью, постепенно ухудшая качество вод ниже по течению даже в пределах одной Ферганской долины (Valentini, 2004). Большинство дренажных систем находится в неудовлетворительном состоянии, тогда как восстановление дренажной инфраструктуры представляет собой даже более сложную техническую задачу, чем реабилитацию ирригационных каналов (World Bank, 2003). Повсеместно наблюдается подъем уровня грунтовых вод (Мухамеджанов, 2007), что приводит к снижению продуктивности сельскохозяйственных культур. По оценкам, с 25% до 50% земель в Ферганской долине характеризуются уровнем залегания грунтовых вод менее 2 метров (Baknell, 2003). При таком неглубоком залегании в случае повышенной минерализации вод возникает вторичное засоление почв. Кроме того, ухудшается санитарно-гигиеническое состояние почв за счет накопления вредных химических веществ (пестицидов) в водных источниках, используемых местным населением для бытовых нужд (Baknell, 2003).

Некоторые современные тенденции развития орошаемого хозяйства в регионе делают оптимальный сценарий реализуемым. Улучшение водопользования невозможно без поиска новых механизмов для регулирования распределения воды между сотнями тысяч индивидуальных хозяйств. Таким институтом может быть развивающаяся система ассоциаций водопользователей. Ее создание призвано решить многие вопросы, включая повышение надежности предоставления воды в согласованных и своевременных количествах на основании графиков ее использования, проведения технических работ по реабилитации ирригационных и дренажных систем, обеспечения оплаты за пользование водой и др. (Anarbekov, Pinkhasov, 2007).

Внедрение цены за использование воды в орошаемом земледелии, соответствующей ее рыночной стоимости, также может послужить сильным стимулом для более рационального водопользования в Центральной Азии (Духовный, 2008). Современные цены на воду для орошения

являются слишком низкими для того, чтобы компенсировать текущие расходы на техническое поддержание ирригационной инфраструктуры (Spoor, Krutov 2003; Wegerich, 2001).

Изменение структуры посевов в пользу менее водопотребляющих культур может послужить эффективной мерой для решения проблемы нехватки воды в регионе. По оценкам экспертов для поддержания баланса экономических и экологических интересов в Ферганской долине и более широко – в бассейне Аральского моря под посевы хлопчатника должно отводиться не более 40%, а под пшеницу и кукурузу – не менее 32% орошаемых земель (Cai et al., 2006). Развитие садоводства является еще одним перспективным путем развития товарного сельского хозяйства в регионе. С 2004 г. в Узбекистане экспорт фруктов и овощей увеличился в 7 раз по объему и в 25 раз в денежном эквиваленте (до \$1.5 млрд в 2013; Yuldashbaev 2014).

### Заключение

Ферганская долина является регионом, играющим важную роль в поиске путей по решению проблемы хронического дефицита воды в орошаемом земледелии в условиях изменения климата. Климатические модели показывают значительный рост водопотребления в орошаемом земледелии к концу столетия. Тем не менее, Ферганская долина имеет большой потенциал для смягчения последствий потепления климата, особенно, в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Более того, наши модели показывают, что сокращение дефицита воды в Ферганской долине может быть достигнуто даже в условиях нестабильного трансграничного водообеспечения за счет улучшения практики орошения и изменения структуры землепользования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бакнелл Д., Клычникова И., Лампетти Д. 2003. Ирригация в Центральной Азии. Социальные, экономические и экологические аспекты. Отчет Департамента Европы и Центральной Азии, отдел экологически и социально-устойчивого развития Всемирного банка. Вашингтон: Всемирный Банк. 120 с.
- Духовный В.А., Соколов В.И. 2008. Введение – Истоки // Интегрированное управление водными ресурсами: от теории к реальной практике. Опыт Центральной Азии. Ташкент: НИЦ МКВК. С. 10-18.
- Валентини К.Л., Оролбаев Э.Э., Абылгазиева А.К. 2004. Водные проблемы Центральной Азии. Бишкек: СОЦИНФОРМБЮРО. 142 с.
- Зонн С.В. 1986. Тропическое почвоведение. М.: Изд-во УДН. 400 с.
- Лактаев Н.Т. 1978. Полив хлопчатника. М: Колос. 175 с.
- Мухамеджанов Ш.Ш. 2007. Распространение усовершенствованных технологий по повышению продуктивности воды. Ташкент: НИЦ МКВК. 70 с.
- Мухамеджанов Ш.Ш., Нерозин С.А. 2008. Использование воды – нацеленность на продуктивность воды и земли // Интегрированное управление водными ресурсами: от теории к реальной практике. Опыт Центральной Азии. Ташкент: НИЦ МКВК. С. 218-250.
- Нерозин А.Е. 1980. Сельскохозяйственные мелиорации: зона Средней Азии. Ташкент: Укитувчи. 269 с.
- Никанорова А.Д. 2014. Сравнительная оценка механизмов повышения эффективности системы управления и использования водных ресурсов Ферганской долины // Проблемы региональной экологии. № 4. С. 116-121.
- Стулина Г.В. 2010. Рекомендации по гидромодульному районированию и режиму орошения сельскохозяйственных культур. Ташкент: НИЦ МКВК. 48 с.
- Anarbekov O., Pinkhasov M., Sokolov V., Mantritolake H. 2007. Guideline for WUA Business Plan Development. Guideline is produced along "IWRM Ferghana" project jointly together with two partner institutions IWMI and SIC, ICWC. Tashkent: ICWC. 35 p.
- Cai X., McKinney D.C., Rosegrant M.W. 2006. Sustainability Analysis for Irrigation Water Management in the Aral Sea Region. Washington, DC: International Food Policy Research Institute. 36 p.
- Friend A.D. 1998. Parameterization of a global daily weather generator for terrestrial ecosystem modeling // Ecological Modelling. № 109. P. 121-140.
- Kirilenko A.P., Dronin N.M., Ashakeeva G.Zh. 2008. Projecting Water Security in the Aral Sea Basin Countries: Climate Change, Irrigation and Policy // Natural Resources: Economics, Management and Policy. Nova Science Publishers, Inc. P. 51-87.
- Micklin P.A. 2007. The Aral Sea Disaster // Annual Review Earth Planet Science. № 35. P. 47-72.
- Mitchell T.D., Carter T.R., Jones P.D., Hulme M., New M. 2004. A Comprehensive Set of High-Resolution Grids of Monthly Climate for Europe and the Globe: the Observed Record (1901-2000) and 16 Scenarios (2001-2100). Working Paper 55. Ireland, Cork: Tyndall Centre for Climate Change Research. 30 p.
- Murray-Rust H., Abdullaev I., ul Hassan M., Horinkova V. 2003. Water Productivity in the Syr-Darya River Basin. Research Report 67. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 67 p.

- Nakićenović N. J., Alcamo G., Davis B., de Vries J., Fenhann S., Gaffin K., Gregory A., Grübler T., Jung Y., Kram T., Lebre L., Rovere E., Michaelis L., Mori S., Morita T., Pepper W., Pitcher H., Price L., Riahi K., Roehrl A., Rogner H.H., Sankovski A., Schlesinger M., Shukla P., Smith S., Swart R., van Rooijen S., Victor N., Dadi Z.* 2000. Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press. 570 p.
- Ososkova T., Gorelkin N., Chub V.* 2000. Water Resources of Central Asia and Adaptation Measures for Climate Change // Environmental Monitoring and Assessment. № 61(1). P. 161-166.
- Spoor M., Krutov A.* 2003. The "Power of Water" in a Divided Central Asia // Perspectives on Global Development and Technology. № 2 (3-4). P. 593-614.
- Wegerich K.* 2001. Not a Simple Path. A Sustainable Future for Central Asia // Water Issues Study Group. Occasional paper № 28. London: University of London. P. 1-21.
- Yuldashbaev N.* 2014. Uzbekistan Fresh Deciduous and Stone Fruits. Tashkent: Global Agricultural Information Network. 11 p.

### ESTIMATION OF WATER DEFICIT UNDER CLIMATE CHANGE AND IRRIGATION CONDITIONS IN THE FERGANA VALLEY OF CENTRAL ASIA

© 2016. A.D. Nikanorova\*, E.V. Milanova\*\*, N.M. Dronin\*\*, N.O. Telnova\*\*

*\*Diplomatic Academy of Ministry for foreign affairs of Russian Federation  
Russia, 119034 Moscow, Ostojenka str., 53/2, str. 1. E-mail: aleksanika@gmail.com*

*\*\*Faculty of Geography, M.V. Lomonosov Moscow State University  
Russia, 119991 Moscow, Leninskie Gory, 1. E-mail: elena.v.milanova@gmail.com*

We evaluated the changes in irrigation water deficit in the Fergana Valley, Central Asia under different scenarios of climate change and water management. The Fergana Valley is located within the Syr Darya river basin and is shared between Uzbekistan, Kyrgyzstan and Tajikistan. We estimated the climate-related changes in irrigational water demand in the Fergana Valley in 2020s, 2050s, and 2080s. Considerably higher temperatures and a moderate change in precipitation lead to increasing potential evapotranspiration (PET), which nearly doubles irrigation water demand by the 2080s. That is driving request for a scientifically substantiated scheme of irrigation keeping in mind the quality of soils and ground water table, correction of water consumption norms for different crops, and change of crop composition in favor of the winter horticulture plantations and cereals.

*Keywords:* climate change, irrigation, agriculture, Central Asia, Fergana Valley, water demand, cotton production.