

УДК 631.671

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ДИНАМИКЕ ПОЙМЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ И ЛАНДШАФТОВ НИЗОВЬЕВ СЫРДАРЬИ В СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ¹

© 2019 г. Ж.В. Кузьмина*, С.С. Шинкаренко** ***, Д.А. Солодовников**

**Институт водных проблем РАН*

Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: jannaKV@yandex.ru

***Волгоградский государственный университет*

Россия, 400062, г. Волгоград, Университетский просп., д. 100. E-mail: solodovnikov@volsu.ru

****Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН*

Россия, 400062, г. Волгоград, Университетский просп., д. 97. E-mail: shinkarenko@volsu.ru

Поступила в редакцию 08.04.2018. После доработки 12.05.2019. Принята к публикации 13.05.2019.

Аральская катастрофа привела к почти полной утрате Аральского моря. После строительства Кокаральской плотины в 2005 году стало возможным спасение северной части Аральского моря (Малого Арала). В связи с естественными (климатическими) и антропогенными причинами в начале 21 века возрос сток реки Сырдарья и резко изменился ее гидрологический режим, сократились весенне-летние паводки и существенно увеличились зимние сбросы. Все эти изменения сильно влияют на динамику пойменных экосистем и ландшафтов. В работе была сделана попытка комплексно оценить существующие сегодня тенденции в динамике экосистем и ландшафтов в изменяющихся условиях среды. Работа выполнена на основе полевых материалов с привлечением данных дистанционного зондирования спутника Sentinel 2, а также климатических и гидрологических материалов. Анализ камеральных и полевых данных проводился по разработанной методике оценки трансформаций в экосистемах и ландшафтах от естественных и гидротехнических нарушений, разработанных Ж.В. Кузьминой и С.Е. Трешкиным. Установлено, что основными тенденциями: для второго пойменного уровня долины реки является гидроморфное солончакообразование; для междуречных понижений дельты – постепенное понижение УГВ при плавном повышении засоления почв с глубиной без сильного засоления сверху; для третьего пойменного уровня и надпойменной террасы – выход территорий из поемного режима без усиления засоления почвогрунтов; для понижений первого и второго уровней поймы – замещение многолетнего типичного травостоя в связи с его вымерзанием и вымоканием на однолетнее маловидовое сорнотравье из-за зимних сбросов.

Ключевые слова: Сырдарья, весенне-летние паводки, зимние сбросы, пойма, уровень грунтовых вод, пойменные экосистемы и ландшафты, галофитная растительность, засоление почв.

DOI: 10.24411/1993-3916-2019-10070

Аральская катастрофа широко известна во всем мире и привлекает множество исследователей. После строительства Кокаральской плотины в 2005 году стало возможным спасение северной части Аральского моря (Малого Арала). В этих условиях особую значимость имеет река Сырдарья,

¹ Работа выполнена по теме НИР ИВП РАН (Госзадание № 0147-2019-0002) «Моделирование и прогнозирование процессов восстановления качества вод и экосистем при различных сценариях изменений климата и антропогенной деятельности» (№ государственной регистрации АААА-А18-118022090104-8), а также по теме НИР ФНЦ агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН «Провести теоретическое и геоинформационное моделирование, мониторинг, прогноз процессов деградации компонентов агролесоландшафтов на основе аэрокосмических исследований в лесостепной, степной и пустынной зонах и разработать способы управления противодеградационными агролесомелиоративными технологиями предотвращения опустынивания земель, повышения их плодородия и формирования экологического каркаса» (№ государственной регистрации АААА-А16-116122010038-9).

которая питает Малый Арал. В начале 21 века возрос сток реки в силу ряда факторов: естественное увеличение водности реки, снижение водопотребления и большие сбросы из Токтогульского водохранилища для производства электроэнергии (Кипшакбаев и др., 2010). В современных условиях климатических изменений и водопользования в бассейне особенно важными становятся исследования состояния пойменных ландшафтов реки. Прогрессирующие процессы обсыхания дельты Сырдарьи были отмечены еще в середине прошлого века (Боровский, 1953). Комплексного анализа, охватывающего все компоненты периодически заливаемых естественных ландшафтов Сырдарьи в нижнем течении в условиях современных климатических изменений не проводилось в течение почти двух десятков лет, имеющиеся работы опираются на данные до 1994 года и полевые исследования 2000-2002 гг. (Novikova et al., 2000; Novikova, Kuz'mina, 2008). Низовьям Сырдарьи посвящено немало работ, но основная часть касается либо только современной дельтовой части и озерных систем (Аральское море и Приаралье, 2017; Кипшакбаев и др., 2010; Шинкаренко, Солодовников, 2018), орошаемых массивов (Веселова и др., 2017), анализу растительности (Димеева, 2011; Куанышова и др., 2017; Курочкина, 2015; Огарь, Акназарова, 2007) или почв (Мустафаев и др., 2016), либо посвящены только климатическим (Кузьмина, Трешкин, 2016; Yao, Chan, 2015) или гидрологическим изменениям (Попова, Мусенова, 2010; Сагаев и др., 2015; Самбаев, 2017; Шонбаева и др., 2015а; 2015б; Savoskul, 2003). Поэтому в настоящей работе была сделана попытка комплексно оценить существующие сегодня тенденции в динамике экосистем и ландшафтов в изменяющихся условиях среды.

Объекты и методы исследований

Исследования выполнялись на двух модельных участках (по двум ландшафтно-экологическим профилям) в Казалинском районе Кызылординской области Казахстана в сентябре 2017 г. (рис. 1) Работы заключались в инструментальном профилировании с помощью нивелира, установлении уровня грунтовых вод (УГВ) в почвенных шурфах, а также путем бурения ручным почвенным пробоотборником и с помощью георадара ОКО-2 по разработанной авторами методике (Солодовников и др., 2017). На профилях проводились описания экосистем, включающие: геоботанические описания; морфологическое описание почвенных разрезов, заложенных до УГВ, отбор образцов почв для последующего анализа (общее засоление в %, гумус, гигроскопическая влага). Гидрологические исследования выполнены с помощью эхолота.

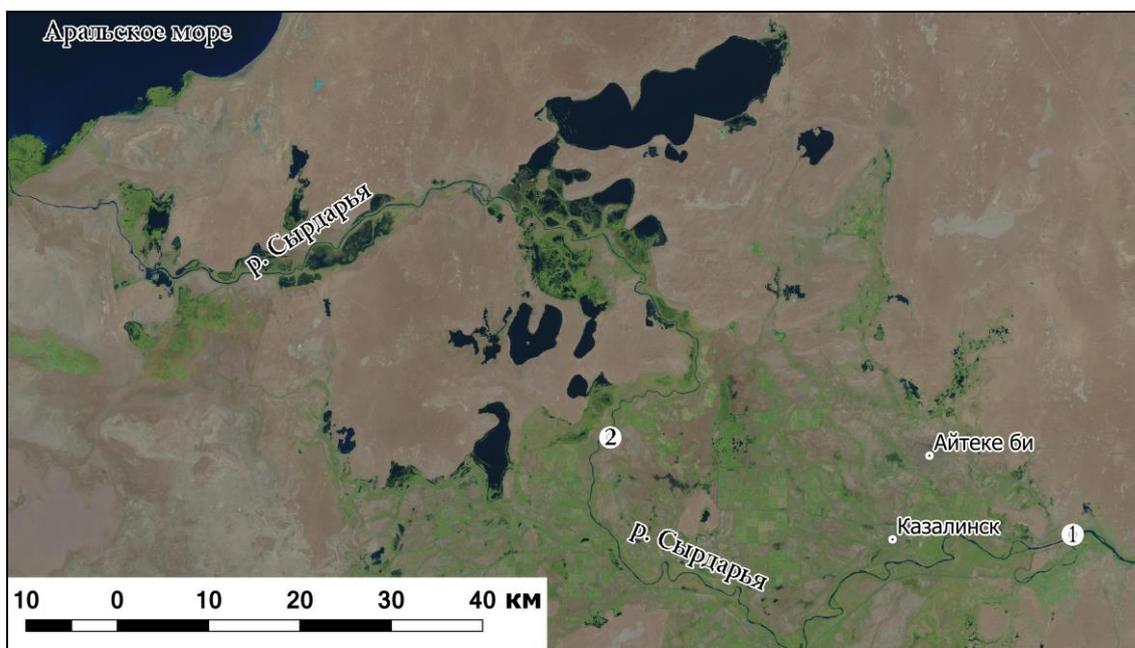


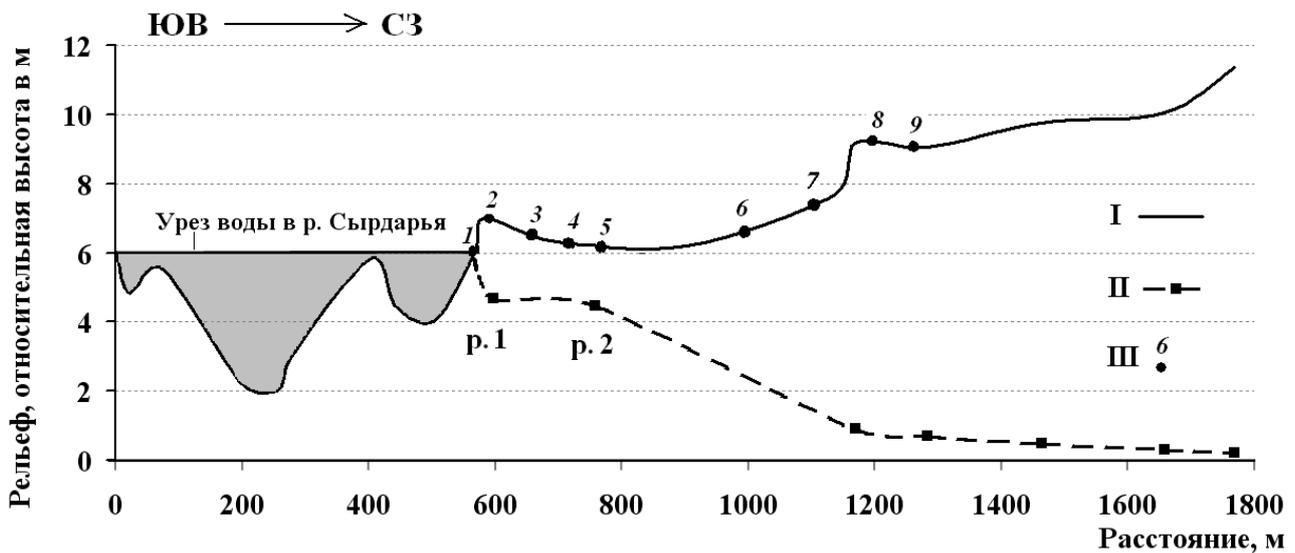
Рис. 1. Расположение модельных экологических профилей 1 и 2 (белые кружки) на цветосинтезированном космоснимке Landsat 8 OLI (комбинация каналов 4-3-2) от 15 сентября 2017 г.

В работе использованы данные дистанционного зондирования спутника Sentinel 2 разрешением 10 м для предварительного обследования территории перед полевым выездом и определения площадей заливания в пойме. На основе классификации инфракрасного канала спутниковых снимков за 4 апреля, 4 мая и 21 сентября 2017 года по ранее апробированной методике (Рулев и др., 2017) было выделено и векторизовано водное зеркало.

Данные по стоку Сырдарьи взяты из открытых источников (Аральское море и Приаралье, 2017; Духовный, 2015; Кипшакбаев и др., 2010).

Анализ полевых материалов проводился по разработанной методике оценки трансформаций в экосистемах и ландшафтах от естественных и гидротехнических нарушений (Кузьмина, 2017; Кузьмина, Трешкин, 2017, 2018).

Первый ландшафтно-экологический профиль расположен в вершине дельты Сырдарьи возле аула Басыкара на километр выше по течению от Казалинского гидроузла (ниже начинается Казалинская оросительная система) и примерно на 20 км выше пос. Казалинск (начало профиля – урез левого берега реки 45° 45' 48.2" с.ш., 62° 21' 23.4" в.д. – урез правого берега 45° 46' 1.1" с.ш., 62° 21' 13.9" в.д. – конец профиля на правом берегу 45° 46' 34.9" с.ш., 62° 20' 55" в.д.; рис. 2).



А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Б		1	2	3	4	5			6	
В		1	2	3	4	5	6	7	8	9

Рис. 2. Первый ландшафтно-экологический профиль в пойме р. Сырдарьи. Условные обозначения. На графике: I – отнивелированный рельеф, II – положение УГВ по шурфам и георадарной съемке 15.09.2017, III – местоположение и номер модельных точек с описанием растительных сообществ по таблице 1. В таблице под графиком: А – рельеф – 1 – подводный рельеф русла реки, 2 – первый пойменный уровень ежегодно заливаемый (нижняя пойма), 3 – прирусловой вал второго пойменного уровня (ВПУ) не ежегодно заливаемого – средняя пойма, 4 – междоуловное понижение ВПУ, 5 – склон с верхней поймы на среднюю пойму ВПУ, 6 – искусственный прирусловой вал (дамба) третьего пойменного уровня (ТПУ) очень редко заливаемый – верхняя пойма, 7 – искусственное понижение после дамбы ТПУ, 8 – выположенная естественная поверхность ТПУ, 9 – первая надпойменная терраса, никогда не заливаемая в современный период; Б – почвы – 1 – аллювиальная слабосформированная глинисто-суглинистая незасоленная, 2 – аллювиальная луговая суглинисто-глинистая сильно солончаковато-засоленная с поверхности (до глубины 38 см), 3 – солончак гидроморфный суглинисто-глинистый сильно глубоко-засоленный до УГВ (до 173 см), 4 – солончак типичный суглинисто-глинистый глубоко-засоленный поверхностно опесчаненный, 5 – солончак такыровидный глубокозасоленный суглинисто-глинистый, 6 – песчаная слабосформированная слабозасоленная с поверхности глубокозасоленная; В – растительность (сообщество) – 1 – злаково-

дурнишниковая (Ass. *Xanthium albinum*–*Calamagrostis pseudophragmites*), 2 – сведово-ажрековая с участием гребенщика (Ass. *Aeluropus pungens*–*Suaeda linifolia*–*Tamarix* spp.), 3 – кермеково-солеросово-ажрековая (Ass. *Aeluropus pungens*+*Salicornia perennans*–*Limonium gmelinii*), 4 – солеросово-ажреково-гребенщиковая (Ass. *Tamarix hispida*–*Aeluropus pungens*+*Salicornia perennans*), 5 – ажреково-болотницево-ситниковая (Ass. *Juncus* sp.+*Eleocharis palustris*+*Aeluropus pungens*), 6 – ситниково-ажрековая с участием сарсазана (Ass. *Aeluropus pungens*+*Juncus* sp.–*Halocnemum strobilaceum*), 7 – ажреково-вьюнково-кейреуковая (Ass. *Salsola orientalis*+*Convolvulus fruticosus*–*Aeluropus pungens*), 8 – житняково-полынно-софоровая (Ass. *Pseudosophora alopecuroides*–*Artemisia terrae-albae*+*Agropyron fragile*), 9 – разреженная вьюнково-софоровая сильно сбита (Ass. *Pseudosophora alopecuroides*–*Convolvulus fruticosus*).

Таблица 1. Видовой состав сообществ и степень гидрогенного нарушения экосистем на модельных точках экологического профиля 1.

№ геоботанического описания	1	2	3	4	5	6	7	8
Гидрогенная нарушенность экосистем (Кузьмина, Трешкин, 2017)	3	3	4	4	4	4	4	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Проективное покрытие, %	45	85	90	30	60	20	20	15
Количество видов, ед.	21	17	8	5	6	3	8	8
Средняя высота травостоя, см	30	40	45	50	20	20	25	35
Вид	Обилие по Друде с дополнениями (Кузьмина, Трешкин, 2001)							
<i>Tamarix ramosissima</i>		Un (2 ex.)						
<i>Tamarix hispida</i>	Sp (всходы)			Sp (10 ex.)				
<i>Halimodendron halodendron</i>		Sol						
<i>Lycium ruthenicum</i>		Sol						
<i>Clematis orientalis</i>		Un						
<i>Limonium gmelinii</i>	Un	Sol	Cop1	Sol gr	Un			
<i>Limonium suffruticosum</i>							Un	
<i>Ceratocarpus utriculosus</i>							Sol	Sol gr
<i>Chenopodium rubrum</i>	Sol							
<i>Halimione verrucifera</i>		Un	Sol					
<i>Halocnemum strobilaceum</i>						Sol		
<i>Horaninovia ulicina</i>								Un
<i>Petrosimonia brachiata</i>		Sp						
<i>Salicornia perennans</i>	Sol	Sp	Cop1	Sp	Un			
<i>Salsola incanescens</i>								Sol
<i>Salsola orientalis</i>							Sp gr	
<i>Suaeda crassifolia</i>					Un			
<i>Suaeda linifolia</i>		Cop1	Sol					
<i>Suaeda</i> sp.	Un							
<i>Alhagi pseudalhagi</i>							Sol	
<i>Lotus sergievskiae</i>	Un							
<i>Pseudosophora alopecuroides</i>	Sol	Sp	Sol					Sp
<i>Peganum harmala</i>							Sol	
<i>Centaureum spicatum</i>	Un							
<i>Convolvulus fruticosus</i>							Sol gr	Sol
<i>Cuscuta</i> sp.	Un							
<i>Plantago major</i>	Un							

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Artemisia terrae-albae</i>								Sol gr
<i>Cousinia affinis</i>							Sol	Sol gr
<i>Karelinia caspia</i>	Sol	Un						
<i>Pulicaria vulgaris</i>	Un							
<i>Tripolium pannonicum</i>	Un	Un	Sol					
<i>Xanthium albinum</i>	Cop1	Sol						
<i>Juncus sp.</i>	Sol			Sol gr	Cop1	Sp		
<i>Eleocharis palustris</i>	Sol				Sp gr			
<i>Aeluropus pungens</i>	Sp	Cop2	Cop2	Sp gr	Sp	Sp	Sp gr	
<i>Agropyron fragile</i>								Sol gr
<i>Calamagrostis pseudophragmites</i>	Sp gr	Sol						
<i>Crypsis turkestanica</i>	Sol							
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Sol							
<i>Phragmites australis</i>	Sol							
<i>Puccinellia sp.</i>		Un	Sol					

На первом профиле представлены все основные формы рельефа (от низкой поймы до первой надпойменной террасы). При этом, бывшая верхняя пойма, ранее иногда заливавшаяся паводковыми водами Сырдарьи, сегодня отчленена рукотворной дамбой, проходящей по бровке бывшей верхней поймы, которая создана для защиты поселка от затоплений, случающихся из-за ледяных заторов в зимний период на входе в гидроузел. Первый экологический профиль проходит по естественным и старовозрастным залежным землям, растительность которых в настоящее время аналогична ненарушенным распахкой и мелиорацией ландшафтам, но подвергается нарушениям от выпаса.

Второй ландшафтно-экологический профиль расположен в 10 км ниже по течению от моста через Сырдарью по дороге от Казалинска к поселку Бекарыстан Би (начало профиля 45° 51' 51.2" с.ш., 61° 42' 18.6" в.д. – конец профиля 45° 51' 30.3" с.ш., 61° 42' 14.8" в.д.). Русло реки здесь достаточно глубоко врезано в равнину, даже в половодье вода не преодолевает прирусловые валы, по обоим берегам расположены неиспользуемые бахчи, рисовые чеки, и неглубокие (до 0.5 м глубиной) каналы (рис. 3). На профиле представлены в основном нижние уровни поймы с обсохшим днищем меандрового понижения: нижняя и средняя пойма. Несмотря на то, что на втором профиле не представлены древесно-кустарниковые сообщества, на противоположном – левом берегу реки среди тростниково-чингилевой растительности встречаются отдельные деревья ивы и гребенщика. В пределах второго экологического профиля (на правом берегу реки) естественная древесно-кустарниковая растительность была полностью уничтожена в связи с орошением и выпасом.

Результаты и их обсуждение

Для выявления изменений в ландшафтах и экосистемах различных регионов в связи с изменением обводненности территорий нами была разработана определённая методика исследований (Кузьмина, Трешкин, 2017, 2018). В соответствии с ней первоначально выявлялись климатические и гидрологические изменения, которые могут повлиять на изменение экосистем и ландшафтов.

В ходе ранее выполненных исследований (Кузьмина, Трешкин, 2016), касающихся изменения климата, нами были установлены некоторые основные тенденции климатических изменений в регионе Приаралья и сопредельных территориях Средней Азии (для 8-ми метеостанций: Аральское море, Иргиз, Торгай, Туркестан (Казахстан), Чимбай, Тамды, Самарканд (Узбекистан), Чарджоу (Туркменистан)), а также оценена величина этих изменений как для отдельных климатических характеристик (осадков, средней, минимальной, и максимальной температуры воздуха), так и для их совокупного взаимного воздействия, поскольку изменение значения температуры воздуха на 1°C может привести к изменению испаряемости на многие десятки миллиметров (Постников, 2018).

Таким образом, для региона исследований для сумм атмосферных осадков основной тенденцией

является их значимое повышение в годовом цикле происходящее за счёт холодного полугодия и зимнего сезона, а также в некоторой степени за счёт теплого полугодия, в связи с увеличением осадков зимой и осенью (Кузьмина, Трешкин, 2016), поскольку некоторые месяцы осеннего сезона входят в теплое полугодие. В среднем за год увеличение осадков по тренду достигло в регионе 61 мм (от 38 до 94 мм), учитывая, что среднемноголетние значения здесь составляют всего 112-197 мм в год. Таким образом, относительный коэффициент изменений осадков (ОКИ² осадков) составил от 10% на юге (Туркменистан) до 38% на севере (Казахстан).

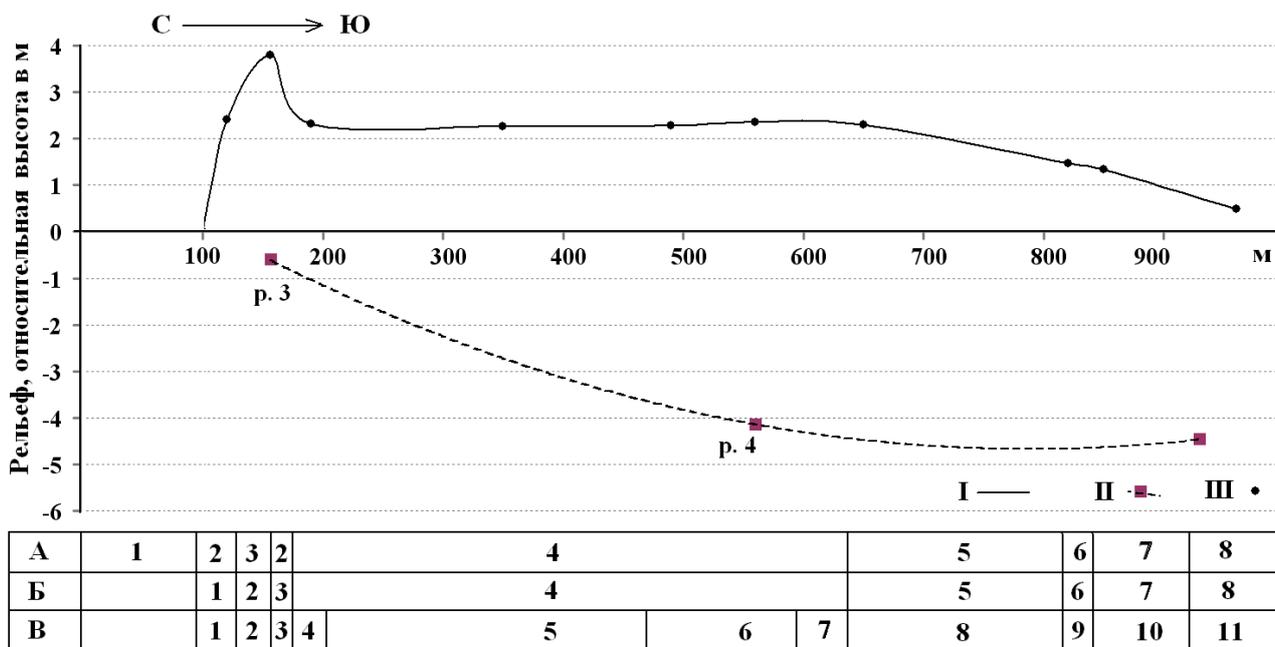


Рис. 3. Второй ландшафтно-экологический профиль в пойме р. Сырдарьи. *Условные обозначения:* На графике: I – отnivelированный рельеф, II – положение УГВ по скважинам и георадарной съемке 17.09.2017, III – местоположение модельных точек с описанием растительных сообществ. В таблице под графиком: А – рельеф – 1 – уровень реки – водная гладь – 17.09.2017, 2 – склон прируслового вала – второй пойменный уровень (ВПУ) – средняя пойма периодически заливаемая паводковыми водами, 3 – вершина прируслового вала – третий пойменный уровень (ТПУ) – верхняя пойменная терраса очень редко заливаемая паводковыми водами, 4 – выположенная поверхность ВПУ – периодически заливаемая паводковыми водами средняя пойма, 5 – пологий склон ВПУ на низкую пойму, 6 – бровка и склон первого пойменного уровня (ППУ) – низкая пойма ранее ежегодно заливаемая – урез воды высохшего озёрного меандрового понижения, 7 – пологий склон ППУ, 8 – днище обсохшего меандрового понижения ППУ; Б – почвы – 1 – аллювиальная слабосформированная суглинистая незасолённая, 2 – аллювиальная луговая супесчано-суглинистая средnezасолённая, 3 – луговой солончак сильнозасолённый с поверхности (до глубины 140 см), 4 – аллювиальная луговая слабозасолённая глинисто-суглинистая солончаково глубокозасолённая с глубины 320 см, 5 – аллювиальная луговая суглинисто-глинистая средне-глубокозасолённая, 6 – аллювиальная слоистая суглинистая незасолённая и слабозасолённая с поверхности средне- и

² ОКИ – относительный коэффициент изменений какого-либо параметра отражает отношение модуля изменения трендовых значений параметра (осадков, температуры, расходов или уровней воды, уровня грунтовых вод и др.) за многолетний период к модулю амплитуды колебания фактических (измеренных) значений этого параметра в многолетнем аспекте: $OKU = \frac{|F(g_n) - F(g_1)|}{|g_{max} - g_{min}|} 100\%$, где $F(g_1)$ и $F(g_2)$ начальные и конечные значения

линейного тренда оцениваемой характеристики (в данном случае осадков), а g_{max} и g_{min} – максимальные и минимальные фактические (измеренные) значения этого параметра (осадков) за многолетний период (Кузьмина, Трешкин, 2014).

сильноглубокозасолённая, 7 – аллювиальная отакыренная глинистая слабозасолённая с поверхности средне- и сильноглубокозасолённая, 8 – такыр глинистый глубокозасолённый на месте высохшего озера; В – растительность – 1 – дурнишниковая (Ass. *Xanthium albinum*), 2 – тростниково-чингиловая (Ass. *Halimodendron halodendron-Phragmites australis*), 3 – софорово-солодковая (Ass. *Pseudosphora alopecuroides+Glycyrrhiza glabra*), 4 – пырейно-тростниково-солодковая (Ass. *Glycyrrhiza glabra+Phragmites australis-Elytrigia repens*), 5 – тростник стелющейся формы (Ass. *Phragmites australis*), 6 – клубнекамышево-тростниковая (Ass. *Phragmites australis+Bolboschoenus maritimus*), 7 – додарциево-пырейно-тростниковая с участием есдиничного гребенщика (Ass. *Phragmites australis-Elytrigia repens+Dodartia orientalis-Tamarix ramosissima*), 8 – янтаково-кермеково-тростниковая (Ass. *Phragmites australis-Limonium gmelinii-Alhagi pseudalhagi*), 9 – дурнишниково-тростниковая (Ass. *Phragmites australis-Xanthium albinum*), 10 – янтаково-терескеновая с участием гребенщика (Ass. *Krascheninnikovia ceratoides+Alhagi pseudalhagi-Tamarix hispida*), 11 – разреженная парнолистниково-тростниковая (Ass. *Phragmites australis-Zygophyllum* sp.).

Для всех характеристик температур воздуха (средних, минимальных и максимальных) также выявлены только положительные достоверные тренды увеличения температуры, при этом среднегодовые температуры воздуха поднялись в среднем на 2°C (от 1.1°C до 2.7°C), средневесенние на 2.4°C (от 0.9°C до 3.5°C), среднеосенние на 2.1°C (от 1.1°C до 2.6°C), среднелетние на 2.2°C (от 1.8°C до 3.0°C) и среднезимние на 2.0°C (от 1.4°C до 3.6°C). Таким образом, потепление происходит как в холодный период, так и в теплый. Кроме того, произошло снижение заморозков в теплое полугодие на 3.5°C, а также ослабление самых сильных морозов в холодное полугодие на 4.1°C, что наряду с повышением средних температур воздуха может благотворно сказаться на урожайности сельскохозяйственных культур.

Однако, проведя анализ совокупного взаимодействия изменений тепла и влаги в регионе Приаралья (Кузьмина, Трешкин, 2016) на основе изменений индекса засушливости Педя и его модифицированного варианта (Кузьмина, Трешкин, 2014, 2016), мы пришли к выводу, что в настоящем и будущем в исследуемом регионе будут более теплыми и влажными зимы и холодное полугодие, в то время как в вегетационный период (весной, летом и осенью) произойдет очень сильное увеличение аридизации, особенно весной, что, в конечном итоге, скорее всего (без принятия дополнительных мер) ухудшит условия выращивания сельскохозяйственных культур.

Поскольку в регионе будет формироваться больше засух в весенний, летний и осенний сезоны, без дополнительных условий по обводнению территорий сельскохозяйственное производство не сможет функционировать.

Климатические изменения вносят свой вклад в изменения гидрологического режима рек, в том числе и Сырдарьи. Установленные тренды в изменении климата повлияют также и на естественную растительность как зональную, так и пойменную или дельтовую. Совершенно очевидно, что зональные экосистемы, растительность, почвы и в целом ландшафты при установленных климатических изменениях без дополнительных усилий по обводнению территорий, будут трансформироваться в сторону формирования более пустынных ксерофитных и экстраксерофитных или экстрагалофитных вариантов, в то время как мезофитные и ксеромезофитные подвергнутся полной необратимой редукции и опустыниванию. При этом пойменные и дельтовые экосистемы и ландшафты максимально зависят от гидрологического режима рек, поэтому их динамика может иметь несколько иные тенденции, полностью отражающие гидрологические изменения, которые, в свою очередь, возникают от совокупного воздействия изменений климата и антропогенной деятельности – зарегулирования стока рек.

Анализ многолетних изменений стока Сырдарьи показывает, что с 1988 года начался период повышенной водности реки (рис. 4), который продолжается до настоящего времени. Как видим, коэффициент корреляции (r) тренда многолетних фактических изменений стока достаточно велик (0.59-0.68) и имеет высокую значимость ($\alpha=0.001$). Начиная с 1988 года на всех горных реках Центральной Азии наблюдается многоводная фаза (Турсунов, Жиетбаева, 2004) продолжающаяся и сегодня (рис. 4). А поскольку все эти реки имеют снего-ледниковое питание, то такое повышение их водности тесно связано с общим потеплением климата и усилением таяния ледников и снежников, которое повсеместно наблюдается в Центральной Азии (Второй оценочный ..., 2014).

Кроме того, межгосударственная транзитность реки Сырдарьи, протекающей по территории трех, теперь независимых государств (Кыргызстан, Казасхстан, Узбекистан), не самым лучшим образом сказалась на регулировании ее стока. После распада СССР резко изменился режим работы Токтогульского водохранилища, расположенного в Киргизии. До 1990 годов основные сбросы (около 75% общего расхода) из водохранилища приходились на весенне-летний период, что в общем и целом соответствовало естественному режиму реки Сырдарьи. В середине 90-х годов и, особенно в начале 2000-х годов, основные попуски воды (60%) стали проводить зимой, что связано с необходимостью выработки электроэнергии для Кыргызстана (Кудеков и др., 2005). Это полностью изменило естественный гидрологический режим реки и внутригодовое распределение стока. Вместо зимней межени проходят очень значительные зимние паводки, которые осложняются ледоставом, зажорами и ледяными заторами (Турсунов, Жиенбаева, 2004).

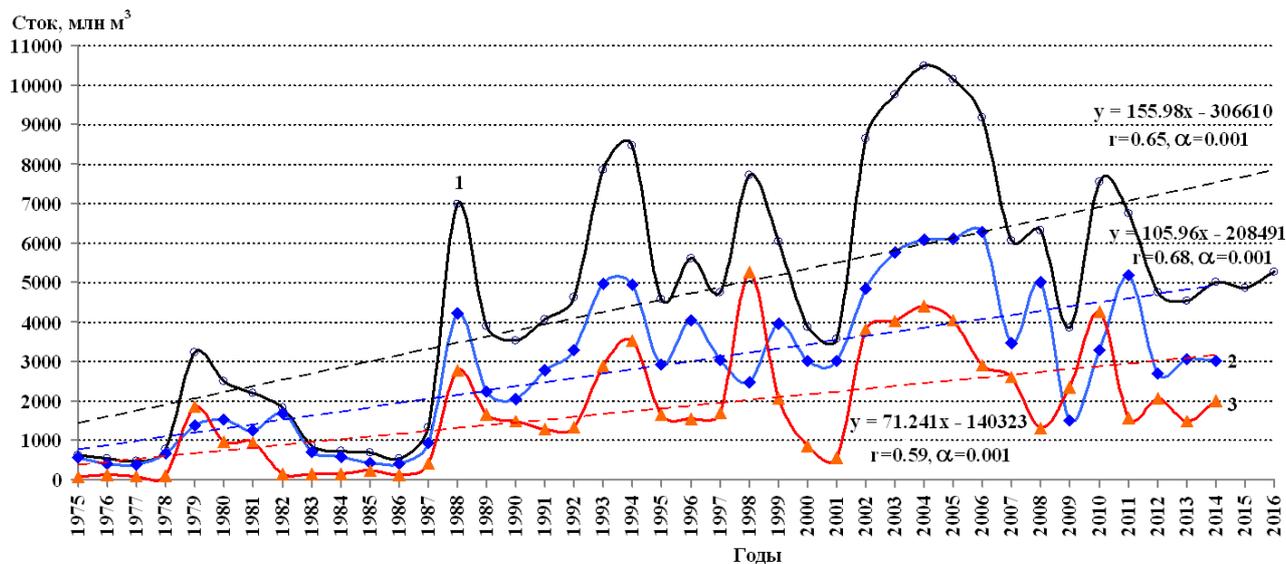


Рис. 4. Многолетнее изменение стока р. Сырдарьи по гидрологическому посту Каратерень. Условные обозначения. Кривые фактического стока с их линейными трендами, формулами и коэффициентами корреляции за: 1 – годовой период, 2 – холодное полугодие, 3 – теплое полугодие.

Это означает, что для долинных, пойменных и дельтовых экосистем и ландшафтов Сырдарьи возможен вариант изменения их основных тенденций развития, связанных с опустыниванием и засолением почв, существовавших до начала 1990-х годов (Novikova et al., 2001; Novikova, Kuz'mina, 2008).

Рассмотрим экосистемы *первого ландшафтно-экологического профиля* (рис. 2). Необходимо заметить, что первый профиль расположен в 20 км выше пос. Казалинск – перед Басыкаринским гидроузлом и отражает типичный пойменный ландшафт р. Сырдарьи в ее нижнем течении.

На первом профиле было заложено два почвенных разреза до уровня грунтовых вод (УГВ) на второй пойменной террасе и проведена георадарная съемка, которые показали, что УГВ в скважинах лежат на глубине от 6.3 до 9 м. Таким образом, можно сразу констатировать, что бывшая верхняя пойма (третий пойменный уровень) вышла из поёмного режима и теперь функционирует в автоморфном режиме, вне зависимости от влияния реки Сырдарьи. На автоморфный характер экосистем и ландшафтов указывает также и флористический состав растительных сообществ бывшей верхней поймы (рис. 2, В8, В9; табл. 1, г/б № 8). Из восьми видов растений зарегистрированных на бывшей верхней пойме только один вид условно можно отнести к мезоксерофитам, имеющим связь с пойменными ландшафтами – это псевдософора лисохвостная (*Pseudosophora alopecuroides*). Все остальные виды (табл. 1) относятся к ксерофитам и распространены в пустынных и пустынноstepных местообитаниях, т.е. в ландшафтах не связанных с пойменным режимом. Появление в сообществах *Artemisia terrae-albae* и *Convolvulus fruticosus* указывает на зональный тип трансформации бывших пойменных ландшафтов.

Почвенный разрез № 1 (р. 1) первого ландшафтно-экологического профиля располагался на

прирусловом валу центральной поймы (второй пойменный уровень или вторая пойменная терраса), имел суглинисто-глинистый гранулометрический состав горизонтов, а УГВ вскрывался на глубине 2.3 м. При этом на глубинах 95-119 и 119-140 см находились два оглеенных висячих горизонта, которые говорят о периодическом довольно длительном более высоком стоянии грунтовых вод, скорее всего в зимний период. Почва представляла собой аллювиальный луговой солончак³ засоленный с поверхности⁴: на глубине 0-4 см – до 14.44% (исключительно сильного засоления), на глубине 4-9 см – до 2.55% (очень сильного) и на глубине 9-38 см – до 1.31-1.26% (сильного). По средневзвешенному засолению вся почвенная толща до УГВ (0-230 см) имела среднюю степень засоления (0.68%), при этом в первом метре 1.31% (солончаковую – сильную степень), во втором – 0.21% (отсутствие засоления), в третьем метре – 0.28% (слабую степень). Фактически засоление, начиная с поверхностных горизонтов резко падало с глубиной, таким образом, что в первых 38 см почвы средневзвешенное засоление составляло 2.8%, а уже в последующих 62 см первой метровой толщи – только 0.31%, далее снижаясь с глубиной. Рассматриваемая почва располагалась под сведово-ажрековым лугом с участием гребенщика (табл. 1, г/б описание № 2) с высоким проективным покрытием (85%). Наличие в сообществе таких кустарников, как дреза русская (*Lucium ruthenicum*, sol), чингил (*Halimodendron halodendron*, sol), ломонос восточный (*Clematis orientalis*, Un), а также многолетников – акбаша (*Karelinia caspia*, Un), вейника (*Calamagrostis pseudophragmites*, sol) и однолетнего дурнишника (*Xanthium albinum*, sol) указывает на возможное рассоление верхних горизонтов почвы еще совсем недавно, поскольку эти виды растений слабо переносят засоление почв и распространены на незасоленных или отакыренных почвах с промытыми от солей поверхностными горизонтами. В тоже время отсутствие в данном сообществе всходов гребенщика (высотой 50 см), отмеченных на низкой пойме (табл. 1, г/, №1), свидетельствует о том, что в 2017 г. на участке почвенного разреза 1, т.е. на втором пойменном уровне отсутствовало весеннее заливание, которое было достаточной длительности на низкой пойме, поскольку экология гребенщика позволяет его семенам прорасти только после достаточного вымокания в теплые летне-весенние затопления и на достаточно слабозасоленном субстрате. Кроме того, в сообществе (над первым разрезом) из 16 видов растений 8 (50%) составляют растения солончаково-солонцового комплекса (*Halimione verrucifera* (Un), *Petrosimonia brachiata* (sp), *Salicornia perennans* (sp), *Suaeda linifolia* (cop1), *Limonium gmelinii* (sol), *Pseudosophora alopecuroides* (sp), *Tripolium pannonicum* (Un), *Aeluropus pungens* (cop2)), которые преимущественно имеют большее обилие, по сравнению с растениями незасоленных местообитаний. Это указывает на прогрессирующий процесс засоления этой территории. Таким образом, несмотря на возможные достаточные периодические заливания от паводков, особенно, характерные в прошлые годы, на что указывает практически незасоленная почвогрунтовая толща 2-го и 3-го метров, в настоящее время частоты и объема паводков не хватает, чтобы полностью прекратить процесс активного поверхностного засоления почв, при том, что процесс засоления постоянен, поскольку грунтовые воды в последние годы в течение годового цикла никогда не опускались на глубину ниже 4.0 м. При засолении почв на глубину более полуметра от поверхности начнется отмирание возобновления как кустарников, так и многолетних трав солончаково-солонцового комплекса.

Второй почвенный разрез (р. 2) первого ландшафтно-экологического профиля был заложен в понижении центральной поймы (второго пойменного уровня), он представлял собой гидроморфный типичный глинистый солончак исключительно сильно- и сильнозасоленный с поверхности – до 5.3% (по сухому остатку) на глубине 0-2 см и до 1.6% – на глубине 2-5 см (соответственно), имел средневзвешенное засоление по всему профилю 1.1% (1.14 % в первом метре и 0.97% во втором). УГВ в этом разрезе вскрывались на глубине 173 см. При этом с глубины 120 см уже отмечался постоянный зеленовато-голубовато-сизый грунтовый глеевый горизонт, который указывает на то, что УГВ в этом разрезе преимущественно имеет более высокое положение, нежели отмеченное в 2017 г. Кроме того, необходимо указать, что в отдельных генетических горизонтах на глубинах: 5-36 см, 50-61 см, 91-131 см наблюдалось частичное рассоление почвы с солончаковой сильной до средней степени засоления (0.51-0.97%), что, однако, не было сопряжено с изменением гранулометрического

³ Солончаковая степень засоления почв принимается при величине сухого остатка от 1% и выше (прим. авт.).

⁴ Определение засоления выполнено в лаборатории анализа почв ФНЦ агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН и приводится по сухому остатку.

состава горизонтов, а, скорее всего, связано с частичным промыванием почв в результате периодических разных по длительности и величине зимних антропогенных затоплений в последние годы. При этом с глубиной (131-150 см), засоление все же возрастало до солончаковой степени (1.3%). Описываемая почва развивалась под луговым травяным ажреково-болотничево-ситниковым сообществом (рис. 2, В5; табл. 1, г/б описание № 5), рядом с которым, дальше от русла реки, располагалось ситниково-ажрековое с участием сарсазана сообщество, характерное для типичного сильнозасоленного солончака. Наличие в сообществе болотницы и ситника указывает на некоторые периоды небольшого рассоления поверхностных горизонтов почв, поскольку эти виды не характерны для типичных солончаков. При этом очевидно, что для данного участка УГВ в настоящее время не понижаются ниже 3 м и процесс поверхностного засоления активен постоянно.

Таким образом, рассмотрев почвенные разрезы и экосистемы второго ландшафтно-экологического профиля можно констатировать, что для экосистем второго пойменного уровня в настоящее время наблюдается активный процесс засоления почв и образование на месте второго пойменного уровня галофитных гидроморфных ландшафтов, в то время как экосистемы низкой поймы находятся в более-менее удовлетворительном состоянии. Экосистемы и ландшафты третьей пойменной террасы (ранее иногда заливаемой) и первой надпойменной террасы сегодня развиваются в зональном режиме и полностью вышли из-под влияния поёмного процесса.

Анализ оценки экосистем по степени нарушений (Кузьмина, Трешкин, 2017) показал, что большая часть экосистем первого профиля находятся в сильной (4-ой – предпоследней) степени нарушений (табл. 1) и только самые близкорасположенные к урезу воды экосистемы находятся в средней (3-ей) степени от гидрогенных нарушений, т.е. от нарушений в результате изменения обводненности территории при зарегулировании стока рек и климатических изменениях. Таким образом, восстановление экосистем и пойменных ландшафтов первого профиля уже требует мероприятий по изменению гидрологического режима реки.

Второй ландшафтно-экологический профиль расположен в характерных дельтовых условиях и отражает типичный ландшафт дельты реки Сырдарья (рис. 3). На втором профиле были пробурены две скважины до УГВ – на вершине прируслового вала – на уровне верхней поймы (рис. 3, р. 3) УГВ=4.4 м и в междурусловом понижении на втором пойменном уровне (рис. 3, р. 4) УГВ=6.5 м, а также проведена георадарная съемка. Сразу необходимо отметить, что такое глубокое залегание УГВ для третьего и второго пойменных уровней не характерно и может говорить только о том, что этот профиль не ежегодно заливается паводковыми водами.

Почвенно-грунтовая толща разреза (скважины) № 3 (рис. 3, Б3) на третьем пойменном уровне представляла собой аллювиальный луговой суглинисто-глинистый солончак очень сильно засоленный с поверхности (на глубине 0-80 см – 3.3% ср. взвеш.) и сильнозасоленный до глубины 140 см (на 80-140 см – 1.8% ср. взвеш.). При этом засоление со 140 см до 200 см падало до средней степени (0.74% ср. взвеш.), а в третьем и четвертом метрах достигало только слабой степени засоления (по 0.32% ср. взвеш.). Тростниково-чингиловая (высота 90-120 см, проективное покрытие 70-90%) и софорово-солодковая (высота 60-75 см, пп. 65%) растительность, встречаемая на прирусловом валу верхней поймы, в целом характерна для третьего пойменного уровня (рис. 3, В2, В3). Однако, следует отметить, что процесс поверхностного засоления прируслового вала проник достаточно глубоко от дневной поверхности и если он продолжится без промывания достаточным количеством паводковых вод, то растительность быстро деградирует до оголенного солончака.

Разрез (скважина) № 4 на втором пойменном уровне представлял собой аллювиальную луговую слоистую суглинисто-глинистую почву рассолённую с поверхности и солончаковозасоленную с глубиной (на глубине 320-640 см). Засоление плавно увеличивалось сверху вниз: в первом метре (0-100 см) – 0.36% (ср. взвеш.), во втором метре – 0.48%, в третьем – 0.74%, в четвертом – 0.97%, в пятом и шестом метрах толщи – по 1.16%. Наличие на этом участке клубнекамышево-тростниковой растительности (рис. 3, В6) указывает на достаточно частое заливание этого уровня поймы, что показывает нам и полностью рассолённые до трехметровой толщи почвогрунты. Тростниковая, пырейно-тростниковая, янтаково-тростниковая растительность второго уровня поймы расположенная вблизи участка бурения (рис. 3, В5, В6, В7, В8) также указывает на периодическое (хотя и не постоянное, т.к. встречается стелющаяся форма тростника) заливание второго пойменного уровня второго ландшафтно-экологического профиля. Состояние экосистем второго профиля осложняется

очень глубоким залеганием УГВ, что может указывать на недостаточность поверхностного заливания в многолетнем аспекте.

Экосистемы, находящиеся на втором ландшафтно-экологическом профиле имеют в основном 3-ю степень гидрогенных нарушений и лишь отдельные экосистемы в понижениях второго пойменного уровня (дурнишниково-тростниковые и дурнишниковые, рис. 3, В9, В1) имеют 4-ю предпоследнюю степень гидрогенных нарушений, при которой восстановление экосистем требует изменения гидрологического режима реки.

Для экосистем нижней Сырдарьи в связи с увеличением зимних сбросов и образования обледенений и зажоров на первом и втором уровнях поймы возникает чрезвычайно опасная ситуация вымерзания лугового многолетнего травостоя в зимний период. После чего происходит зарастание образовавшихся территорий видами трав, имеющими плоды, способные противостоять промерзанию и вымоканию зимой, т.е. семян с плотной оболочкой. К сожалению, таких видов совсем немного, все они относятся к сорнотравью и, практически, не поедаются животными. Наибольшую активность на таких вымерзших участках в долине Сырдарьи проявляет дурнишник (*Xanthium albinum*; рис. 5) и куриное просо (*Echinochloa crus-galli*). Абсолютно сходная ситуация сложилась к настоящему времени в низовьях Волги в связи с увеличением зимних сбросов и вымерзанием лугового разнотравья (Кузьмина и др., 2015, 2018).



Рис. 5. Монодоминантная дурнишниковая экосистема, возникшая после длительных зимних сбросов, застаивания и замерзания воды, вследствие чего происходит вымерзание корневищ многолетних луговых трав типичных экосистем и образование однолетних сорнотравных ценозов на втором пойменном уровне р. Сырдарьи.

Таким образом, рассмотрев долинные экосистемы р. Сырдарьи по двум экологическим профилям можно выделить основные тенденции, характерные для пойменных экосистем и ландшафтов в современное время быстрых климатических и гидрологических изменений. В первую очередь стоит выделить основную тенденцию, характерную для большей части экосистем и ландшафтов второго пойменного уровня долины реки – гидроморфного солончакообразования, т.е. засоления пойменных территорий в условиях близкорасположенных грунтовых вод (<3 м). Такая тенденция стала возможна в новых условиях при увеличении общего объема стока и, особенно, в зимний период. Стоит отметить, что для предыдущего исторического периода (до 1990-х годов), который характеризовался общим маловодьем, летними паводками и зимней меженью, для второго уровня поймы наиболее типичной была тенденция резкого падения грунтовых вод (>3 м), отақыривания с возможным засолением только глубоких горизонтов почвогрунтов (Novikova et. al., 2001; Novikova, Kuz'mina, 2008).

Основной тенденцией в динамике экосистем в дельте Сырдарьи для междуречных понижений (соответствующих второму пойменному уровню) сегодня является постепенное понижение УГВ при плавном увеличении засоления почвогрунтов с глубиной без одновременного сильного засоления верхних почвенных горизонтов. Эта тенденция связана с ежегодным сокращением времени и объема

весенне-летних затоплений и увеличением объема и времени зимних заливаний.

Следующей основной и наиболее распространенной тенденцией в нижнем течении Сырдарьи в настоящее время следует отметить полное обсыхание и поверхностное рассоление верхних пойменных и надпойменных террас. Ранее эти территории иногда заливались паводковыми водами, однако сейчас, в результате естественных (изменение гидрологического режима) и антропогенных (повсеместное возведение дамб, отграничивающих верхнюю пойму, которая в маловодный период была освоена человеком) причин третий пойменный уровень полностью вышел из-под влияния реки, а его ландшафты, как и территории надпойменных террас, стали развиваться по зональному типу, формируя пустынные экосистемы. Сравнивая ситуацию в прошлом и настоящем стоит указать, что подобная тенденция изменений в экосистемах и ландшафтах в связи с изъятием стока реки Сырдарьи на сельскохозяйственные нужды, существовала и ранее. Однако сейчас эта тенденция окрепла и распространилась окончательно в связи с тем, что весенне-летние паводки стали по объему в два раза меньше зимних, в то время как зимние сбросы существенно увеличились (рис. 4). А поскольку, в экосистемах, растительность играет эдификаторную роль, то существенное сокращение паводков в вегетационный период ведет к усилению и распространению опустынивания.

Одной из локальных тенденций в современной динамике экосистем низовьев Сырдарьи, пока не имеющих повсеместного распространения, и характерной только для понижений первого и второго пойменных уровней, является замещение типичных лугов, занятых многолетними травами, на нетипичные сорнотравные маловидовые или монодоминантные луга из однолетних трав. Такая тенденция возникла впервые и связана с увеличением зимних паводков антропогенного характера, которые по своему объему превышают летние. Зимние сбросы абсолютно нехарактерны для естественного гидрологического режима реки, приводят к ледяным заторам, промерзанию воды в понижениях на длительный период, а также вымерзанию и вымоканию многолетних пойменных травяных лугов. Несмотря на то, что пока эта тенденция имеет локальное распространение, увеличение объема зимних сбросов в дальнейшем может привести к распространению этой тенденции на все территории низкой и средней поймы.

Оценивая динамические изменения в экосистемах и ландшафтах долины р. Сырдарьи следует констатировать, что самый безопасный для них гидрологический режим реки – это наиболее приближенный к естественному, т.е. существовавшему до 1965 года.

Выводы

1. В бассейне реки Сырдарьи происходят существенные климатические изменения естественного характера, которые приводят к увеличению аридизации климата и увеличению испарения с дневной поверхности, особенно в весенне-летне-осенний период.

2. В настоящее время в бассейне р. Сырдарья наблюдается увеличение ее расходов, что связано с естественными климатическими изменениями, и, прежде всего, с таянием ледников в результате потепления климата. Кроме того, общее изменение стока реки Сырдарьи сопровождается внутригодовым его перераспределением. Ранее отмечавшаяся естественная зимняя межень на реке, сегодня полностью заменена повышенными рукотворными сбросами в зимний период, что связано с необходимостью дополнительной выработки электроэнергии разными странами после распада СССР при полном зарегулировании стока в период до 1985 года (т.е. в период существования единого государства). Таким образом, в настоящий период река Сырдарья имеет изменения в режиме речного стока по сравнению с периодом до 1990 годов, связанные с естественными и антропогенными причинами. Изменения гидрологического режима реки Сырдарья, существенно влияют на динамику пойменных и дельтовых экосистем и ландшафтов в бассейне реки и, особенно, в ее низовьях.

3. Для типичной долины реки в низовьях Сырдарьи (внедельтовых территорий) основной тенденцией на втором пойменном уровне является гидроморфное солончакообразование, ранее не характерное для этих территорий, а распространенное только на орошаемых землях.

4. Основной тенденцией динамики экосистем дельты Сырдарьи является постепенное понижение УГВ при плавном повышении засоления почв с глубиной без сильного засоления верхних почвенных горизонтов. Эта тенденция характерна для наиболее распространенных по площади участков междуречных понижений, соответствующих второму пойменному уровню.

5. Для третьего уровня поймы и первой надпойменной террасы основной повсеместно

распространенной тенденцией в динамике экосистем и ландшафтов, существенно распространившейся в настоящее время, является выход территорий из поёмного режима без усиления засоления почвогрунтов.

6. Новой локальной тенденцией в динамике экосистем, способной распространиться со временем, является замещение многолетнего типичного травостоя в связи с вымерзанием и вымоканием корневищ на однолетнее маловидовое или монодоминантное сорнотравье в понижениях первых и вторых уровней пойм в результате воздействия зимних сбросов в низовьях Сырдарьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аральское море и Приаралье. 2017. / Ред. В.А. Духовный. Ташкент : Vaktria press, 120 с.
- Боровский В.М. 1953. Ландшафты дельты Сырдарьи // Вопросы географии. № 33. С. 222-248.
- Веселова П.В., Кудабоева Г.М., Муратова Н.Р., Дегтярева О.В. 2017. Видовой состав залежей рисовых чеков Кызылординской области (Южный Казахстан) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. Сборник научных статей по материалам XVI международной научно-практической конференции. Барнаул, 5-8 июня 2017 г. С. 5-8.
- Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Техническое резюме. М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). 2014. 93 с.
- Димеева Л.А. 2011. Отражение экосистемного разнообразия на картах среднего масштаба // Поволжский экологический журнал. № 3. С. 294-303.
- Духовный В.А. 2015. Аральское море и Приаралье. Обобщение работ НИЦ МКВК по мониторингу состояния и анализу ситуации. Ташкент: Научно-информационный центр МКВК. 107 с.
- Китшакабаев Н., Шуттер Ю., Духовный В.А., Мальковский И.М., Огарь Н.П., Хайбуллин А.С., Япрынцева В.В., Тучин А.И., Яхиева К.К. 2010. Восстановление экологической системы в дельте Сырдарьи и северной части Аральского моря. Алматы: «ЭВЕРО». 220 с.
- Куанышова С.Е., Сулейманова М.Т., Тажиева А.Д., Есенбекова А.Ш. 2017. Биоразнообразие флоры поймы и дельты реки Сырдарьи // Наука и мир. Т. 2. № 4. С. 10-14.
- Кудеков Т.К., Никифорова Л.Н., Ли В.И., Попова В.П. 2005. Анализ гидрологической ситуации, сложившейся в бассейне реки Сырдарьи и предложения по её нормализации // Гидрометеорология и экология. № 2. С. 89-100.
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2018. Оценка степени трансформации наземных экосистем и ландшафтов при зарегулировании речного стока и климатических изменениях. Глава V/29 // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири (в пяти томах). Т. 5 «Планирование, управление и реабилитация ландшафтов» // Ред. В.Г. Сычёв, Л. Мюллер. М.: изд-во ФГБНУ «ВНИИ агрохимии». С. 136-141.
- Кузьмина Ж.В. 2017. Динамические изменения экосистем и вопросы их оценки // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. № 1. С. 10-25. [Электронный ресурс <http://www.ecosystemsdynamic.ru> (дата обращения 12.03.2019)].
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2001. Современное состояние флоры и растительности заповедника «Бадайтугай» в связи с изменением гидрологического режима // Ботанический журнал. Т. 86. № 1. С.73-84.
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2014. Климатические изменения в бассейне Нижней Волги и их влияние на состояние экосистем // Аридные экосистемы. 2014. Т. 20. № 4 (61). С. 14-32. [Kuzmina J.V., Treshkin S.E. 2014. Climate Changes in the Basin of the Lower Volga and Their Influence on the Ecosystem // Arid Ecosystems. Vol. 4. No. 3. P. 142-157.]
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2017. Методика оценки нарушений в наземных экосистемах и ландшафтах в результате климатических и гидрологических изменений // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. № 3. С. 146-188 [Электронный ресурс <http://www.ecosystemsdynamic.ru/stati/> (дата обращения 12.03.2019)].
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2016. Климатические изменения в Приаралье и Средней Азии // Аридные экосистемы. Том 22. № 4 (69). С. 5-20. [Kuzmina Zh.V., Treshkin S.E. 2016. Climate Changes in the Aral Sea Region and Central Asia // Arid Ecosystems. Vol. 6. No. 4. P. 227-240.]
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2012. Тугай и возможности их восстановления в современный период // Аридные экосистемы. № 3 (52). С. 44-59. [Kuz'mina Zh.V., Treshkin S.E. 2012. Riparian Forests and the Possibility of Their Modern Restoration // Arid Ecosystems. Vol. 2. No. 3. P. 165-176.]
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е., Каримова Т.Ю. 2015. Динамические изменения наземных экосистем поймы и дельты Нижней Волги под влиянием зарегулирования речного стока и климатических флуктуаций // Аридные экосистемы. Т. 21. № 4 (65). С. 39-53. [Kuzmina Zh.V., Treshkin S.E., Karimova T.Yu. 2015.

- Effects of River Flow Regulation and Climate Fluctuations on Dynamic Changes in the Terrestrial Ecosystems of the Lower Volga Delta and Floodplain // *Arid Ecosystems*. Vol. 5. No. 4. P. 230-242.]
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е., Шинкаренко С.С. 2018. Влияние зарегулирования речного стока и изменений климата на динамику наземных экосистем нижней волги // *Аридные экосистемы*. № 4 (77). С. 5-20. [Kuzmina Zh.V., Treshkin S.E., Shinkarenko S.S. 2018. Effects of River Control and Climate Changes on the Dynamics of the Terrestrial Ecosystems of the Lower Volga Region // *Arid Ecosystems*. Vol. 8. No. 4. P. 231-244.]
- Курочкина Л.Я. 2015. Мониторинг и картографирование деградации растительных формаций в экосистемах аридного Приаралья // *Аридные экосистемы*. Т. 21. № 4. С. 5-21. [Kurochkina L.Ya. 2015. Monitoring and Mapping of Degradation of Vegetation Formations in the Ecosystems of arid Aral Sea Region // *Arid Ecosystems*. Vol. 5. No. 4. P. 201-215.]
- Огарь Н.П., Акназарова А.А. 2007. Флора деревьев и кустарников казахстанского Приаралья // *Известия НАН РК. Серия биологическая*. № 4. С. 62-67.
- Попова В.П., Мусенова А.В. 2010. Определение потерь стока по длине реки Сырдарья в пределах республики Казахстан // *Гидрометеорология и экология*. № 1. С. 100-108.
- Постников А.Н. 2018. Об изменении испарения с суши и водной поверхности на территории России за последние десятилетия // *Учёные записки РГГМУ*. № 50. С. 88-96.
- Рулев А.С., Шинкаренко С.С., Кошелева О.Ю. 2017 Оценка влияния гидрологического режима Волги на динамику затопления острова Сарпинский // *Учёные записки Казанского университета. Серия: Естественные науки*. Т. 159. Кн. 1. С. 139-152.
- Сагаев А.А., Алибекова А.О., Менлихожаев Б. 2015. Водные ресурсы на территории Кызылординской области // *Молодой ученый*. № 7 (1). С. 59-61.
- Самбаев Н.С. 2017. Современное гидроэкологическое состояние нижнего течения реки Сырдарья и использование ее ресурсов стока // *Астраханский вестник экологического образования* № 2 (40). С. 50-55.
- Солодовников Д.А., Хаванская Н.М., Вишняков Н.В., Иванцова Е.А. 2017. Методические основы геофизического мониторинга грунтовых вод речных пойм // *Юг России: экология, развитие*. № 12 (3). С. 106-114.
- Турсунов А.А., Жиенбаева Р.К. 2004. Зимние паводки на реке Сырдарья и проблема защиты города Кызылорда // *Гидрометеорология и экология*. № 1. С. 42-51.
- Шинкаренко С.С., Солодовников Д.А. 2018. Формирование новой дельты Сырдарьи // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. Т. 15. № 2. С. 193-196.
- Шонбаева Г.А., Шаянбекова Б.Р., Балмаханов А.А., Наурызбаев Р. 2015а. Анализ процессов размыва и заиления русла низовья реки Сырдарья // *Наука и Мир*. № 3. С. 97-99.
- Шонбаева Г.А., Шаянбекова Б.Р., Балмаханов А.А., Наурызбаев Р. 2015б. Причины изменения гидрологического режима низовья реки. Сырдарья и их последствия // *Наука и Мир*. № 3. С. 100-101.
- Novikova N.M., Kuz'mina J.V., Dikareva T.V., Trofimova T.U. 2001. Preservation of the tugai biocomplex diversity within the Amu-Darya and Syr-Darya river deltas in aridization conditions // *Ecological research and monitoring of the Aral Sea deltas*. Book 2. UNESCO 2001. Pronting Sagraphic, Barcelona, Spain. P. 155-188.
- Novikova N.M., Kuz'mina Zh.V. 2008. Monitoring of the vegetation in conditions of the Aral Sea ecological crisis. Moscow. 218 p.
- Savoskul O.S. 2003. Water, climate, food, and environment in the Syr Darya Basin // *Adaptation strategies to changing environments* [Электронный ресурс <http://www.weap21.org/downloads/adaptsyrdarya.pdf> (дата обращения 15.04.2019)].
- Yao J., Chan Y. 2015. Trend Analysis of temperature and precipitation in the Syr Darya Basin in Central Asia // *Theoretical and Applied Climatology*. Vol. 120. No. 3-4. P. 521-531.