

УДК 631.671

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЗАРЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЧНОГО СТОКА, КЛИМАТИЧЕСКИХ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА СОСТОЯНИЕ ПОЙМЕННЫХ И ДЕЛЬТОВЫХ ЭКОСИСТЕМ НИЖНЕГО ДОНА

© 2022 г. Ж.В. Кузьмина*, С.С. Шинкаренко**, Д.А. Солодовников****, М.Л. Марков *****

*Институт водных проблем РАН

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

**Институт космических исследований РАН

Россия, 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 84/32; E-mail: shinkarenkos@vfanc.ru

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

Россия, 400062, г. Волгоград, Университетский просп., д. 97

****Волгоградский государственный университет

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

*****Государственный гидрологический институт

Россия, 199004, г. Санкт-Петербург, 2-ая линия В.О., д. 23. E-mail: m.markov@hydrology.ru

Поступила в редакцию 08.03.2022. После доработки 12.05.2022. Принята к публикации 01.07.2022.

В настоящее время наземные пойменные экосистемы Нижнего Дона остаются малоизученными, несмотря на то что практически все нижнее течение Дона зарегулировано водохранилищами и низконапорными гидроузлами, которые существенно изменяют экосистемы и ландшафты. Исследования выполнялись по разработанной собственной методике. Полевые исследования проводились на 5-и модельных экологических профилях с подробным изучением растительности и положения поверхностных грунтовых вод по модельным точкам. Камеральные исследования включали анализ статистических гидрологических материалов и спутниковых изображений Landsat 2, 3, 5 и Sentinel-2, а также выявления состояния экосистем и ландшафтов по двухэтапной методике оценки нарушений в наземных экосистемах и ландшафтах при изменении обводненности территорий. Было установлено, что основным фактором, влияющим на изменение биотических компонентов экосистем в Низовьях Дона, является сокращение амплитуды колебания расходов (и уровней) воды в годовом цикле в результате зарегулирования стока и климатических изменений. Сокращение частоты заливаемости пойменных и дельтовых территорий почти в 4 раза наряду со снижением расходов весеннего половодья в 3.5 раза и повышением меженных расходов (как зимних, так и летне-осенних) в 2.2-2.3 раза привело не только к подъему уровня воды в русле Дона более чем на 2.5 м, но и к подъему и стабилизации УГВ в пойме и дельте Нижнего Дона, что привело к смене сообществ верхней и средней поймы на нетипичные из видов- вселенцев. На верхней пойме естественные леса из дуба и вяза почти полностью заместились на леса из ясеня пенсильванского (*Ffaxinus pennsylvanica*) и клена американского (*Acer negundo*). Типичные ивняки (*Salix alba*) средней поймы замещаются на кустарниковые аморфовые (*Amorpha fruticosa*) в прирусловой пойме и лоховые (*Elaeagnus angustifolia*) – в центральных частях поймы. Разнотравные луга средней поймы замещаются на почти монодоминантные вейниковые (*Calamagrostis epigeios*) с участием колючего сорнотравья из видов бодяка (*Cirsium*) и дурнишника (*Xanthium*). Вновь образованные нетипичные пойменные сообщества лучше выдерживают круглогодично стабильно повышенный УГВ. Оценка нарушения обводненности экосистем и ландшафтов по пятибалльной шкале собственной методики показала, что наименее нарушенными (2 балла из 5-и возможных) являются территории, наиболее удаленные от гидротехнических сооружений – в современной и старой дельте Дона. Остальные профили (3-5), находящиеся в зоне влияния гидротехнических сооружений, имеют средний уровень нарушенности (3 балла), который пока не требует изменения гидрологического режима реки, а только лишь локальные гидро- и лесотехнические мероприятия по осушению территорий.

Ключевые слова: Нижний Дон, изменение расходов воды, меженный период, половодье, подтопление, пойма, уровень грунтовых вод, пойменные экосистемы и ландшафты, оценка нарушенности экосистем.

DOI: 10.24412/1993-3916-2022-4-22-36

EDN: QDMSBH

Климатические изменения последних десятилетий приводят к гидрологическим изменениям в бассейнах рек. Ситуация усугубляется зарегулированием стока каскадами плотин гидроэлектростанций и водохранилищ. При этом при разработке режимов попусков в первую очередь учитываются интересы энергетического комплекса, водного транспорта, сельского хозяйства и водоснабжения, а не экологические требования. В результате гидрологических изменений снижается длительность и высота половодий, ухудшается обводнение пойменных земель, сокращается амплитуда колебания грунтовых вод, что ведет к деградации экосистем (Кузьмина, 2017; Кузьмина, Трешкин, 2017а).

Так на Нижней Волге за последние 30 лет было потеряно до 30% площади западных подступных ильменей из-за уменьшения длительности и уровней половодья, а также понижения уровня Каспия, наблюдающегося в последнее десятилетие (Шинкаренко и др., 2021а). Рост аридизации климата в летний период и сокращение расходов половодья привели к обсыханию верхней и средней поймы, соленакоплению в верхних почвенных горизонтах в Волго-Ахтубинской пойме (Кузьмина и др., 2015; Kuzmina et al., 2018). В низовьях Сырдарьи гидрологические и климатические изменения приводят к ранее не характерному здесь гидроморфному солончакообразованию на низких и средних уровнях поймы и постепенному понижению уровня грунтовых вод (Kuzmina et al., 2019) на верхней пойме и надпойменных террасах. В поймах притоков Дона в его среднем течении отмечена тенденция понижения УГВ на третьем высотном уровне поймы вплоть до выхода его из поёмного режима (Solodovnikov, Shinkarenko, 2020). Засухи могут приводить к катастрофической ситуации с наполнением водохранилищ, как это было в 2020 г., когда уровень в Цимлянском водохранилище был всего на метр выше уровня полной сработки (УМО), отметка уровня Краснодарского водохранилища достигла УМО, а в Крыму водохранилища естественного стока были наполнены не более чем на 40% проектной емкости (Шинкаренко и др., 2021б).

Несмотря на хорошую изученность гидрологических и климатических процессов в бассейне Дона (Киреева, Фролова, 2013; Varabanov et al., 2018; Bolgov et al., 2020; Dzhamalov et al., 2010, 2013; Georgiadi et al., 2020; Научно-прикладной ..., 2020) анализу состояния пойменных ландшафтов посвящено мало исследований. Работы, затрагивающие состояние пойменных ландшафтов Нижнего Дона, практически отсутствуют, несмотря на огромную ценность этой территории для воспроизводства проходных и полупроходных рыб Азово-Донского бассейна (Белоусов, 2016; Дубинина, 2019; Жукова, 2020). Строительство Багаевского гидроузла приведет к дооптимальным гидрологическим изменениям в пойме Нижнего Дона (Дубинина, Жукова, 2016; Живоглядова и др., 2020), поэтому оценка современного состояния ландшафтов в зоне влияния низконапорных гидротехнических сооружений Нижнего Дона является актуальной задачей. Кроме Цимлянского гидроузла здесь расположены Кочетовский, Константиновский и Николаевский низконапорные гидроузлы, созданные для обеспечения судоходных уровней.

Существующие исследования по экологии Нижнего Дона посвящены либо исключительно гидробиологии и аквальному комплексам (Живоглядова и др., 2020; Matishov et al., 2016), либо вопросам загрязнения водных объектов (Решетняк и др., 2019) и почв (Алексеев и др., 2018). Целью данного исследования является оценка современного состояния растительного покрова поймы Нижнего Дона и анализ влияния на него гидрологических изменений.

Объекты и методы исследований

Полевые исследования выполнялись на пяти модельных участках в первой декаде октября 2019 г. (рис. 1). Сроки работ были вызваны необходимостью исследований в летне-осеннюю межень, т.е. в период с наиболее глубоким залеганием уровня грунтовых вод (УГВ). Ранее (до зарегулирования стока реки) межень в низовьях Дона наступала, в основном, в октябре. Период полевых работ 2019 г. пришелся на окончание летне-осенней межени. Всего заложено пять ландшафтно-экологических профилей длиной от 200 до 2000 м в разных частях поймы: в зоне влияния Константиновского и

Николаевского гидроузлов, строящегося Багаевского г/у, в пойме р. Аксай и в дельте р. Дон. Работы заключались в инструментальном профилировании с помощью нивелира, установлении УГВ путем бурения ручным почвенным пробоотборником и с помощью георадара ОКО-2 по разработанной авторами методике (Солодовников и др., 2017). На профилях выполнялись геоботанические описания, обилие видов растений определялось по шкале Друде. Предварительное обследование территории выполнялось на основе анализа спутниковых изображений Landsat 2, 3, 5 и Sentinel-2, по которым определялись площади заливания в половодья 1979, 1981, 1994 и 2018 гг. Такой подход уже использовался авторами в Волго-Ахтубинской пойме (Рулев и др., 2017; Kuzmina et al., 2018) и дельте Сырдарьи (Шинкаренко, Солодовников, 2018; Kuzmina et al., 2019).

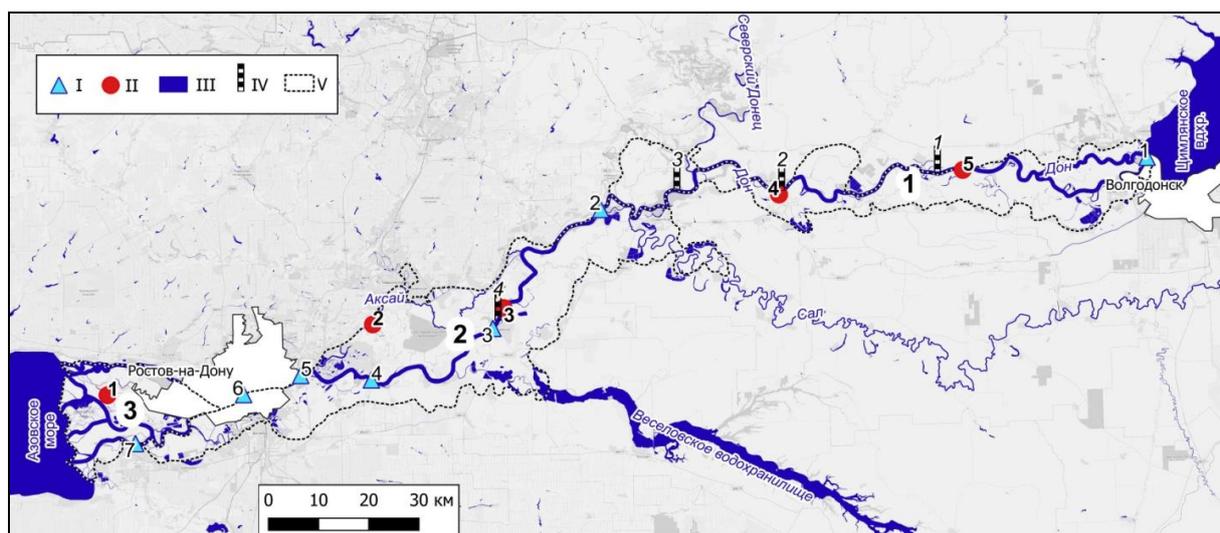


Рис. 1. Расположение модельных экологических профилей в Низовьях Дона. Условные обозначения. I – гидропосты: 1) Цимлянская ГЭС, 2) Раздорская, 3) Багаевская, 4) Старочеркасская, 5) Аксай, 6) Ростов-на-Дону, 7) Азов; II – модельные профили: 1) современная дельта Дона, 2) старая дельта р. Дон – р. Аксай, 3) р. Дон – Багаевский, 4) р. Дон – Константиновский, 5) р. Дон – Николаевский; III – водные объекты; IV – низконапорные гидроузлы: 1 – Николаевский, 2 – Константиновский, 3 – Кочетовский; 4 – Багаевский (строящийся), V – границы геоморфологических районов.

Анализ полевых и статистических фондовых материалов для оценки состояния экосистем проводился по уже опробованной двухэтапной методике «Оценки нарушений в наземных экосистемах и ландшафтах при изменении обводненности территорий» (Кузьмина, 2017, Кузьмина, Тешкин, 2017а; Кузьмина и др., 2015), которая не раз была опробована нами на практике и очень подробно представлена в нашей ранней работе (Kuzmina et al., 2018), поэтому здесь она не рассматривается.

Пойму Нижнего Дона разделяют на три геоморфологических района (рис. 1): речной (повышенной) поймы, старой дельтовой части и современную дельту (Иванов и др., 2013). К геоморфологическому району повышенной поймы, т.н. речной поймы, относятся территории с отметками 4-5 м н.у.м. БС простирающиеся от Цимлянского водохранилища до устья р. Сал. К старому дельтовому геоморфологическому району относится территория от устья р. Сал до отделения рукава Мертвый Донец. Эта территория имеет высоту 1.5-4 м н.у.м. БС. Молодой дельтовый геоморфологический район простирается ниже по течению до уровня моря и имеет высотные отметки 0.2-1.0 м н.у.м. БС, считаясь современной дельтой Дона (Иванов и др., 2013).

Результаты и их обсуждение

После строительства Цимлянского водохранилища в 1952 г. резко сократились максимальные расходы в бассейне Нижнего Дона (рис. 2). Оба периода до и после зарегулирования стока Цимлянским г/у характеризуются отрицательными трендами максимальных расходов с угловыми коэффициентами – 19.5 и -19.9 м³/с в год, при этом значимым является только тренд после 1952 г. ($r = 0.4$ при $a < 0.001$).

Половодье, сопровождающееся выходом воды на пойму, отмечается при расходах, превышающих $1800 \text{ м}^3/\text{с}$ в створе ст. Раздорская (Дубинина, 2019; Жукова, 2020). В период условно-естественного стока повторяемость лет с расходами более этой величины составляла 91.5% (среднеголетний максимальный расход $5342 \text{ м}^3/\text{с}$). После 1952 г. число таких лет снизилось до 23.5% (среднеголетний максимальный расход стал $1508 \text{ м}^3/\text{с}$). При этом только четыре года из 66 лет после зарегулирования стока р. Дон обводнение пойменных земель соответствовало экологическим требованиям воспроизводства полупроходных и проходных рыб: в 1963, 1979, 1981 и 1994 гг. В XXI веке расходы в $1800 \text{ м}^3/\text{с}$ были превышены всего дважды – в 2003 и 2018 гг.

Одновременно с сокращением максимальных расходов половодья после 1952 г. резко выросли расходы как летне-осенней, так и зимней межени (рис. 3). Для экосистем это выразилось в значительном повышении УГВ в эти меженные периоды и в подтоплении низкого и среднего уровня поймы, особенно в понижениях, где образовались мелкие практически не пересыхающие водоёмы.

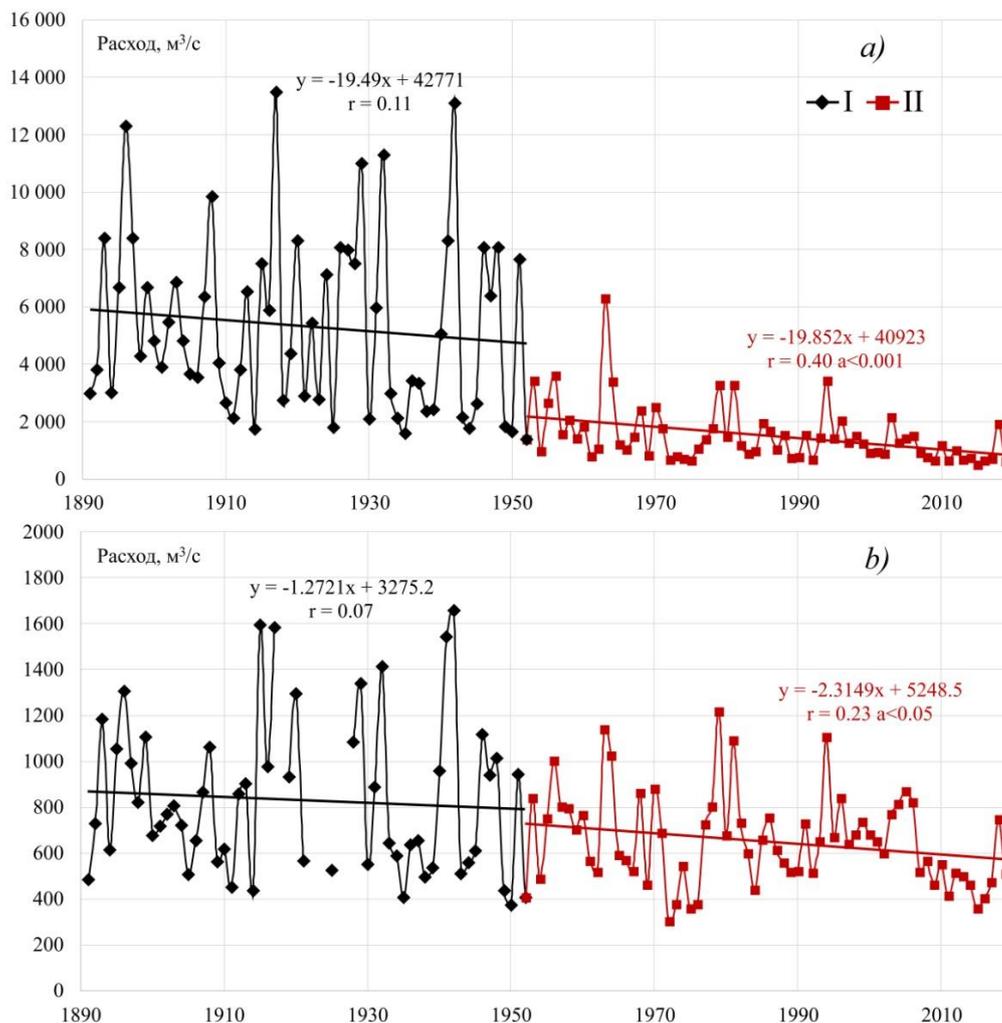


Рис. 2. Динамика максимальных среднемесячных (а) и среднегодовых (б) расходов в створе ст. Раздорской (I, II – периоды до и после ввода Цимлянского г/у).

До постройки Цимлянского г/у среднеголетние минимальные среднемесячные расходы составляли 230 и $190 \text{ м}^3/\text{с}$ в период летне-осенней и зимней межени соответственно. После 1952 г. они увеличились более чем в двое и стали равны 527 и $411 \text{ м}^3/\text{с}$ соответственно. При этом в период 1890-1952 г. также отмечался значимый рост расходов летне-осенней межени с угловым коэффициентом линейного тренда $1.3 \text{ м}^3/\text{с}$ в год ($r = 0.35$ при $a < 0.01$). В период после 1952 г. наблюдается значимый отрицательный тренд минимальных расходов летне-осенней межени – $-1.5 \text{ м}^3/\text{с}$ в год ($r = 0.24$ при $a < 0.05$) и рост расходов зимней межени на $3.7 \text{ м}^3/\text{с}$ в год ($r = 0.53$ при $a < 0.001$). Однако необходимо заметить, что отрицательный тренд минимальных расходов летне-

осенней межени после строительства гидроузла в 1952 г. наблюдается на фоне увеличенных более чем в два раза меженных расходов после зарегулирования стока, что абсолютно не влияет на ослабление, возникшего в результате этого стабильного постоянного подтопления пойменных территорий. Минимальные расходы по данным (Дандара, Немыкина, 2018) наблюдались в 1944 г. ($44.1 \text{ м}^3/\text{с}$), в период наполнения Цимлянского водохранилища в 1952 г. ($89.2 \text{ м}^3/\text{с}$) и в 1962 г. ($101 \text{ м}^3/\text{с}$).

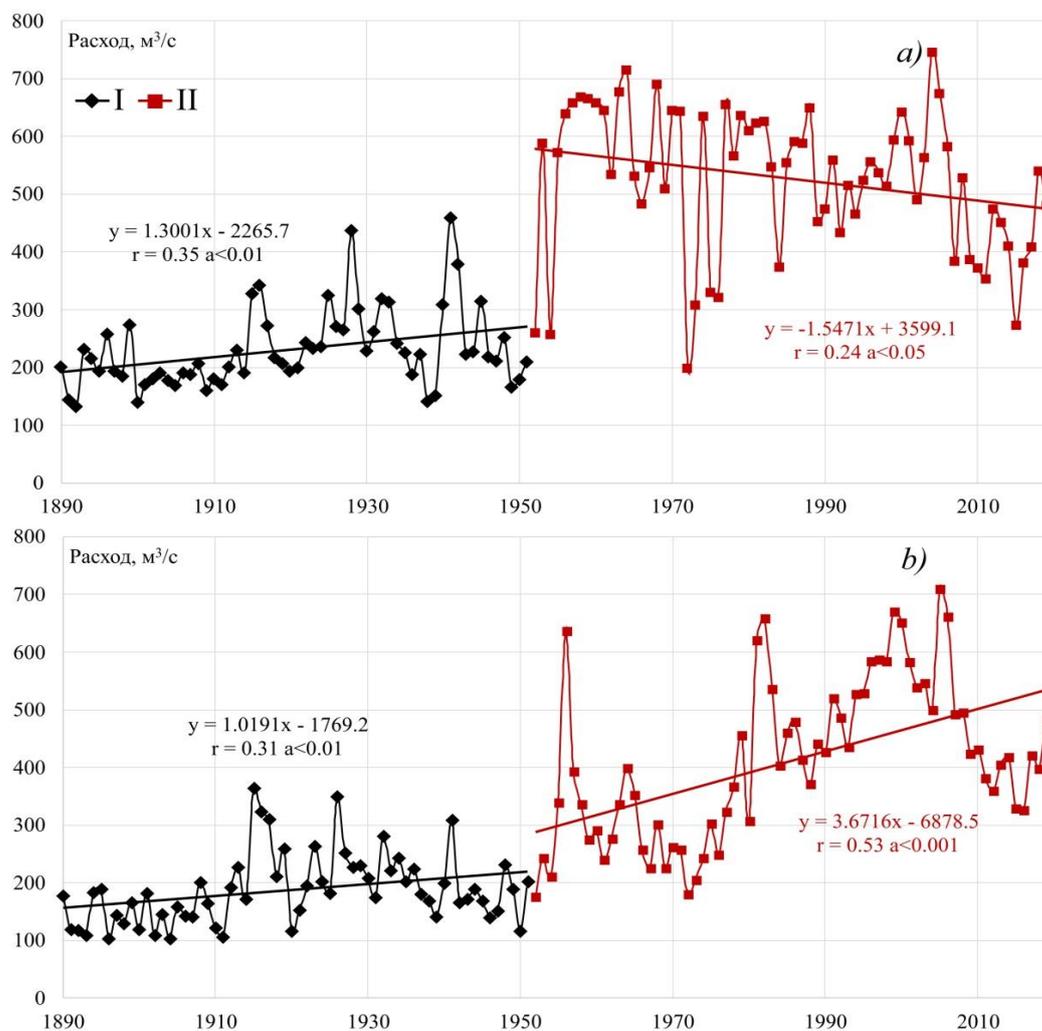


Рис. 3. Динамика минимальных среднемесячных расходов летне-осенней (а) и зимней (б) межени в створе ст. Раздорской (I, II – периоды до и после ввода Цимлянского г/у)

В дальнейшем минимальные расходы увеличивались вплоть до периода маловодья, начавшегося в 2007 г. Анализ максимальных годовых уровней по данным Государственного водного реестра за 2010-2019 гг. показал, что только около 40% наблюдений максимальных уровней приходятся на весенние месяцы, примерно по 30% наблюдений относятся к осенним месяцам и еще столько же на зимние и летние месяцы вместе взятые. Также после зарегулирования стока проявилось явление несовпадения периодов максимальных суточных и среднемесячных расходов. Максимальные среднемесячные расходы в 80% случаев после 1952 г. приходятся на май (до 1952 г. – в 98.6% случаев), в то же время максимальные суточные расходы в этом месяце составляют только 19.4% против 67.65% до постройки плотины Цимлянской ГЭС. До зарегулирования максимальные суточные расходы отмечались исключительно в период с марта по май, в то время как после почти 30% наблюдений максимальных суточных расходов приходится на июнь-февраль. Это может свидетельствовать о кратковременных повышенных сбросах через Цимлянский г/у в период межени

для поддержания судоходных уровней.

В период до зарегулирования в 93% случаев летне-осенняя межень наблюдалась в сентябре (38%) или октябре (55%), после зарегулирования на эти месяцы минимальные расходы летней межени приходятся лишь в 31% случаев, еще 46% – на август. В 2018-2019 гг. летняя межень отмечалась в сентябре. До 1952 г. зимняя межень в 69% случаев отмечалась либо в декабре (38%), либо в январе (31%). На февраль и ноябрь приходилось 12.7% и 17% наблюдений. После зарегулирования стока существенно увеличилось количество лет с зимней меженью в феврале (34.3% случаев), доля январских месяцев не изменилась (30%).

Подобные тенденции обусловлены не только регулированием попусков из Цимлянского водохранилища в интересах судоходства, гидроэнергетики и сельского хозяйства, но и климатическими изменениями, происходящими в бассейне. Из-за частых зимних оттепелей, недостаточного промерзания почвы увеличивается сток в зимний период и фильтрация талых вод весной, приводящая к росту подземной составляющей стока (Barabanov et al., 2018; Bolgov et al., 2020; Dzhamalov et al., 2010; 2013; Georgiadi et al., 2020; Научно-прикладной ..., 2020). Снижение частоты и высоты половодий характерно не только для Дона, но и для его основных притоков: Хопра и Медведицы (Solodovnikov, Shinkarenko, 2020), также как и для большинства рек Европейской России (Kouzmina, 2004; Водные ресурсы ..., 2008) на которых присутствуют или отсутствуют крупные гидротехнические сооружения, способные регулировать сток. Такое положение связано с одной стороны с повсеместным зарегулированием стока водохранилищами, а с другой – с климатическими изменениями, которые приводят к перераспределению выпадения атмосферных осадков в годовом цикле в сторону увеличения их выпадения в зимний период и большей долей потепления приходящегося также на зиму (Кузьмина, Трешкин, 2017б).

Таким образом, рассмотрев многолетнюю динамику гидрологической ситуации в бассейне Нижнего Дона было установлено, что в настоящее время основными факторами, влияющими на пойменные наземные экосистемы будет с одной стороны – недостаток естественного ежегодного весеннего заливания пойменных территорий, сократившегося очень сильно и значительно затрагивающего верхние и средние уровни поймы, а с другой стороны – подтопление и подъем УГВ во всей пойме за счёт повышения меженных летних и зимних расходов и уровней, что в большей степени отражается на нижних уровнях поймы и в понижения на средней пойме.

Рассмотрим состояние наземных экосистем в заложенных пяти экологических профилях.

Первый экологический профиль (начало 47° 11' 56" с.ш., 39° 20' 11" в.д. – конец 47° 11' 56" с.ш., 39° 20' 15" в.д.; рис. 4) расположен в самом низменном геоморфологическом районе – в современной пониженной части дельты Дона, расстояние до морского края дельты по прямой составляет от него около 8 км. Это самый молодой, позднеголоценовый участок дельты Дона. Основная масса территории имеет отметки поверхности, примерно соответствующие уровню воды в дельтовых протоках или на 10-20 см ниже, что приводит к постоянному подтоплению и сплошному зарастанию монодоминантными сообществами тростника южного (*Phragmites australis*¹; рис. 4). Над уровнем воды возвышаются лишь прирусловые валы с относительными отметками около 1 м над урезом воды и дамбы, по которым проходят дороги, с отметками 1.8-2 м над урезом воды. Установленный УГВ имеет неявновыраженный уклон в сторону основного русла Дона (рис. 4). Сильно на уровень воды в протоках влияют сгонно-нагонные явления. При западных ветрах наблюдается подъем уровня воды в пределах нескольких десятков сантиметров, обратный ток воды в руслах и затопление тростниковых крепей. Периодически наблюдаются катастрофические нагоны, приводящие к затоплению значительной части дельты. В частности, в марте 2013 г. в результате штормового нагона воды было подтоплено 2.4 тыс. домовладений в двадцати населенных пунктах (Матишов, Бердииков, 2015).

Второй экологический профиль (начало 47° 20' 01" с.ш., 40° 02' 32" в.д. – конец 47° 20' 16" с.ш., 40° 02' 39" в.д.; рис. 5) расположен в старом дельтовом геоморфологическом районе, в зоне низкой и средней поймы междуречья Дона и его рукава Аксая с отметками поверхности +0.8-1.3 м над меженным урезом воды. Аксай являлся основным руслом Дона во время максимума джеметинской трансгрессии (Иванов и др., 2013). Рельеф района монотонный, без выраженных прирусловых валов и крутых берегов. Участок частично заливался в половодья 2003 и 2018 гг., летом используется как сенокос. Древесно-кустарниковая растительность встречается только вдоль русел Аксая и ериков,

¹ Латинские названия растений приводятся по работе С.К. Черепанова (1995).

представлена разреженными насаждениями ясеня пенсильванского (*Fraxinus pennsylvanica*), иногда ив (*Salix alba*) и черного тополя (*Populus nigra*). Зеркало грунтовых имеет слабый обратный уклон от русел вглубь поймы. На основной части территории УГВ расположен на 40-60 см ниже уреза поверхностных вод. Аксай имеет постоянную гидравлическую связь с грунтовыми водами, круглый год питая горизонты подрусловых грунтовых вод и грунтовых вод прибрежной полосы. Такое положение зеркала УГВ характерно также для Волго-Ахтубинской поймы и рек южнее Волгограда (Solodovnikov, Shinkarenko, 2020).

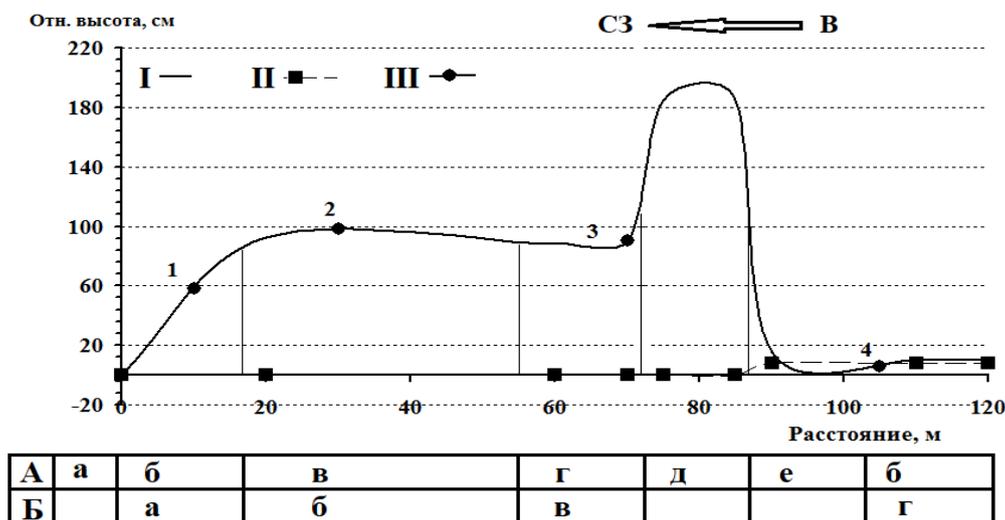


Рис. 4. Первый ландшафтно-экологический профиль дельты р. Дон. Условные обозначения для рисунков 4-8: I – отnivelированная дневная поверхность, II – измеренный уровень грунтовых вод, III – положение модельных геоботанических площадок на профиле. Обозначения в таблице для рисунка 4. А – рельеф: а – естественное русло р. Дон – дельтовая протока, б – современный низкий уровень поймы, в – средний уровень поймы (подтопленный), г – понижение перед искусственной дамбой, д – дамба – аналог естественного прируслового вала, е – залитое понижение на нижнем уровне поймы – старичное озеро; Б – растительность: а – аморфовая осоково-тростниковая (Ass. *Amorpha fruticosa*+*Phragmites australis*-*Carex acutiformis*), б – разнотравно-пырейная ивовая с единичным участком лоха (Ass. *Salix alba*-(*Elaeagnus angustifolia*)-*Elytrigia repens*+*Mixtheherbosa*); в – разнотравно-осоковая с погибающей ивой (Ass. (*Salix alba*)-*Carex acutiformis*+*Mixtheherbosa*), г – осоково-тростниковая (Ass. *Phragmites australis*-*Carex acutiformis*).

Прибрежная полоса р. Аксай и его ериков состоит из зарослей тростника с отдельными деревьями ивы белой, тополя черного и ясеня пенсильванского высотой 5-7 м. На отметках 60-90 см растительный покров состоит из сообщества с высоким обилием *Cirsium arvense*, что говорит о достаточно близком к поверхности и стабильном УГВ. Далее по профилю наблюдаются сообщества с преобладанием полыни (*Artemisia abrotanum*) и мятлика (*Poa angustifolia*) с небольшой долей разнотравья и отдельными экземплярами солодки (*Glycyrrhiza echinata*) высотой 80-90 см. Интерес представляет участок профиля, залитый в 2018 г., где растительность не скашивалась. Здесь доминирует *G. echinata* высотой около 2 м (рис. 5, Б-в).

Третий экологический профиль (начало 47° 22' 07" с.ш., 40° 23' 52" в.д. – конец 47° 21' 51" с.ш., 40° 23' 54" в.д.; рис. 6) также расположен в старом дельтовом геоморфологическом районе и находится в западной части Сусатско-Подпольненского займища в окрестностях ст. Багаевской. Профиль пересекает массив левобережной поймы Дона в зоне влияния строящегося Багаевского гидроузла. Рельеф участка по линии профиля контрастный, вершины прирусловых валов имеют отметки +5.5-5.7 м над меженным урезом воды в р. Дон. Прибрежная полоса шириной 500-600 м занята пойменным лесом имеет преобладающие высоты 2.7-4.2 м над урезом воды в реке. Основная часть поймы представляет собой пахотные угодья с отметками 3.7-4 м над меженным урезом. УГВ практически не имеет уклона и расположен на глубине 2.7-5.2 м от поверхности поймы. Полученные полевые данные хорошо согласуются с материалами других авторов (Зубков и др., 2019).

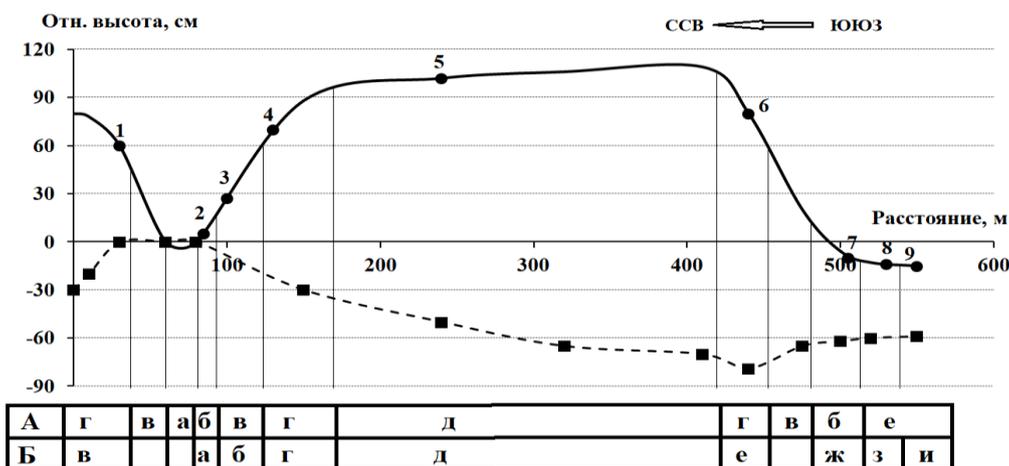


Рис. 5. Второй комбинированный ландшафтно-экологический профиль в старой дельте р. Дон близ ерика Аксай. *Условные обозначения в таблице.* А – рельеф: а – естественное русло ерика Аксай, б – низкий уровень поймы, в – нижняя часть склона среднего уровня поймы, г – верхняя часть склона среднего уровня поймы, д – выположенная поверхность среднего уровня поймы, е – периодически заливаемое понижение нижнего уровня поймы; Б – растительность: а – ясенево-тростниковая (Ass. *Fraxinus pennsylvanica-Phragmites australis*), б – вейниково-мятликовая (Ass. *Calamagrostis epigeios-Poa angustifolia*), в – мятликово-солодковая (Ass. *Glyzyrrhiza echinata-P. angustifolia*), г – бодяково-мятликовая (Ass. *P. angustifolia-Cirsium arvense*), д – солодково-полынно-мятликовая (Ass. *P. angustifolia-Artemisia abrotanum+G. echinata*), е – разнотравно-полынно-мятликовая (Ass. *P. angustifolia-A. abrotanum+Mixtheherbosa*), ж – молочайно-повоево-камышевая (Ass. *Schoenoplectus lacustris+Calystegia sepium-Euphorbia sp.*), з – камышево-рогозовая (Ass. *Thypha angustifolia-Schoenoplectus lacustris*), и – тростниковая (Ass. *Phragmites australis*).

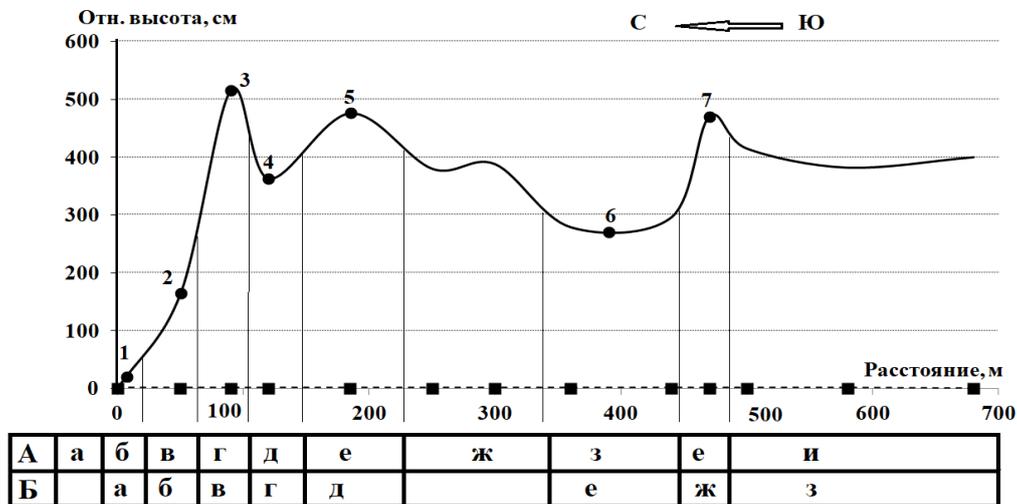


Рис. 6. Третий ландшафтно-экологический профиль Багаевский. *Условные обозначения в таблице.* А – рельеф: а – естественное русло р. Дон, б – низкий уровень поймы, в – нижняя часть склона прируслового вала (соответствует среднему уровню поймы), г – прирусловой вал, д – понижение за прирусловым валом (соответствует нижней части верхнего уровня поймы), е – верхний уровень поймы, ж – средний уровень поймы, з – понижение на среднем уровне поймы, и – искусственно выровненная поверхность верхнего уровня поймы – с/х поле; Б – растительность: а – разнотравно-аморфово-тростниковая (Ass. *Phragmites australis+Amorpha fruticosa-Mixtheherbosa*), б – ясенево-ивовая кострово-вейниково-маревая (Ass. *Salix alba+Fraxinus pennsylvanica-Chenopodium alba+Calamagrostis epigeus+Bromus inermis*), в – шелковицево-крушиново-ясеневая (Ass. *Fraxinus pennsylvanica-Frangula alnus+Morus nigra*), г – разнотравно-кленово-вязово-ясеневая (Ass. *Fraxinus pennsylvanica+Ulmus laevis+Acer negundo-Mixtheherbosa*), д – разнотравно-кленово-вязово-тополево-

дубовая (Ass. *Quercus robur*+*Populus alba*-*Ulmus laevis*+*Acer negundo*-*Mixtheherbosa*), е – ежевиково-тростниково-кленовая (Ass. *Acer tataricum*-*Phragmites australis*-*Rubus caesius*), ж – разнотравно-кленово-крушиново-вязово-тополево-дубовый (Ass. *Quercus robur*+*Populus nigra*-*Ulmus laevis*+*Frangula alnus*+*Acer negundo*-*Mixtheherbosa*), з – вспаханное с/х поле лишнее растительности.

Прибрежная часть поймы занята сообществами тростника южного с зарослями кустарника *Amorpha fruticosa*. На склоне прируслового вала расположены разнотравные ясенево-ивовые леса (рис. 6). Непосредственно на прирусловом валу встречаются молодые деревья шелковицы (*Morus nigra*) диаметром до 10 см с подростом ясеня и крушина. Травяной покров разреженный. Большая часть профиля занята лесом из ясеня и вяза высотой 10-12 метров и средним диаметром 40 см с участием клена ясенелистного, отдельными деревьями дуба черешчатого, тополей черного и белого высотой 8-9 м и диаметром 20 см без явно выраженного второго яруса, либо с ясеневым подростом и с разреженным травостоем типичным для пойменных лесов (гравилат – *Geum urbanum*, будра плющевидная – *Glechoma hederacea*, чистец – *Stachys sylvatica*, чистотел – *Chelidonium majus*).

Четвертый экологический профиль (начало 47° 35' 10" с.ш., 41° 37' 13" в.д. – конец 47° 35' 42" с.ш., 41° 37' 10" в.д.; рис. 7) расположен в самом повышенном из трех геоморфологических районов Нижнего Дона – в речной пойме и находится в Задоно-Кагальницком займище на левом берегу реки Дон напротив г. Константиновск. Участок располагается в нижнем бьефе Константиновского гидроузла (примерно в 0.5 км ниже), а также в зоне влияния подпора Кочетовского гидроузла (построен в 1919 г., усовершенствован в 1960, расширен и модернизирован в 2008 г., расчетный подпорный уровень – 3.4 м), примерно в 30 км выше по течению от последнего. Ввиду значительной удаленности от Кочетовского гидроузла его влияние выражено не так ярко, как на пятом экологическом профиле. На положение зеркала грунтовых вод оказывает влияние именно Константиновский гидроузел (введен в 1982 г., расчетный подпорный уровень – 3.1 м), который обеспечивает повышение УГВ на участке наблюдений на 0.4-0.45 м выше, чем урез воды в нижнем бьефе гидроузла. Это вызывает постоянное подтопление низин, которые в естественных условиях должны в межень быть сухими. Несмотря на это, уклон грунтовых вод на этом профиле имеет правильный прямой характер – от бортов долины к речному руслу, который характерен для меженного периода, правда при этом уклон УГВ остается слабым и практически малозаметным (рис. 7), что является следствием полного зарегулирования участка, находящегося между двумя плотинами.

Прибрежная часть четвертого профиля занята в основном сообществами мятлика (*Poa angustifolia*) с отдельными деревьями ивы белой, а также аморфа (*Amorpha fruticosa*), которая распространена вдоль уреза воды полосой шириной около 5 м. Далее по линии профиля на самых высоких отметках расположены искусственные насаждения робинии псевдоакация (15 рядов, средняя высота деревьев 15 м с диаметром стволов 15 см). В понижении на бывшем среднем уровне поймы (которое ныне перешло по УГВ в разряд нижней поймы) распространены бодяково-вейниковые растительные сообщества (рис. 7, Б-в), что свидетельствует о постоянном стабильном подтоплении (глубина грунтовых вод не превышает метра) и периодическом просачивании и стоянии воды на поверхности поймы. Кроме подпора реки высокий УГВ поддерживается также близостью оросительного канала.

Пятый экологический профиль (начало 47° 33' 02" с.ш., 41° 07' 31" в.д. – конец 47° 33' 11" с.ш., 41° 07' 30" в.д.; рис. 8) также расположен в самом высоком геоморфологическом районе – речной повышенной поймы и находится в верхнем бьефе гидроузла Николаевский в Дубенцовском займище, на левом берегу Дона в 8 км выше от ст. Николаевская, в 7 км к северу от ст. Большовская. Профиль расположен примерно в 5 км выше по течению от введенного в эксплуатацию в 1975 г. гидроузла с расчетным подпорным уровнем 4.2 м. Рельеф участка по линии профиля довольно расчлененный, амплитуда высотных отметок превышает 3.5 метра. Наличие подпора воды в русле Дона хорошо видно на профиле. Урезы воды внутренних водоемов поймы на 1.3-1.7 м ниже уровня воды в реке. Обычно в подобных условиях картина обратная – поверхность воды пойменных озер, заполняемых в половодье, выше уровня воды в реке. К меженному уровню озер привязан и уровень грунтовых вод. Базисом зеркала грунтовых вод служит меженный уровень внутренних водоемов поймы. Грунтовые воды в межень залегают на средней глубине 2.0-2.2 м от основной поверхности бывшей верхней поймы.

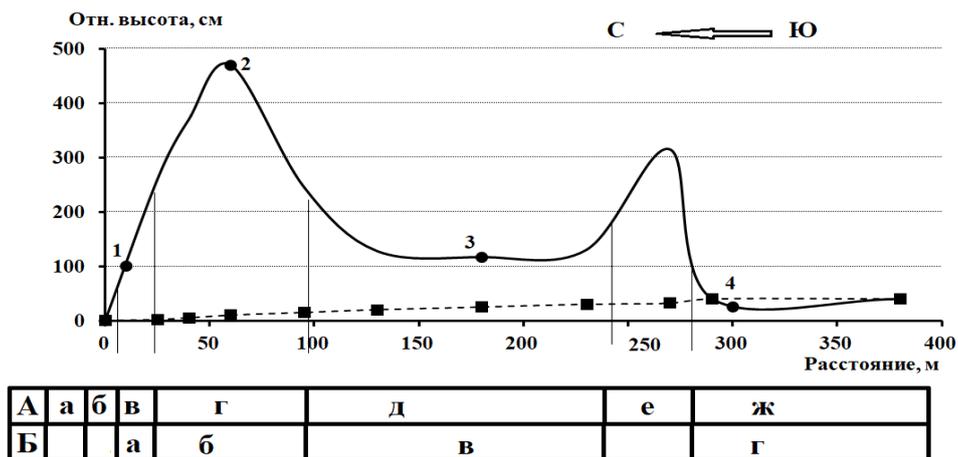


Рис. 7. Четвертый ландшафтно-экологический профиль Константиновский. Условные обозначения в таблице. А – рельеф: а – нерестовый канал Дона, б – низкий уровень поймы, в – нижняя часть склона среднего уровня поймы (подтопленный), г – верхний уровень поймы, д – понижение на среднем уровне поймы (подтопленное), е – искусственный прирусловой вал оросительного канала (уровень средней поймы), ж – уровень низкой поймы и днище оросительного канала; Б – растительность: а – мятликово-аморфовая ясенево-ивовая (Ass. *Salix alba*+*Fraxinus pennsylvanica*-*Amorpha fruticosa*+*Poa angustifolia*), б – разнотравно-акациевая с подростом шелковицы и дуба (Ass. *Robinia pseudoacacia*-*Morus nigra*+*Quercus robur*+*Mixtheherbosa*), в – разнотравно-бодяково-вейниковая (Ass. *Calamagrostis epigeios*+*Cirsium canum*-*Mixtheherbosa*), г – крупнотравная тростниковая (Ass. *Phragmites australis*).

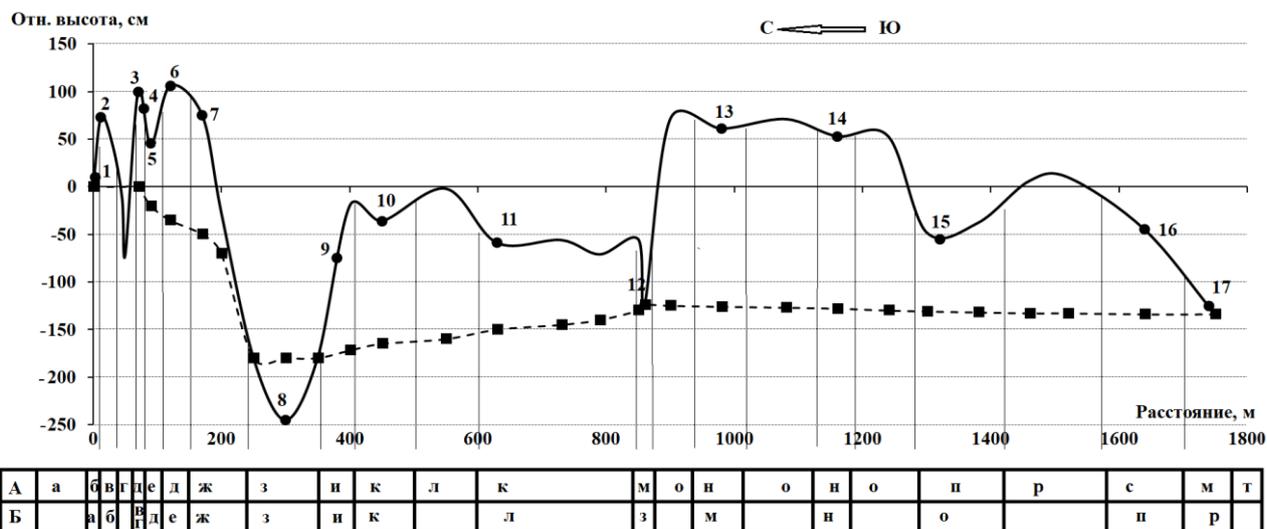


Рис. 8. Пятый ландшафтно-экологический профиль Николаевский. Условные обозначения в таблице. А – рельеф: а – основное русло р. Дон (с поднятым уровнем на более чем 2.5 м от естественного), б – современный низкий уровень поймы (бывший уровень средней поймы) на склоне естественного прируслового вала, в – вершина прируслового вала (бывший уровень верхней поймы, а после зарегулирования – уровень нижней поймы), г – понижение на прирусловом валу (бывший уровень средней поймы, ныне – озеро в результате подтопления), д – вершина прируслового вала (бывший верхний уровень поймы, ныне – средняя подтопленная пойма), е – понижение на прирусловом валу (бывший уровень верхней поймы, ныне – низкая пойма), ж – склон прируслового вала (бывший верхний уровень поймы, ныне – средняя пойма), з – старичное озеро (бывший уровень нижней поймы), и – склон бывшей средней поймы (ныне подтопленный до уровня нижней поймы), к – понижение на бывшей средней пойме (ныне подтопленное до низкой поймы), л – уровень средней поймы (ныне подтопленный), м – понижение на средней пойме (ныне подтопленное и залитое водой),

н – микропонижение на уровне бывшей верхней поймы (ныне подтопленное до уровня средней поймы), о – бывшая верхняя пойма (ныне средний пойменный уровень), п – понижение на бывшем верхнем уровне поймы (ныне – низкий уровень), р – нижняя часть бывшей верхней поймы (ныне – средняя пойма), с – склон бывшей верхней поймы (ныне подтопленной средней поймы), т – русло современного ерика. Б – растительность: а – рогозово-тростниковая (Ass. *Phragmites australis*+*Thypha angustifolia*), б – ежевикový боярышничково-аморфово-шелковицевый погибающий вязовник (*Ulmus laevis*-*Morus nigra*+*Amorpha fruticosa*+*Crataegus monogina*-*Rubus caesius*), в – разнотравно-мятликовая с погибающим единичным подростом терна и вяза (Ass. (*Ulmus laevis*+*Prunus spinosa*)-*Poa angustifolia*+*Mixtheherbosa*), г – мятликово-осоковый терново-боярышниковый осокорник с единичным подростом вяза и дуба (Ass. *Populus nigra*-(*Ulmus laevis*+*Quercus robur*+*Crataegus monogina*+*Prunus spinosa*)-*Carex sp.*+*Poa angustifolia*), д – вейниковое с участием единичной погибающей груши (Ass. (*Prunus domestica*)-*Calamagrostis epigeios*), е – осоково-мятликовая (Ass. *Poa angustifolia*+*Carex sp.*), ж – осоково-лохово-шелковицевая (Ass. *Morus nigra*+*Elaeagnus angustifolia*-*Carex sp.*), з – рогозовая (Ass. *Thypha angustifolia*), и – вязовник осоково-мятликовый с участием боярышника и шиповника (Ass. *Ulmus laevis*-(*Crataegus monogina*+*Rosa canina*)-*Poa angustifolia*+*Carex sp.*), к – мятликово-костровый с участием шиповника (Ass. (*Rosa canina*)-*Bromus inermis*+*Poa angustifolia*), л – вейниковая с участием единичного лоха (Ass. (*Elaeagnus angustifolia*)-*Calamagrostis epigeios*), м – разнотравно-мятликовая с участием единичного лоха (Ass. (*Elaeagnus angustifolia*)-*Poa angustifolia*+*Ambrosia artemisifolia*+*Daucus carota*), н – мятликовая с участием единичного подростка вяза, лоха и шиповника (Ass. *Ulmus laevis*+*Elaeagnus angustifolia*+*Rosa canina*)-*Poa angustifolia*), о – болотнищевая с редким участием болотного крупнотравья (Ass. *Eleocharis palustris*), п – лоховник мятликовый (Ass. *Elaeagnus angustifolia*-*Poa angustifolia*), р – тростниковая (Ass. *Phragmites australis*).

Вдоль уреза воды размещаются заросли тростника южного (*Phragmites australis*) и рогоза узколистного (*Thypha angustifolia*). Из-за подпора гидроузлом бывший естественный прирусловой вал в рельефе стал представлять собой среднюю подтопленную пойму, которая занята сейчас погибающим вязовником (*Ulmus laevis*) средней высотой 9-10 м и диаметром 20 см, скорее всего, искусственного происхождения. Встречаются одиночные деревья тополя черного (*Populus nigra*), ивы белой (*Salix alba*), ясеня пенсильванского (*Fraxinus prnsylvanica*), груши (*Pyrus communis*). Второй ярус представлен аморфой (*Amorpha fruticosa*), боярышником (*Crataegus monogyna*) и шелковицей (*Morus nigra*) высотой 2.5-3 м. Далее по профилю расположен луг с доминированием мятлика (*Poa angustifolia*), отдельными кустарниками тёрна (*Prunus spinosa*) и разнотравьем (рис. 8, Б-г). Растительность соответствует трансформированным (подтопленным) участкам бывшей высокой поймы. Большая часть площади поймы занята луговыми сообществами (*P. Angustifolia*) с участием амброзии (*Ambrosia artemisifolia*) и используется как сенокос. В отличие от лугов поймы р. Аксай, на данном профиле доминирует мятлик и практически отсутствует солодка (рис. 8, Б-к, м, н), что говорит о большей нарушенности этого профиля.

Таким образом, в результате анализа гидрологической ситуации в Низовьях Дона были выявлены несколько основных факторов, влияющих на изменение абиотических компонентов экосистем и ландшафтов, приводящих к их трансформации.

В первую очередь – это сокращение амплитуды колебания расходов (и уровней) воды годового цикла в многолетнем аспекте, что связано с изменением объемов весенне-летних половодий и меженных периодов. После зарегулирования стока в Низовьях Дона Цимлянским гидроузлом (1952 г.), среднемноголетние максимальные расходы воды снизились в 3.5 раза, а среднемноголетние минимальные расходы зимней и летне-осенней межени увеличились в 2.2-2.3 раза. Строительство дополнительных 3-х современных низконапорных сооружений в Низовьях Дона (Николаевского в 1974 г., Константиновского в 1982 г. и Кочетовского в 2008 г.) привело не только к подъему уровней воды в основном русле Дона (более чем на 2.5 м), но и к сокращению колебания УГВ в речной пойме Нижнего Дона, подъему и стабилизации грунтовых вод в годовом цикле, что абсолютно противоестественно для естественных пойменных и дельтовых экосистем, приспособленных для выживания в условиях резких и частых подъемов и спадов уровней поверхностных и грунтовых вод.

Сокращение расходов и уровней воды в бассейне Нижнего Дона в связи с зарегулированием Цимлянским водохранилищем и каскадами низконапорных гидроузлов происходило на фоне

естественного перераспределения выпадения атмосферных осадков в годовом цикле (в сторону их увеличения в зимний период и сокращения весной) и потепления (особенно в зимний период), приводящего к сокращению промерзания почвы и увеличению зимнего сброса воды в реки, что также способствовало снижению весенне-летнего поемного заливания. Таким образом, верхние – самые повышенные части поймы полностью перестали заливаться поверхностно, однако в результате искусственного подъема уровня воды в реке занимали повышенный стабильный УГВ не глубже 2.0-2.5 м круглогодично (рис. 8). Вместо положенной глубины УГВ в 3.5-5.5 м (рис. 6) в межень и периодического поверхностного заливания с подъемом УГВ к поверхности, в настоящее время экосистемы бывших (до зарегулирования) высоких уровней поймы имеют в речном (повышенном) геоморфологическом районе УГВ постоянно поднятый к поверхности на высоту в 1.5-2 раза от бывшего естественного меженного УГВ. В связи с чем, естественные лесные сообщества из дуба и вяза, распространенные ранее (до зарегулирования) повсеместно на верхних уровнях поймы Нижнего Дона практически полностью погибли и заместились на совершенно нетипичные лесные сообщества из видов-вселенцев – ясеня пенсильванского и клена американского, которые хорошо приспособлены к повышенному постоянному УГВ. На бывших средних уровнях поймы естественные леса из ивы белой замещаются сообществами также из вида-вселенца – кустарника аморфы и тем же ясенем пенсильванским по наименее засоленным участкам прилегающим к основному речному руслу (рис. 7, Б-а) или сообществами из лоха узколистного (типичного представителя тугайной растительности Среднеазиатских регионов) – по центральным – внутренним участкам бывшей средней поймы, ныне постоянно подтопленным и имеющим некоторое засоление в почвах.

Подтопленные основные участки бывших (в естественном состоянии) средних уровней поймы занятые ранее разнотравными лугами из солодки, мятликов и пырея (очень ценными и качественными в кормовом отношении сообществами) заместились на почти чистые вейниковые (*Calamagrostis epigeios* – сор2) с бодяком (*Cirsium canum* – сол-сп; рис. 7, Б-в) или вейниковые (*Calamagrostis epigeios* – сор2, *Xanthium albinum* – сол) с редким участием лоха (*Elaeagnus angustifolia* – 1 экз.; рис. 8, Б-л), т.е. сообществами ранее также не характерными для естественных лугов, при этом к тому же, сильно засоренными колючим сорнотравьем, что почти полностью снижает сельскохозяйственную ценность вновь образованных сообществ в качестве кормов.

Оценка нарушений по пятибалльной шкале разработанной ранее методики определения трансформаций в результате изменения обводненности территорий показала, что наименее нарушенными профилями оказались первый – в современной дельте р. Дон (с общим баллом нарушенности для профиля – 2.4, экосистемы с нарушениями от 1.8 до 3.2 баллов) и второй – в старой дельте р. Дон близ ерика Аксай (с общим баллом – 2.3, экосистемы с нарушениями от 1.7 до 3.2 баллов). Т.е. в настоящее время ландшафты этих двух профилей имеют незначительные нарушения от изменений обводненности (2 балла из 5-и возможных) и требуются лишь незначительные локальные мероприятия по осушению территории. Наиболее нарушенными оказались профили третий Багаевский (с общим баллом нарушенности – 3.0, экосистемы с нарушениями от 2.5 до 3.8 баллов), четвертый Константиновский (с общим баллом нарушенности – 2.9, экосистемы с нарушениями от 2.3 до 3.8 баллов) и пятый Николаевский (с общим баллом нарушенности – 3.0, экосистемы с нарушениями от 1.8 до 4.0 баллов). По разработанной ранее шкале экосистемы и ландшафты с 3-м баллом нарушенности имеют уже средние нарушения от изменения обводненности территории. Для их восстановления и улучшения состояния требуются уже довольно значительные локальные и региональные гидро- и лесотехнические мероприятия по осушению территорий. Но все же пока для улучшения состояния экосистем и ландшафтов, находящихся на средней стадии нарушений не требуется изменение гидрологического режима реки. Таким образом, ландшафты с их экосистемами, находящиеся в наибольшем удалении от гидротехнических сооружений (профили 1 и 2) в настоящее время оказались наименее нарушенными (2 балла нарушенности из 5-и возможных) при изменении обводненности территорий. А ландшафты и их экосистемы, находящиеся в непосредственной близости к гидросооружениям (профили 4 и 5), оказались наиболее нарушенными (3 балла для профиля, от 2 до 4 – для экосистем) в результате изменения обводненности. В тоже время, 3-ий профиль – Багаевский также оказался сильно нарушенным (3 балла, 2-4), несмотря на то что Багаевский гидроузел еще не полностью введен в строй и подтопление на этом профиле заметно еще не очень сильно. При этом, можно ожидать, что при вводе в строй Багаевского гидросооружения нагрузка на экосистемы увеличится и нарушенность

в ландшафтах и экосистемах возрастет.

Выводы

Основным фактором, влияющим на изменение биотических компонентов экосистем в Низовьях Дона, является сокращение амплитуды колебания расходов (и уровней) воды в годовом цикле в результате зарегулирования стока и климатических изменений.

Зарегулирование стока Нижнего Дона сопровождалось сокращением частоты заливаемости пойменных и дельтовых территорий почти в 4 раза наряду со снижением расходов весеннего половодья в 3.5 раза и повышением меженных расходов (как зимних, так и летне-осенних) в 2.2-2.3 раза. Это привело не только к подъему уровня воды в русле Дона более чем на 2.5 м, но и к подъему и стабилизации УГВ в пойме и дельте Нижнего Дона, что нехарактерно для естественных экосистем и ландшафтов.

Антропогенное сокращение частоты и объемов весенне-летнего половодья наряду с основной естественной климатической тенденцией перераспределения увлажнения в годовом цикле (в сторону увеличения его в зимний период и уменьшения весной) и более сильного потепления зимой способствовали полному прекращению заливания верхних – самых высоких уровней поймы.

В то же время зарегулирование стока и естественные климатические изменения привели к подъему и стабилизации УГВ на всех уровнях поймы и дельты. Наиболее сильно эта тенденция проявилась в зонах влияния гидротехнических сооружений – т.е. в геоморфологическом районе речной (повышенной) поймы (рис. 1), где УГВ в пойме постоянно повышен в 1.5-2 раза от естественного меженного уровня и сегодня не заглубляется ниже 2.0-2.5 м для всех уровней поймы.

В результате изменения поемного режима наиболее сильно пострадали экосистемы верхних и средних уровней поймы; особенно сильно – в третьем геоморфологическом районе – в районе речной (повышенной) поймы, где расположены все действующие гидротехнические сооружения. На верхних уровнях поймы абoriginalные естественные пойменные леса из дуба и вяза почти полностью заместились на нетипичные леса из видов-вселенцев – ясеня пенсильванского (*Ffaxinus pennsylvanica*) и клена американского (*Acer negundo*). Типичные ивняки средних уровней поймы замещаются на кустарниковые аморфовые (*Amorpha fruticosa*) в прирусловой пойме и лоховые (*Elaeagnus angustifolia*) – в центральных частях поймы (при наличии некоторого засоления в почвах). Разнотравные луга средних уровней замещаются на почти монодоминантные вейниковые (*Calamagrostis epigeios*) с участием колючего сорнотравья из видов бодяка (*Cirsium*) и дурнишника (*Xanthium*). Вновь образованные нетипичные пойменные сообщества лучше выдерживают круглогодично стабильно повышенный УГВ.

Оценка нарушения обводненности экосистем и ландшафтов по пятибалльной шкале собственной методики показала, что наименее нарушенными (2 балла из 5-и возможных) являются территории, наиболее удаленные от гидротехнических сооружений – т.е. профили 1 и 2 в геоморфологических районах современной и старой дельты Дона. Все остальные профили (3-5), находящиеся в непосредственной зоне влияния гидротехнических сооружений, имеют средний уровень нарушенности, который пока не требует изменения гидрологического режима реки. Для улучшения состояния этих экосистем требуются как локальные, так и региональные гидро- и лесотехнические мероприятия по осушению территорий.

Основными проявлениями нарушения пойменных экосистем в низовьях Дона были: сокращение ярусной структуры сообществ; снижение общего видового разнообразия; формирование маловидовых, практически монодоминантных сообществ на лугах; гибель абoriginalных лесов.

Благодарности. Авторы благодарят В.Ю. Георгиевского за содействие в получении гидрологических данных.

Финансирование. Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-77-00018 «Закономерности динамики состояния ландшафтов речных пойм зоны недостаточного увлажнения в условиях гидрологических и климатических изменений») в части разработки и анализа гипсометрических профилей, уровней половодья и картографирования водного зеркала, а также по теме НИР ИВП РАН № FMWZ-2022-0002 «Исследования геоэкологических процессов в гидрологических системах суши, формирования качества поверхностных и подземных вод, проблем управления водными ресурсами и водопользованием в условиях изменений климата и антропогенных

воздействий» в части анализа гидрологических изменений и состояния пойменных ландшафтов. Полевые исследования проведены в рамках НИР ФНЦ агроэкологии РАН (№ FNFE-2022-003 «Теоретические основы функционирования и природно-антропогенной трансформации агролесоландшафтных комплексов в переходных природно-географических зонах, закономерности и прогноз их деградации и опустынивания на основе геоинформационных технологий, аэрокосмических методов и математико-картографического моделирования в современных условиях»). Гидрологические данные предоставлены в рамках Гражданско-правового Договора от 19 декабря 2018 г. №78/1-НИР/ФЦП-2018 на выполнение научно-исследовательских работ по реализации федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 гг по теме: «Научное обобщение данных гидрологического мониторинга в виде научно-прикладного справочного издания основных гидрологических характеристик водных объектов бассейна реки Дон».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев В.А., Минкина Т.М., Швыдкая Н.В., Невидомская Д.Г. 2018. Почвы геохимических ландшафтов Нижнего Дона и их экологическая характеристика. Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета. 158 с.
- Белоусов В.Н. 2016. Последний рубеж естественного воспроизводства в Азово-Донском районе // Рыбное хозяйство. № 4. С. 14-19.
- Болгов М.В., Филиппова И.А., Коробкина Е.А., Зайцева А.В., Харламов М.А. 2019. Водные ресурсы бассейна р. Дон в условиях климатических изменений. Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и промышленных вызовов («Опасные явления») (г. Ростов-на-Дону, 13-23 июня 2019 г.). Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, С. 364-366.
- Водные ресурсы России и их использование /Ред. А.И. Шикломанов. С.-П.: Государственный гидрологический Институт. 2008. 600 с.
- Дандара Н.Т., Немыкина Д.Е. 2018. Гидрологический анализ реки Дон на участке ниже Кочетовского гидроузла: гидрографическая сеть, расходы, уровни и уклоны воды // Вестник современных исследований. № 5.3 (20). С. 88-99.
- Джамалов Р.Г., Киреева М.Б., Косолапов А.Е., Фролова Н.Л. 2017. Водные ресурсы бассейна Дона и их экологическое состояние. М.: ГЕОС, 205 с.
- Дубинина В.Г. 2019. Требования рыбного хозяйства при управлении режимами водохранилищ // Экосистемы: экология и динамика. Т. 3. № 1. С. 67-97.
- Дубинина В.Г., Жукова С.В. 2016. Оценка возможных последствий строительства Багаевского гидроузла для экосистемы Нижнего Дона // Рыбное хозяйство. № 4. С. 20-30.
- Живоглядова Л.А., Сафронова Л.М., Шляхова Н.А., Бондарев С.В., Налётова Л.Ю., Афанасьев Д.Ф. 2020. Гидробиологическая характеристика реки Дон в районе строительства Багаевского гидроузла // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. Т. 23. № 2. С. 131-138.
- Жукова С.В. 2020. Обеспеченность водными ресурсами рыбного хозяйства Нижнего Дона // Водные биоресурсы и среда обитания. Т. 3. № 1. С. 7-19.
- Зубков Е.А., Гарькуша Д.Н., Барцев О.Б., Никаноров А.М. 2019. Грунтовые воды юга Ростовской области и их влияние на подтопление территорий населенных пунктов. Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во ЮФУ. 197 с.
- Иванов В.В., Кортаев В.Н., Римский-Корсаков Н.А., Пронин А.А., Чернов А.В. 2013. Строение поймы и динамика русла Нижнего Дона // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. № 5. С. 60-66.
- Научно-прикладной справочник: Основные гидрологические характеристики водных объектов бассейна реки Дон. 2020 / Ред. В.Ю. Георгиевский. СПб.: Свое издательство. 262 с.
- 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 12.01.2022)].
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2017а. 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 12.01.2022)].
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2017б. Многолетние изменения основных метеорологических характеристик в зоне южной тайги Европейской части России (бассейн верхней Волги) // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 4 (152). С. 50-61.

- 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.]
- Матишов Г.Г., Бердников С.В. 2015. Экстремальное затопление дельты Дона весной 2013 г. // Известия РАН. Сер. Географическая. № 1. С. 111-118.
- Решетняк, О.С., Решетняк Н.В., Решетняк В.Н. 2019. Состояние экосистемы Нижнего Дона в современных условиях антропогенного воздействия // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. № 4. С. 234-240.
- 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.
- 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.
- Шинкаренко С.С., Барталев С.А., Берденгалиева А.Н., Выпрлицкий А.А. 2021а. Динамика площадей водоемов Западного ильменно-бугрового района дельты Волги // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 18. № 4. С. 285-290.
- Шинкаренко С.С., Солодовников Д.А. 2018. Формирование новой дельты Сырдарьи // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 15. № 2. С. 193-196.
- Шинкаренко С.С., Солодовников Д.А., Барталев С.А. 2021б. Гидрологическая ситуация на водохранилищах юга европейской части России в 2020 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 18. № 1. С. 248-254.
- Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Спб.: Мир и семья. 992 с.
- Barabanov A.T., Dolgov S.V., Koronkevich N.I., Panov V.I., Petel'ko A.I. 2018. Surface runoff and snowmelt infiltration into the soil on plowlands in the forest-steppe and steppe zones of the East European Plain, *Eurasian Soil Science*. Vol. 51. No. 1. P. 66-72.
- Bolgov M.V., Belyaev A.I., Pugacheva A.M., Vlasenko M.V., Shul'gin M.V. 2020. Azov–Don water problem // *Water resources*. Vol. 47. No. 6. P. 1065-1076.
- Dzhamalov R.G., Frolova N.L., Kireeva M.B. 2013. Current changes in river water regime in the Don river basin // *Water resources*. Vol. 40., No. 6. P. 573-584.
- Dzhamalov R.G., Frolova N.L., Kireeva M.B., Safronova T.I. 2010. Climate-Induced Changes in Groundwater Runoff in Don Basin // *Water Resources*. Vol. 37. No. 5. P. 733-742.
- Georgiadi A.G., Milyukova I.P., Kashutina E.A. 2020. Contemporary and scenario changes in river runoff in the Don basin // *Water resources*. Vol. 47. No. 6. P. 913-923.
- Kouzminka J.V. The impact of natural and human-induced changes in the river flow and the climate on flood plain ecosystems in the middle Elbe river basin // *Ecological Engineering and Environment Protection*. №2. 2004. P. 5-15.
- 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. [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). Т. 24. С. 5-20.]
- Kuzmina Zh.V., Shinkarenko S.S., Solodovnikov D.A. 2019. Main Tendencies in the Dynamics of Floodplain Ecosystems and Landscapes of the Lower Reaches of the Syr Darya River under Modern Changing Conditions // *Arid Ecosystems*. Vol. 9. No. 4. P. 226-236. [Кузьмина Ж.В., Шинкаренко С.С., Солодовников Д.А. 2019. Основные тенденции в динамике пойменных экосистем и ландшафтов Низовьев Сырдарьи в современных изменяющихся условиях // Аридные экосистемы. № 4 (81). Т. 25. С. 16-29.]
- Matishov G.G., Stepan'yan O.V., Khar'kovskii V.M., Startsev A.V., Bulysheva N.I., Semin V.V., Soier V.G., Kreneva K.V., Glushchenko G.Yu., Svistunova L.D. 2016. Characteristic of Lower Don aquatic ecosystem in late autumn // *Water resources*. Vol. 43. No. 6. P. 873-884.
- Solodovnikov D.A., Shinkarenko S.S. 2020. Present-Day Hydrological and Hydrogeological Regularities in the Formation of River Floodplains in the Middle Don Basin // *Water Resources*. Vol. 47. No. 6. P. 719-728. [Солодовников Д.А., Шинкаренко С.С. 2020. Гидрологические и гидрогеологические закономерности формирования речных пойм в бассейне среднего Дона в современных условиях // Водные ресурсы. № 6. Т. 47. С. 719-728].