

На правах рукописи



Токарева Анна Анатольевна

**ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНО-СОЛЕВОГО РЕЖИМА
ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ НИЗОВЬЯ ВОЛГИ**

Специальности

25.00.27 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

25.00.36 – геоэкология (науки о Земле)

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук**

Москва - 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Астраханский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «АГТУ»)

- Научный руководитель:** **Бухарицин Петр Иванович**, доктор географических наук, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология» Астраханского государственного технического университета ФГБОУ ВО «АГТУ», г. Астрахань, ведущий научный сотрудник Института водных проблем Российской академии наук, г. Москва
- Официальные оппоненты:** **Андрианов Владимир Александрович**, доктор географических наук, профессор кафедры экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности Астраханского государственного университета, г. Астрахань
Магрицкий Дмитрий Владимирович, кандидат географических наук, доцент кафедры гидрологии суши, географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, г. Москва
- Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова», г. Москва

Защита состоится « » 20 г. в 11.00 часов на заседании диссертационного совета Д 002.046.04 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт географии Российской академии наук» по адресу: 119017, Москва, Старомонетный пер., д. 29.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института географии РАН по адресу: 119017, Москва, Старомонетный пер., д. 29 и на сайте Института: <http://igras.ru/defences>

Автореферат разослан « ____ » _____ 2019 г.

Отзывы на автореферат (в электронном виде и на бумажных носителях в двух экземплярах, заверенные подписью и печатью) просим направлять по адресу 119017, г. Москва, Старомонетный пер., д. 29, ученому секретарю Диссертационного совета Д 002.046.04, Зайцевой И.С.

Факс 8 (495) 959-00-33, e-mail: d00204604@igras.ru; zaitseva@igras.ru

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат географических наук

 И.С. Зайцева

Актуальность исследования. Под Низовьем Волги понимается территория, относящаяся к участку Нижней Волги, включающей водотоки Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги. Астраханская область занимает большую часть (60%) этой территории. В ее пределах отражены все экологические и водохозяйственные проблемы этого уникального природно-хозяйственного комплекса.

Создание гидроузлов Волжско-Камского каскада, регулирование и использование водных ресурсов в бассейне Волги коренным образом изменило гидрологические условия Низовья Волги и наряду с местными антропогенными воздействиями привело к нарушениям в функционировании водных и наземных геосистем региона, многие из которых находятся в настоящее время в состоянии истощения и деградации.

Различные аспекты изменения природных условий, водного и гидрохимического режимов водных объектов Низовья Волги под влиянием хозяйственной деятельности рассматривались во многих работах: Института водных проблем РАН, Государственного Гидрологического института Росгидромета, Государственного океанографического института им. Н.Н.Зубова Росгидромета (ГОИН), Института географии РАН, географического факультета МГУ и других организаций, а также в рамках ФЦП «Возрождение Волги» и «Развитие водохозяйственного комплекса России в 2012-2020 годах». Однако, несмотря на это многие вопросы изменения водного режима и их последствий остаются недостаточно изученными или вообще не рассматривались. К ним, в частности, относится ряд особенностей изменения природных комплексов, в результате совместного воздействия меняющегося в современных условиях режима Волги и местных антропогенных влияний, особенно водно-солевого режима почв и грунтовых вод.

Цель исследования – выявить закономерности изменений водного и солевого режима природных комплексов Низовья Волги (в пределах Астраханской области) под влиянием природных и антропогенных факторов.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи**:

1. Дать характеристику природных комплексов Низовья Волги.

2. Выявить закономерности изменения стока р. Волги и химического состава ее вод.
3. Раскрыть особенности формирования водно-солевого режима почв и грунтов природных комплексов Низовья Волги под влиянием природных и антропогенных факторов.
4. Разработать научно-практические рекомендации по снижению негативных изменений природных комплексов Низовья Волги.

Научная новизна диссертационного исследования.

1. Выявлены основные показатели изменений природных комплексов Низовья Волги.
2. Оценены гидрологические и гидрохимические изменения Волго-Ахтубинской поймы в разные периоды ее хозяйственного освоения.
3. Установлена связь водно-солевого режима почв и грунтовых вод в ландшафтных районах Волго-Ахтубинской поймы с изменением ее гидролого-гидрохимического режима. Определена критическая глубина залегания грунтовых вод при весеннем стоке Волги 100 км^3 .
4. Разработаны рекомендации по совершенствованию использования водных ресурсов Низовья Волги, особенно детальные для природных комплексов в заповедной зоне Богдинско-Баскунчакского заповедника Баскунчакского ландшафтного района и района Волго-Каспийского морского судоходного канала Дельтового ландшафтного района.

Защищаемые положения:

1. Оценка состояния природных комплексов Низовья Волги в разные периоды свидетельствует о нарастающей в целом их деградации.
2. Несмотря на предпринимаемые меры, не происходит кардинального улучшения водного режима и качества вод Волги и Ахтубы.
3. Водно-солевой режим почв и грунтов Волго-Ахтубинской поймы тесно связан с водностью Волги и Ахтубы, уровнем Каспия и обусловленным ими уровнем грунтовых вод, вместе с тем отличаясь на левобережной и правобережной территории Низовья Волги. Определена критическая для состояния природных ком-

плексов глубина залегания грунтовых вод при весеннем стоке Волги 100 км³.

4. Имеются реальные пути улучшения состояния природных комплексов Низовья Волги.

Объекты, методы и методика исследований. В качестве объектов исследования рассматривались природные комплексы Низовья Волги с особым вниманием к водотокам, водоемам и почвам как основным компонентам этих комплексов. Места проведения исследований представлены на рис. 1.

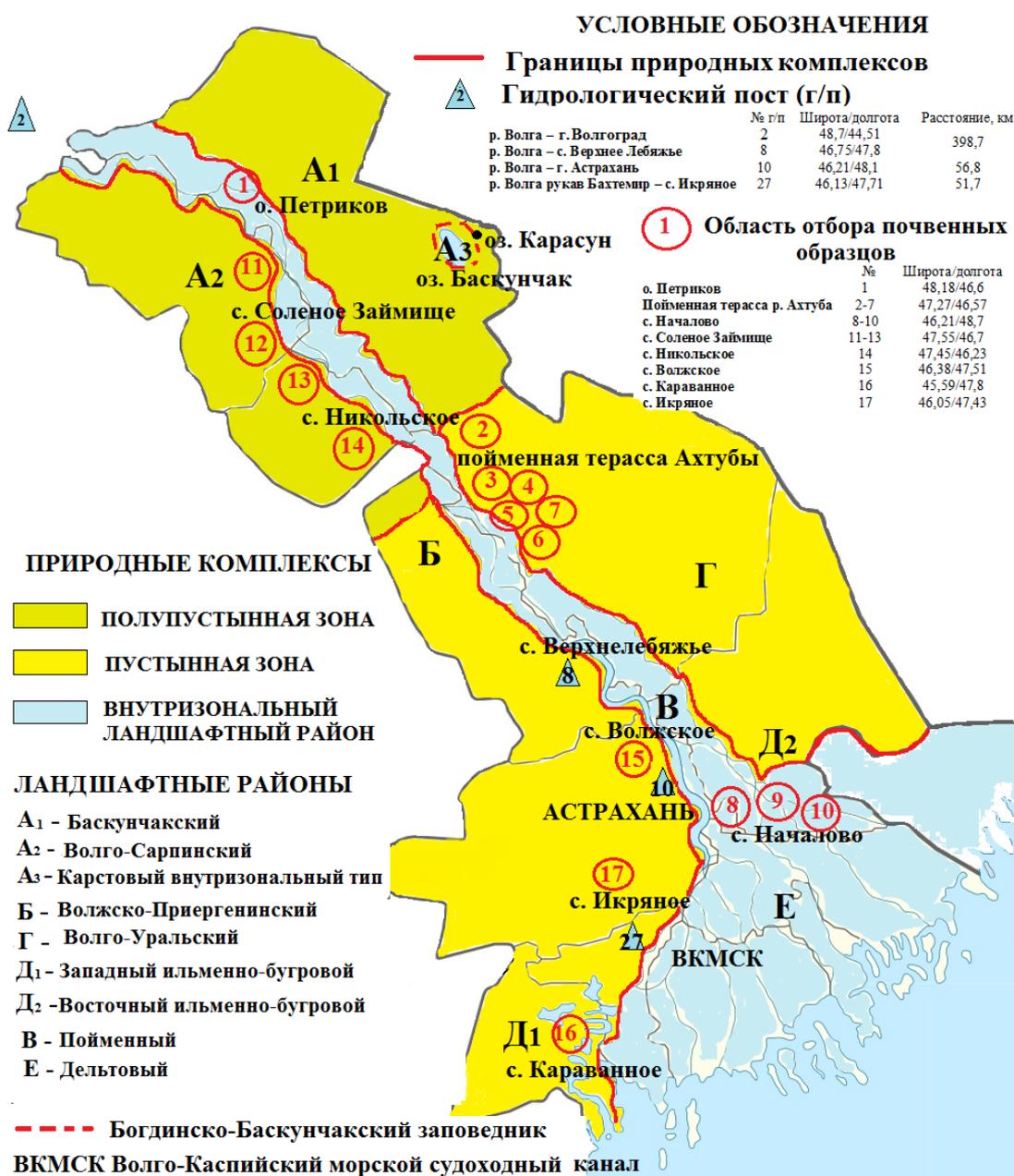


Рисунок 1. Картосхема исследуемых участков природных комплексов Низовья Волги в пределах Астраханской области

В основу проводимых исследований положен комплекс географо-гидрологических методов.

Для оценки современного изменения гидрологических и гидрохимических показателей был проведен анализ весеннего стока Низовья Волги. Автором обобщены материалы государственных докладов о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Астраханской области и собственные материалы, полученные во время полевых исследований с 2006 по 2011 гг. и 2015 г., о режиме поверхностных и подземных вод в период весеннего половодья и межени.

В каждом природном комплексе установлено влияние водного режима на солевой состав почво-грунтов, почвенных и грунтовых вод. Автором проведено 2295 оригинальных определений, обобщено и проанализировано более 20 тыс. данных почвенных и водных показателей, а также выполнена статистическая обработка полученных результатов. При выполнении работы по гидрохимическим показателям были использованы общепринятые подходы и методы химического анализа природных вод. Для оценки солевого режима почво-грунтов проведены химические анализы верхнего слоя почвенного профиля на каждой площадке.

Практическая значимость результатов работы:

- выполненная оценка современного изменения водного режима позволит совершенствовать методы и технологии, способствующие повышению эффективности использования и охране водных объектов;
- уточненные типы засоления почв и токсичных солей в природных комплексах позволят выбрать оптимальные режимы полива и подобрать наиболее подходящие культуры для выращивания;
- обоснована возможность обеспечения пресными подземными водами Богдинско-Баскунчакского заповедника на севере области в пределах Баскунчакского ландшафтного района;
- разработаны рекомендации по использованию грунта, извлекаемого в процессе производства работ в Волго-Каспийском судоходном канале (ВКМСК) на юге области в Дельтовом ландшафтном районе;

- материалы исследований уже используются в учебном процессе Астраханского государственного технического университета в лекционном курсе по дисциплинам: «Почвоведение», «Природно-техногенные комплексы и основы природообустройства», «Регулирование стока», «Управление водохозяйственными системами», «Мелиорация водосборов».

Фактический материал и личный вклад автора. В основу диссертации положен оригинальный фактический материал, полученный в результате ряда комплексных экспедиционных работ в составе Астраханской группы по исследованию экологических проблем дельты реки Волги Института водных проблем РАН, в совместных работах Каспийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства (КаспНИРХ) и Астраханского государственного технического университета (АГТУ) по теме «Исследование формирования речного стока Волго-Ахтубинской поймы с целью дополнительного обводнения», а также в работах по теме РАН «Развитие методов оценки ресурсов и режима поверхностных и подземных вод, прогноза водообеспеченности регионов России при вероятных сценариях изменений климата и развития экономики».

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы были доложены и представлены на: III Международной научно-практической конференции «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений» (Астрахань, 2009г.); региональной научно-практической конференции «Современное состояние водных ресурсов Нижней Волги и проблема их управления» (Астрахань, 2009г.); конференциях профессорско-преподавательского состава АГТУ (Астрахань, 2010-2016г.г.); Международной научной конференции АГТУ, посвящённой 85-летию со дня основания вуза (Астрахань, 2015г.); семинарах лаборатории гидрологии Института географии РАН (Москва, 2018-2019г.г.).

По теме диссертационного исследования опубликовано 14 работ, в том числе 4 статьи в научных журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации, 1 статья сдана в печать.

Структура диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Общий объем работы составляет 162 страницы, включая 33 таблицы, 41 рисунок и список литературы из 169 источников.

Благодарность. Автор благодарит своего научного руководителя проф., д.г.н. Бухарицина П.И. за оказанную поддержку, полезные советы и консультации. Особую благодарность автор выражает доценту кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология» Г.В. Кутлусуриной за постоянное внимание к работе, ценные советы и рекомендации на всех этапах исследований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** представлена общая характеристика работы, обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи, а также положения, выносимые на защиту, обоснована научная новизна и практическая значимость диссертационного исследования.

В первой главе «Природные комплексы Низовья Волги и их изменения» рассмотрены основные природные комплексы и их связь с водным режимом.

Природные комплексы Низовья Волги в пределах Астраханской области представлены двумя основными зональными типами - ландшафтами полупустынной и пустынной зон, пересекаемых с севера на юг внутрizonальной Волго-Ахтубинской поймой и дельтой Волги, в пределах которых выделено 8 ландшафтных районов. Исключение составляет возвышенный район Богдинско-Баскунчакского заповедника, расположенный в полупустынной зоне в карстовом внутрizonальном ландшафте (см. рис.1).

Некоторые особенности природного районирования и ландшафтной структуры Астраханской области даются в работах А.Г. Доскач (1979). Иерархическая структура ландшафтов Астраханской области детально раскрыта И.Н. Волинкиным (1973) и В.В. Занозиним (1997).

Водный режим является определяющим фактором развития и функциониро-

вания природных комплексов Низовья Волги. Величина местного стока, осредненная по территории Астраханской области, составляет небольшую величину – 6,4 мм слоя, что почти в 6 раз меньше, чем в соседней Волгоградской области и в 40 раз меньше, чем по России в целом (Долгов, 2017). Поэтому водный режим области определяется трансграничными водами Волги и Ахтубы.

Река Волга (в пределах Астраханской области) в условиях аридного климата не принимает ни одного притока. У города Волжский (Волгоградская область) к востоку от Волги отделяется крупный рукав Ахтуба, который на всем протяжении течет параллельно основному руслу, удаляясь от него на расстояние от 7 до 30 км. В этот рукав отвлекается примерно 2 % волжского стока. Низменное пространство между Волгой и Ахтубой, заливаемое паводковыми речными водами, называется Волго-Ахтубинской поймой.

Реки и водоемы Волго-Ахтубинской поймы разделены на несколько типов: *проточные постоянно* - р. Волга и рукав Ахтуба и некоторые протоки соединяющие их; *проточные в период половодья водоемы* - это староречья ериков, протоков и стариц, а также понижения между бывшими прирусловыми валами; *малопроточные водоемы центральной части поймы*, расположенные в ее пониженной части, преимущественно блюдцеобразные, неглубокие; *водоемы, в которые не проникают или редко проникают полые воды*, сосредоточены в основном к востоку от рукава Ахтуба или отчленены искусственно дамбами.

Кроме ежегодных весенних разливов воды, суша дельты Волги заливается и при штормовых нагонах с моря, это проявляется только в приморской зоне дельты на протяжении 10-20 км от уреза моря и южной части западного ильменно-бугрового района.

Изменения природных комплексов происходили в течение длительной истории геологического развития региона, активных трансгрессивно-регрессивных движениях Каспийского моря, под влиянием деятельности водотоков Волги и Ахтубы, колебаний климата и других факторов. Засушливый климат и особенности геологического строения обуславливают практически повсеместное развитие сла-

бо и сильно минерализованных подземных вод. Исключение составляет лишь район Богдинско-Баскунчакского заповедника, на отдельных участках которого сформировались пресные подземные воды.

Для большей части Астраханской области, характерны эндогенные процессы солянокупольной тектоники. Соляные структуры в крест простирания пересекаются Волго-Ахтубинской долиной. Соляная тектоника определяет особенности гидрографии отдельных участков поймы и водораздельных пространств. Кроме того, она сказывается на глубине залегания грунтовых вод их режиме, химическом составе. Наибольшей подвижностью грунтовые воды отличаются в прирусловой зоне, где в то же время они являются и более опресненными. Постепенно, с удалением от опресняющего влияния стока рек, минерализация грунтов нарастает. Трансгрессия Каспийского моря в 1994 г. вызвала общий подъем уровня высокоминерализованных грунтовых вод от 0,5 до 1,2 м, что способствовало процессам вторичного засоления, гибели растительности, эрозии орошаемых земель и снижению ценности сельскохозяйственных угодий.

Более подробно солевые изменения в почвогрунтовой толще рассмотрены в третьей главе.

Во второй главе «Изменение водного режима Волги и Ахтубы и качества их вод как один из основных факторов изменения природных комплексов» рассмотрены основные характеристики водного режима Волги и Ахтубы, такие как расход и сток воды и наносов, сток растворенных веществ, качественные показатели воды и т.д.

Общее функционирование природных комплексов определяется главным критерием - гидрологическим режимом. Зарегулирование стока р. Волги, особенно сооружение Волжской ГЭС, существенно изменило внутригодовое распределение стока Нижней Волги, отметки максимальных и минимальных уровней, а также сроки их наступления. Изменился качественный состав поверхностных и подземных вод, температурный режим, солевой состав почво-грунтов и грунтовых вод. Произошло обеднение воды нижнего течения реки взвешенными веще-

ствами. Происходящие изменения и процессы представлены на рис.2.

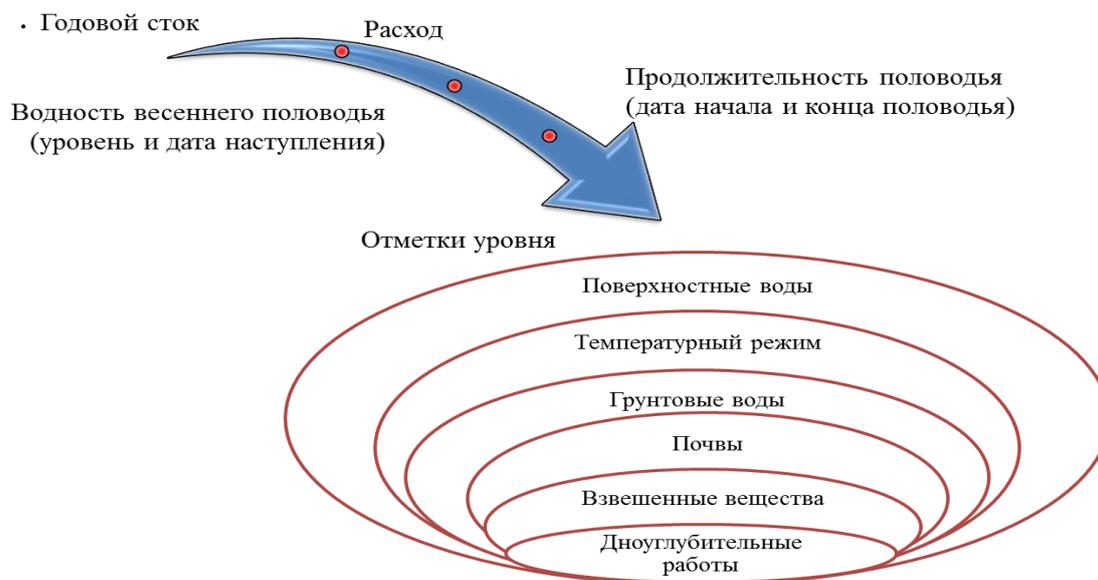


Рисунок 2. Меняющиеся гидрологические показатели, компоненты природной среды и процессы

Сток Волги на участке между Волгоградом и Каспийским морем, как до зарегулирования, так и в настоящее время изменяется за счет потерь воды на заливание Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги.

Естественные потери стока на участке между Волгоградом и морем, по Б.А. Аполлову (1928) составляют $2,83 \text{ км}^3$, по Д.Л. Соколовскому (1937) – 9 км^3 в год, а по И.А. Шикломанову, И.А. Кожевникову (1974) еще больше ($3,4$ – для поймы и $10,8 \text{ км}^3$ – для дельты). По данным П.С. Кузина (1939), эта величина не превышает $6,04 \text{ км}^3$. Эту же величину использовал в своей работе Б. Д. Зайков (1946). В дальнейшем величина потерь стока уточнялась С.С. Байдиным (1962), а для Волго-Ахтубинской поймы - А.П. Жидиковым (1982).

На примере Волго-Ахтубинской поймы оценены произошедшие изменения гидрологических и гидрохимических показателей в зависимости от природных факторов и антропогенного воздействия в разные периоды ее хозяйственного освоения.

Дельта Волги создает еще более сложную картину тех же параметров режима в изменившихся условиях.

Первый период (1907-1955 гг.), часто принимается в качестве исходного для расчетов изменений стока в последующие периоды [Водные ресурсы и водный баланс территории Советского союза, 1967; Воскресенский, 1967; Ресурсы поверхностных вод, 1973].

Второй период (1956-1980 гг.), характеризующийся зарегулированием стока каскадом водохранилищ, стал самым неблагоприятным для всего волжского бассейна и особенно для Нижней Волги и Волго-Ахтубинской поймы.

В третий период (2006-2015 гг.) Волга частично адаптировалась к навязанному ей зарегулированному режиму, однако, уже природные факторы, в первую очередь, климатические циклы вновь стали приводить к дисбалансу.

Средний многолетний сток р. Волги у с. В. Лебяжье за первый период (1907-1955 гг.) составил $221,8 \text{ км}^3$. Сток в период весеннего половодья (апрель-июнь) - $121,8 \text{ км}^3$, или 55% годового стока, в зимний период (декабрь-март) водность была наименьшая - $30,6 \text{ км}^3$, или 14% (Бесчетнова, 1967). Во втором периоде (1956-1980 гг.) общий годовой сток выше, но заметна тенденция к его внутригодовому перераспределению - увеличению доли зимних месяцев (декабрь-март) до 22% и снижению в период половодья до 48%. Изменился уровень режим зимних месяцев (Катунин, 1971). В последние годы (2006-2015 гг.) доля стока зимнего периода повысилась с 14 до около 30%. (табл.1).

Объем специального весеннего попуска в нижний бьеф Волгоградского гидроузла назначается ежегодно в соответствии с разработанными «Правилами использования водных ресурсов...» (2012) с целью оптимального удовлетворения часто противоречивых требований к его объему и срокам у различных водопользователей.

В интересах рыбного и сельского хозяйства расчетная обеспеченность экологических попусков в Низовья Волги должна составлять 80-95%.

Таблица 1. Осредненные гидрологические характеристики трех периодов на Нижней Волге за год, зиму и весеннее половодье

Показатели	Створ	1907-1955	1956-1980	2006-2015
год				
Объем водного стока, км ³	г. Волгоград	233,1	263,9	229,0
	с. В. Лебяжье	221,8	-**	222,4
	г. Астрахань	-*	230,0	-
Объем стока взвешенных веществ, млн.т	г. Астрахань	19,3	14,5	2,9
Концентрация взвешенных веществ, г/л	г. Астрахань	0,058	0,044	0,0087
зима				
Объем водного стока, км ³	г. Волгоград	30,6	43,0	64,8
Отметка уровня/превышение, см	г. Астрахань	287/1-24	247/46-62	246/до 100
половодье				
Объем водного стока, км ³	г. Волгоград	132,6	134,0	110,0
	с. В. Лебяжье	121,8	116,0	97,0
	г. Астрахань	-	97,9	95,0
Расход, м ³ /с	г. Астрахань	27000	26290	25000
Продолжительность, сутки	г. Астрахань	83	62	50
Дата начала/конца	г. Астрахань	24.04/15.07	11.04/28.06	19.04/20.06
Продолжительность подъема уровня до максимальной отметки, сутки	г. Астрахань	41	27	9
Продолжительность спада уровня, сутки	г. Астрахань	39	25	10
Отметка максимального уровня, см	г. Астрахань	586	540	543
Дата наступления максимального уровня	г. Астрахань	08.06	25.05	10.05
Температура воды, °С	г. Астрахань	+20	-	+10

* по Б.В. Полякову (1938) – 234 км³

** по К. П. Воскресенскому (1962) – 254 км³

Из материалов А.В. Лебедева (1986), Д.Н. Катунина (2002) следует, что современный (2006-2015 гг.) водный режим при объеме – 95 км³ и максимальном расходе 25000 м³/с соответствует маловодному стоку среднезасушливых лет $P = 75\%$ (табл.2).

Таблица 2. Сток и расходы воды Волги за рассматриваемые три периода в годы различной обеспеченности

Показатели	Годы	Обеспеченность, %						
		5	10	25	50	75	90	95
Объем стока за II квартал, км ³	1907-1955	197	186	166	148	121	107	102
	1956-1980	156	142	117	95	87,9	64	57
	2006-2015	159	150,7	127	115	95	71,6	61,2
Максимальный расход, м ³ /с	1907-1955	45000	43300	38100	32100	27000	22350	20400
	1956-1980	33600	28900	26900	25600	25300	24600	24200
	2006-2015	30000	28000	26900	25600	25000	24600	24200

Низкая обеспеченность водного режима вызвала значительные изменения в

динамике минерализации воды. В весеннее половодье происходило разбавление речных вод маломинерализованными снеговыми водами и спустя 10-15 сут. после прохождения пика половодья наблюдался годовой минимум минерализации - 0,22 г/л. В летне-осеннюю межень с переходом реки на грунтовое питание минерализация воды постепенно повышалась. В настоящее время средняя минерализация воды р. Волги у г. Астрахани в весенний период повысилась с 0,22 до 0,34 г/л главным образом из-за уменьшения стока половодья, а в осенне-зимний понижилась с 0,39 до 0,26 г/л в связи с зимними попусками из Волгоградского водохранилища. Возросла концентрация хлоридов с 0,15 до 0,33 г/л, сульфатов с 0,041 до 0,052 г/л (табл. 3).

Таблица 3. Средние значения гидрохимических показателей, г/л

Показатели	Сезон	ПДК р/х	1907-1955	1956-1980	2006-2015
Минерализация	Весеннее половодье	0,1	0,22	0,33	0,34
	Зимний период		0,39	0,32	0,26
Хлориды	Весеннее половодье	0,3	0,15	0,21	0,33
Сульфаты		0,05	0,041	0,056	0,052
ХПК		0,03	0,012	0,018	0,027
БПК ₅		0,003	-	0,0029	0,0027

Изменение расходов воды и ряда гидрохимических показателей в весеннее половодье по рукаву Бахтемир показано на рис.3.

С ростом расхода воды концентрации Ni, Zn, Pb, ХПК – увеличиваются, а концентрации Cr, Cu, БПК₅ - уменьшаются.

Следствием аномально низкого весеннего половодья 2019 г. явилось снижение уровней в реках и озерах почти на 2 метра ниже средних отметок. Это не только ухудшило качество воды, но и резко сократило места нерестилищ, а высокие температурные показатели способствовали снижению кислорода в воде и гибели рыбы.

При снижении расходов воды во время половодья содержание взвешенных наносов быстро падает, что связано с ослаблением транспортирующей способности потока. Так, по мнению Л.А. Барсуковой (1962) средняя годовая концентрация взвешенных веществ за 1907-1955 гг. составляла 0,093 г/л, за 1956-1980 сни-

зилась до 0,058 г/л, в настоящее время до 0,0087 г/л. С уменьшением концентраций взвешенных веществ сократился их вынос в море.

В период до зарегулирования стока он составлял 19,3 млн.т/год, а по мере зарегулирования вынос постепенно уменьшился до 2,9 млн.т/год (табл.1).

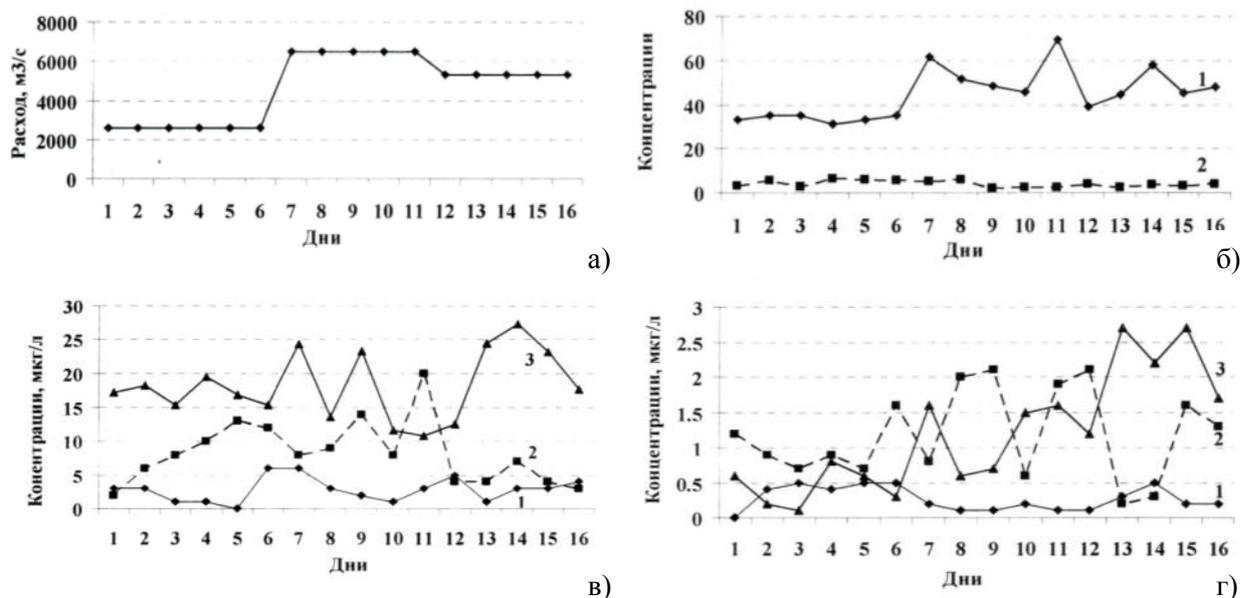


Рисунок 3. Изменение расхода воды (а) и гидрохимических показателей в паводный период в рукаве Бахтемир: б) - ХПК, мгО₂/л (1) и БПК₅, мгО₂/л (2); в) - медь (1), цинк (2), никель (3); г) - хром (1), свинец (2), кобальт (3).

Зарегулирование стока, несомненно, вносило и вносит большой вклад в экологическую обстановку региона, но существенное воздействие оказывают и местные антропогенные факторы: физический износ и технологическая отсталость очистных сооружений промышленных и муниципальных предприятий, их низкая эффективность, отходы сельского хозяйства, распашка земель, приводящая к изменению естественной гидрографической сети, затонувшие суда и др.

Одним из экологически опасных объектов Астраханской области являются так называемые Соколовские нефтяные ямы, представляющие собой грунтовые емкости общей площадью около 63 000 м², глубиной до 2 м, где под воздействием давления грунта и высокой температуры отмечается вытекание нефтепродуктов непосредственно в воду. Уничтожение бугров Бэра, являющихся центрами аккумуляции легкорастворимых солей, приводит к интенсивному распространению

солей в пространстве, что негативно сказывается на экосистемах.

На рис.4 представлены современные изменения гидрологических и гидрохимических показателей водного режима Низовья Волги (рис. 4).

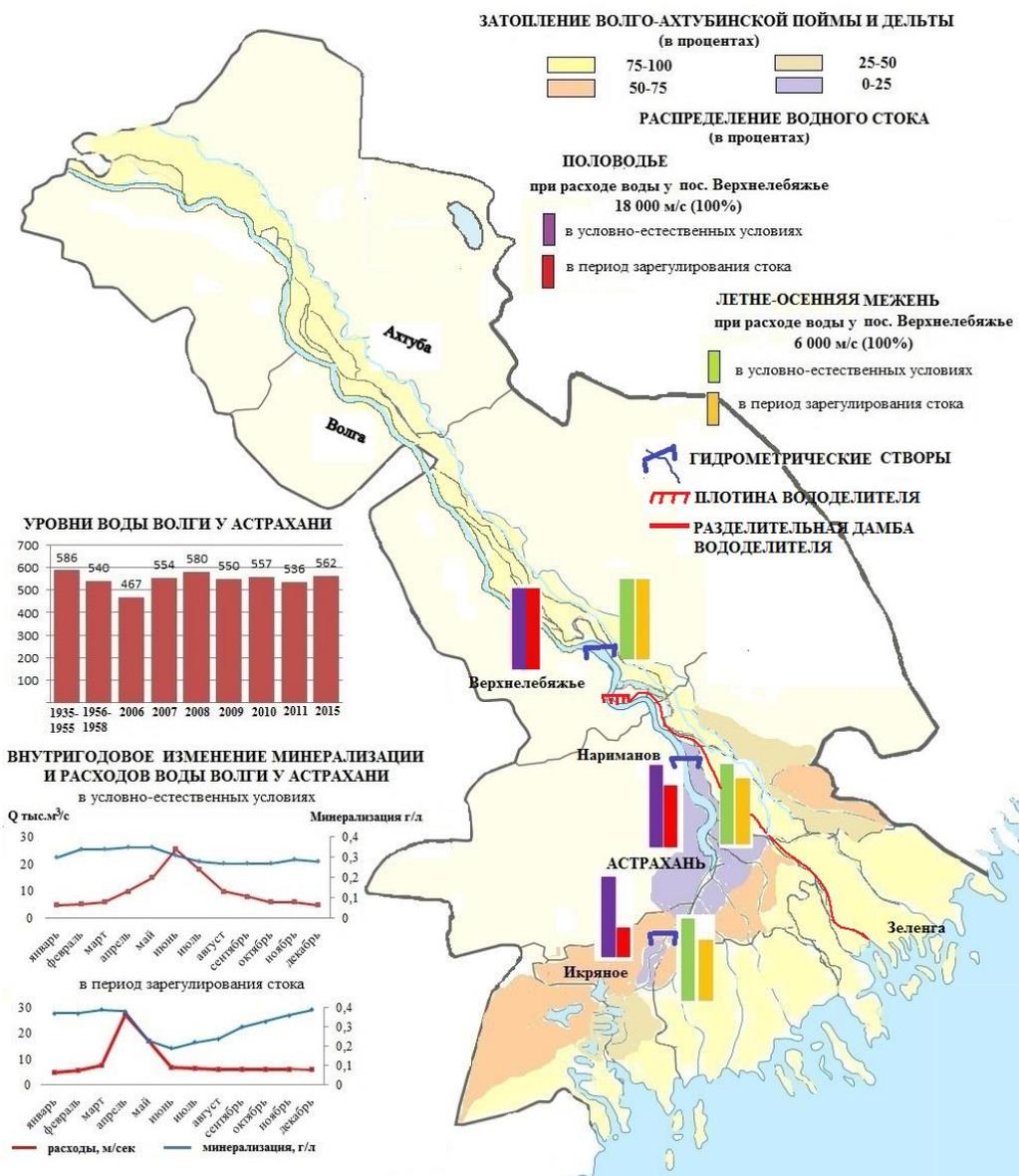
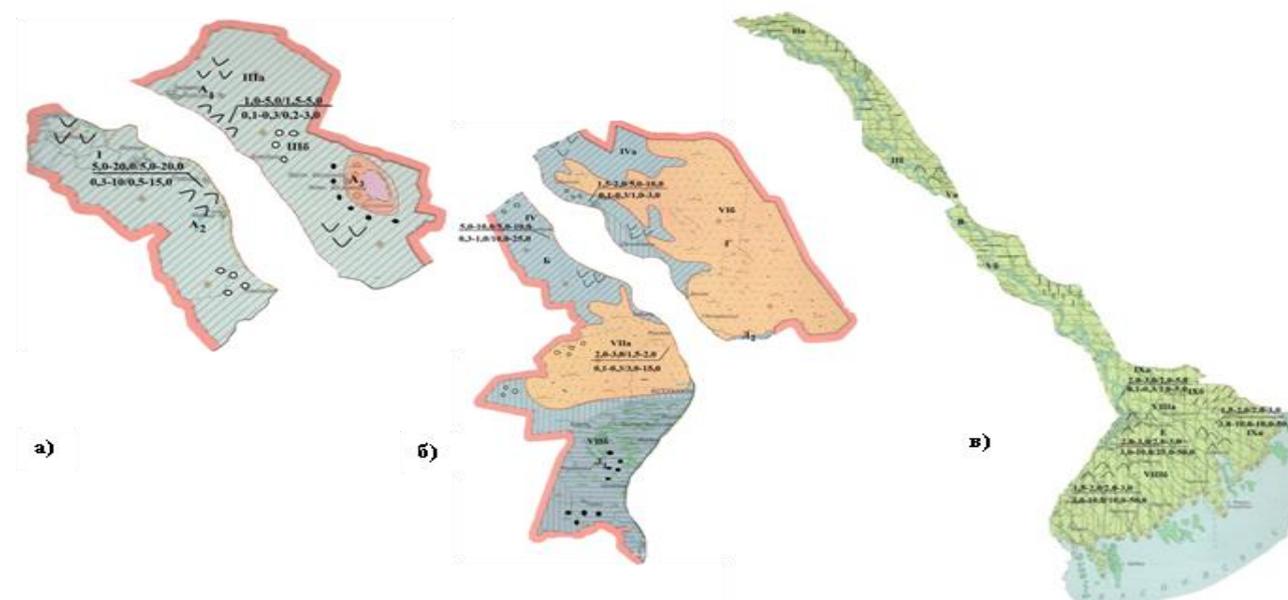


Рисунок 4. Современные изменения гидрологических и гидрохимических показателей водного режима Низовья Волги

Влияние природных факторов и антропогенного воздействия, особенно на местном уровне, привели к необратимым процессам, рассмотренным в третьей главе «Последствия изменений водного режима и качества речных вод для водно-солевого режима почв и грунтов». В ней отражены изменения водно-солевого режима почвогрунтовой толщи в природных комплексах, которые вклю-

чают восемь ландшафтных районов (А₁, А₂, Б, В, Г, Д₁, Д₂, Е) с их типами и подтипами (рис.5, табл. 4), важные для оценки их мелиоративного состояния.



Условные обозначения:

Природный комплекс	Ландшафтный район	Преобладающий тип почв
Полупустынная зона	Волго-Сарпинский (А ₂) Баскунчакский (А ₁) Карстовый внутризональный (А ₃)	<ul style="list-style-type: none"> ☞☞ Светло-каштановые солонцеватые и засоленные суглинистые ∇∇ Бурые полупустынные супесчаные ●● Солончаки луговые суглинистые ○○ Бурые полупустынные солонцеватые, засоленные суглинистые и супесчаные
	Волжско-Приергенинский (Б)	<ul style="list-style-type: none"> ▨ Бурые полупустынные супесчаные; ▩ Бурые полупустынные солонцеватые, засоленные суглинистые и супесчаные
	Волго-Уральский (Г) Западный (Д ₁) и восточный (Д ₂) ильменно-бугровой	<ul style="list-style-type: none"> ▨ Пески слабогумусированные ☼ Луговые засоленные суглинистые, супесчаные ● Солончаки луговые суглинистые
Пустынная зона	Волжско-Приергенинский (Б)	<ul style="list-style-type: none"> ▨ Бурые полупустынные супесчаные; ▩ Бурые полупустынные солонцеватые, засоленные суглинистые и супесчаные
	Волго-Уральский (Г) Западный (Д ₁) и восточный (Д ₂) ильменно-бугровой	<ul style="list-style-type: none"> ▨ Пески слабогумусированные ☼ Луговые засоленные суглинистые, супесчаные ● Солончаки луговые суглинистые
Внутризональный ландшафтный район	Пойменный (В)	<ul style="list-style-type: none"> ▨ Аллювиально-дерновые насыщенные темноцветные слитые глинистые, суглинистые
	Дельтовый (Е)	<ul style="list-style-type: none"> ▨ Аллювиально-лугово-болотные глинистые, суглинистые ▨ Маршевые (молодые) слабозадернованные супесчаные, песчаные

1,0 – 5,0 м – глубина залегания грунтовых вод

0,1 – 3,0 г/л – минерализация

Показатели состояния грунтовых вод -

Рисунок 5. Природные комплексы Низовья Волги в пределах Астраханской области: а) полупустынная зона; б) пустынная зона; в) внутризональный ландшафтный район

Таблица 4. Особенности гидрогеологических условий природных комплексов при изменении водного режима

Природный комплекс	Ландшафтный район	Глубина залегания грунтовых вод, м	Минерализация, г/л	Дренированность	Тип засоления почв
Полупустынная зона	A₁	1-5	1-3 редко 5	слабая	сульфатно-хлоридный
	A₂	5-20	3-5		хлоридно-сульфатный
Пустынная зона	Б	5-10	с севера на юг 5 - более 10	-	сульфатно-хлоридный
	Г	2-5	1-10	слабая	хлоридный
	Д₁	1-3	более 10	отсутствует	сульфатный
Внутризональный ландшафтный район	В	от 0 в период половодья до 5-6	до 5	от интенсивной до слабой	сульфатный
	Е	до 3	10 в северной 50 в южной	слабая	сульфатный

Засоленность почв на отдельных площадях усиливается, что вызвано главным образом ухудшением водного режима области, увеличением засушливости на фоне низкой дренированности территории или практического её отсутствия, нерациональным проведением поливных и дренажных мероприятий. Грунтовые воды в зависимости от рельефа залегают в межень на глубине 2-4 м от поверхности земли, в приморской же части значительно ближе (1-3 м).

На орошаемых участках наблюдается резкое и значительное поднятие уровня грунтовых вод на 1-2 м вследствие высоких фильтрационных свойств покровных отложений и пополнения их за счет фильтрации из оросительных каналов и с орошаемых полей.

Для каждого ландшафтного района установлены тип засоления почв, их токсичность и закономерность распространения площадок в пределах наиболее засоленных почвенных территорий с высоким залеганием уровня грунтовых вод и повышенной минерализацией. До зарегулирования речного стока площадь засоленных почв составляла 10%, после - около 40%. Выявлены изменения водно-солевого режима почво-грунтов в связи с изменением стока Волги в меняющихся условиях природы и хозяйственной деятельности (рис.6)

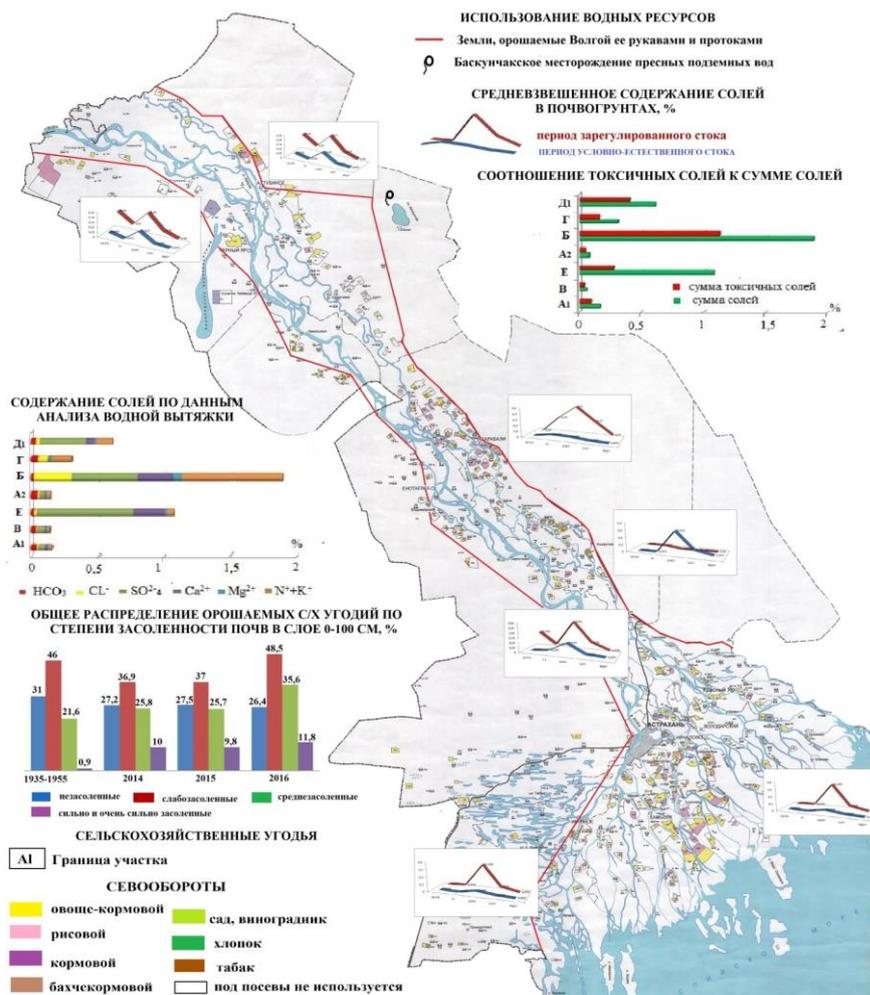


Рисунок 6. Изменение водно-солевого режима под влиянием природных и антропогенных факторов

Изменение содержания солей в зависимости от глубины почвенного профиля на левобережье Ахтубы и правобережье Волги, представлено на рис.7.

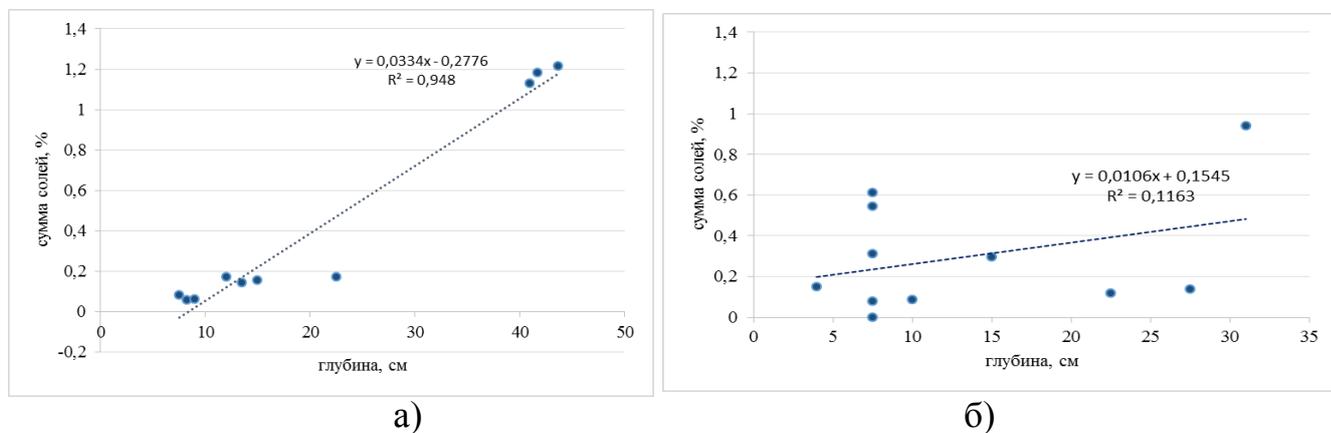


Рисунок 7. Зависимость содержания водорастворимых солей от глубины почвенного профиля: а) левобережье, Ахтуба; б) правобережье, Волга

Установлена связь между глубиной залегания грунтовых вод и речным стоком в период весеннего половодья (рис. 8), что важно для решения вопросов оптимального функционирования экосистемы Волго-Ахтубинской поймы.

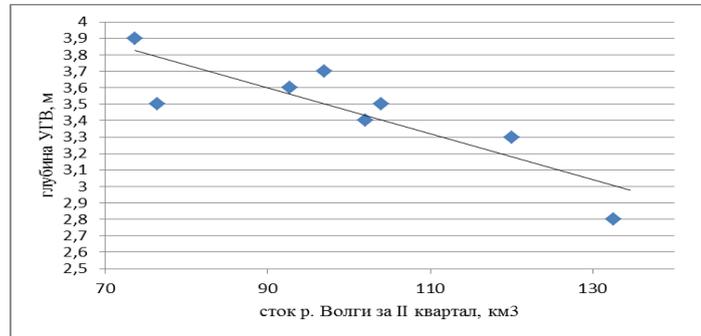


Рисунок 8. Связь залегания грунтовых вод с весенним стоком по г/п Астрахань

Определена критическая глубина залегания грунтовых вод в пределах 3,4-3,5 м при объеме весеннего стока около 100 км^3 . Она зависит от водоподъемной способности почв, величины испаряемости и концентрации воды, подаваемой (или используемой) для орошения. С этих глубин грунтовые воды на орошаемых территориях практически не вызывают и не поддерживают засоленность почв.

Полученные результаты могут быть использованы для выбора орошаемых сельскохозяйственных культур, способов промывки и промывных норм для удаления солей из почвенного профиля, а также других мелиоративных мероприятий.

В четвертой главе «Рекомендации по оптимизации и функционированию природных комплексов Низовья Волги» даются рекомендации по оптимизации использования водных ресурсов Низовья Волги.

Для обеспечения задач регионального природоохранного планирования в Низовьях Волги, работами М.В. Болгова, О.В. Горелиц, И.В. Землянова, В.А. Брылева, Н.А. Богданова, Б.И. Кочурова, Э.И. Бесчетновой, Ю.С. Чуйкова, П.И. Бухарицина и других исследователей определен комплекс необходимых мероприятий.

Радикальным решением проблем рассматриваемого региона было бы максимальное приближение водного режима Нижней Волги к естественным условиям, хотя некоторые изменения приняли уже необратимый характер. Но и при сло-

жившемся водном режиме экологическая и хозяйственная ситуации могут быть существенно улучшены, в том числе за счет осуществления комплекса мер по экономии воды и очистке сточных вод. Нами предложены мероприятия по улучшению состояния природных комплексов в заповедной зоне *Богдинско-Баскунчакского заповедника* Баскунчакского ландшафтного района и района *Волго-Каспийского морского судоходного канала* Дельтового ландшафтного района (см. рис.1).

Богдинско-Баскунчакский заповедник. Жизнедеятельность заповедника в настоящее время оказалась в условиях дефицита питьевой воды. Источником, пригодным для водопоя животных и птиц являются талые воды, накапливающиеся в каскаде искусственных прудов – озер: Верхний, Средний и Малый Кордон, озеро Карасун. Озеро Карасун, площадью 0,6 га, представляет собой карстовую воронку, заполняющуюся дождевыми и талыми водами, объемы которых обеспечивают водопой приблизительно до середины лета. Источники пресной воды к концу лета практически пересыхают и на грани вымирания остаются редкие виды животных и птиц. С целью сохранения биологического разнообразия заповедника необходимо использовать разведанные ранее запасы пресных вод в районе, предназначенные для водоснабжения поселка Верхний Баскунчак, расположенного в нескольких километрах на запад от заповедной зоны. Водоносный пласт, содержащий пресные воды от 0,4-0,6 г/л до 1,0-1,5 г/л, приурочен к пескам четвертичным отложений, залегает на глубине 20 м и прослеживается на территории заповедника. Учитывая обязательную для заповедных зон минимизацию антропогенного вмешательства, подготовлено и внедрено предложение с принципиальной схемой пополнения озерной котловины Карасун подземной водой с минерализацией 1,0-1,5 г/л с глубины 20 м. Суть предложения заключается в извлечении подземных вод из скважины солнечным водяным насосом. Добываемая вода будет подаваться в специальные резервуары для хранения воды, подземные цистерны. Цистерны предполагают защиту от замерзания, стабилизируют температуру воды, и сводят к минимуму вопросы качества воды. При извлечении подземных

вод предусмотрен мониторинг за режимом подземных вод.

Волго-Каспийский морской судоходный канал (Нулевой километр ВКМСК расположен в 3 км ниже истока рукава Бахтемир), объединяет водные пути бассейна р. Волги и Каспийского моря. На канале ежегодно проводятся дноуглубительные работы. Для оптимизации его функционирования рекомендуется в процесс дноуглубления ввести дополнительное звено – саморазгружающееся многоцелевое судно (типа нефтерудовоз). Собранный со дна грунт загружается на судно, которое будет **безвозвратно** вывозить грунт на сушу - для хозяйственных целей, в том числе для обустройства строительных площадок, и т.д. на любых прилегающих территориях имеющих подходы к воде. В этом случае производительность может увеличиться на 30-40 % за счет непрерывной, бесперебойной работы земснаряда; повышения концентрации твердого грунта в трюме многоцелевого саморазгружающего судна за счет отстоя грунта, слива осветленной воды и вторичной дозагрузки судна; безвозвратного удаления изъятых грунтов и невозможности его возврата в ложе канала в течение нескольких лет.

Заключение

Основные научные и практические результаты диссертации заключаются в следующем:

1. Природные комплексы Низовья Волги в настоящее время деградируют в связи с изменениями водного режима и химического состава вод Волги и Ахтубы, а также в результате местного антропогенного воздействия.
2. Неблагоприятные современные гидрологические изменения природных комплексов выражаются в следующем.

За период зарегулированного стока Волги к 2015 г.г. произошло:

- **снижение:** общего годового стока Волги с 233,1 до 229,0 км³; стока в период весеннего половодья с 132,6 до 110 км³; продолжительности весенних разливов с 83 до 50 дней; подъема уровня до максимальных отметок с 41 до 9 сут.; стояния высоких уровней >150 см с 58 до 35 сут.; меженных отметок с 39 до 10 сут.; степени обводнения рыбных нерестилищ до 33%; концентрации взвешенных веществ в

Волге с 0,058 до 0,0087 г/л, а их объема, выносимого в море, с 19,3 до 2,9 млн.т/год.

- **увеличение:** водного стока в зимние месяцы с 31 до 65 км³, что крайне неблагоприятно отразилось на зимовке рыбы; минерализации с 0,22 до 0,34 г/л; концентрации хлоридов с 0,15 до 0,33 г/л и сульфатов с 0,04 до 0,05 г/л.

Изменился температурный режим, что неблагоприятно сказалось на нересте рыб.

3. Выявлены следующие закономерности изменения гидрогеологических показателей природных комплексов и качества вод:

- в зависимости от глубин (от 1,0 м до 5,0-20,0 м) залегания грунтовых вод минерализация варьирует в широких пределах - от пресных - 0,2-1,0 г/л до 5,0-10,0 г/л и 50,0г/л в авандельте. По химическому составу грунтовые воды гидрокарбонатные, сульфатные, хлоридно-сульфатные, сульфатно-хлоридные, реже хлоридные.
- на левобережье Низовья Волги на 1 сантиметр глубины почво-грунтов сумма солей возрастает на 0,033%, на правобережной части выявлено снижение суммы солей на 0,011% с глубиной. Определена критическая глубина залегания грунтовых вод в пределах 3,4-3,5м при объеме волжского весеннего стока около 100 км³.

4. Радикальным решением проблем рассматриваемого региона было бы максимальное приближение водного режима Нижней Волги к естественным условиям, хотя некоторые изменения приняли уже необратимый характер. Но и при сложившемся водном режиме экологическая и хозяйственная ситуации могут быть существенно улучшены, в том числе за счет осуществления комплекса мер по экономии воды и очистке сточных вод. Разработаны рекомендации для улучшения экологического состояния двух природных комплексов – Богдинско-Баскунчакского заповедника и района Волго-Каспийского морского судоходного канала.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

В российских журналах, включенных в текущий перечень ВАК

1. **Токарева А.А.**, Кутлусурина Г.В. К оценке состояния природно-техногенных комплексов Астраханской области в связи с перспективой территориального планирования // *Фундаментальные исследования*. 2015. №2 (12). С. 2621-2626.
2. Кутлусурина Г.В., **Токарева А.А.** Почвенно-гидрологическая характеристика Астраханской области для обоснования мелиоративного районирования // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2016. № 2(22). С. 128-147.

3. Кутлусурина Г.В., **Токарева А.А.** Аналитическая оценка засоленности орошаемых земель Астраханской области // Успехи современного естествознания. 2017. № 4. С. 40-46
4. **Токарева А.А.**, Кутлусурина Г.В., Аронова Ю.В. Роль подземных и поверхностных вод аридной зоны в преобразованиях природных комплексов на примере Астраханской области // Проблемы региональной экологии. 2019. № 1. С.78-89.
5. **Токарева А.А.**, Кутлусурина Г.В., Бухарицин П.И. Изменения речного стока Низовья Волги под воздействием природно-антропогенных факторов // Известия РАН. Серия географическая. 2019. (в печати)

В других рецензируемых изданиях

6. Бухарицин П.И., **Токарева А.А.** Состояние и перспективы развития туризма в Астраханской области // Экологические проблемы. Взгляд в будущее: сб. трудов V Международной научно-практической конференции - Ростов-на-Дону, 2008. С.90-93.
7. Бухарицин П.И., Лабунская Е.Н., Немошкалов С.М., Пархоменко А.М., **Токарева А.А.** Геоэкологическая оценка водных ресурсов Волго-Ахтубинской поймы // Современный мир, природа и человек: межвузовский сборник научных трудов – Томск, 2009. Т.1 №2. С.96-103.
8. Бухарицин П.И., **Токарева А.А.** Гидрологические последствия зарегулирования волжского стока и проблемы обводнения Волго-Ахтубинской поймы // Современное состояние водных ресурсов Нижней Волги и проблемы их управления: материалы научно-практической конференции – Астрахань, 2009. С.44-52.
9. Бухарицин П.И., **Токарева А.А.** Оценка геоэкологического состояния водных ресурсов Нижней Волги на пороге освоения нефтегазовых месторождений Северного Каспия // Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений: материалы III Международной научно-практической конференции. - Астрахань, 2009. С. 23-26.
10. Бухарицин П.И., **Токарева А.А.** Туристско-ресурсный потенциал Волго-Ахтубинской поймы // Астраханские краеведческие чтения: сборник статей под ред. А.А. Курапова – Астрахань, 2010. Вып. II. С.40-47.
11. Пархоменко А.М., Бухарицин П.И., **Токарева А.А.** Физико-химическая характеристика воды и газового режима водоемов северной части Волго-Ахтубинской поймы // Фундаментальные науки и практика: Межвузовский сборник научных трудов с материалами 2-ой Международной телеконференции - Томск, 2010. Т.1 №3. С.41-42.
12. Пархоменко А.М., Бухарицин П.И., **Токарева А.А.** Типизация водоемов Волго-Ахтубинской поймы // Экологические проблемы. Взгляд в будущее: Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции - Ростов-на-Дону, 2010. С.306-307.
13. Пархоменко А.М., Бухарицин П.И., **Токарева А.А.** Физико-химические параметры водоемов северной части Волго-Ахтубинской поймы // ООПТ Нижней Волги как важнейший механизм сохранения биоразнообразия: итоги, проблемы и перспективы: Материалы научно-практической конференции - Волгоград, 2010. С.41-42.
14. **Токарева А.А.** Бухарицин П.И., Аношкина Е.В. Особенности развития экосистем Нижней Волги с учетом сезонных изменений ее гидрологического режима // Материалы IV Всероссийской конференции по водной экотоксикологии - Борок, 2011. Ч. 2. С.175-177.
15. **Токарева А.А.**, Бухарицин П.И. Влияние максимальных расходов воды на состояние водного режима Нижней Волги в период половодья // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2012. №1 (53). С.75-77.