

Гидравлика и инженерная гидрология

Оригинальная статья

УДК 556.5:626.81

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-4-97-106>ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РЕЧНОГО СТОКА НА ПРОЦЕССЫ
ОПУСТЫНИВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ В НИЗОВЬЕ РЕКИ ВОЛГИВ.И. Сметанин^{1✉}, В.А. Шевченко², Хунас Каси³^{1,2} ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова»; г. Москва, Российская Федерация³ Астраханский государственный технический университет; г. Астрахань, Российская Федерация^{1*} smetanin2000@yandex.ru; ORCID iD: 0009-0004-0134-1234² shevchenko.v.a@yandex.ru; ORCID iD: 0000-0002-5444-9693³ hkaci@yandex.ru; ORCID iD: 0009-0005-0830-9699

Аннотация. Цель исследований – оценка влияния хозяйственной деятельности человека на деградацию земель в Астраханской области и поиск основных направлений снижения антропогенной нагрузки на степные ландшафты в низовье Волги. Проведен аналитический анализ источников литературы, картографического материала с использованием искусственного интеллекта, выполнены водобалансовые расчеты и визуальные наблюдения. Показано, что помимо аридизации климата, в Астраханской области на опустынивание степных ландшафтов оказывает хозяйственная деятельность человека – в частности, зарегулирование речного стока Волго-Камского бассейна и добыча углеводородного сырья. Для снижения темпов деградации степных ландшафтов в Астраханской области можно либо изменить климатические условия, либо снизить антропогенную нагрузку на ландшафт. Климат изменить практически невозможно, а антропогенную нагрузку снизить теоретически возможно, если, увеличить речной сток за счет переброски части стока северных рек в низовье Волги и (или) снизить темпы добычи углеводородного сырья. Однако, первое – дорого и неэффективно, второе – маловероятно. Остается один путь – задержать речной сток в низовье Волги на период рыбоводного половодья: в левобережной части дельты, используя существующий Астраханский водodelитель, а в юго-западной – созданием «шпор» в протоках и ериках системы, обеспечивающих подъем уровня воды в них до значений «рыбохозяйственной полки» по рыбоводному графику.

Ключевые слова: аридизация, климат, хозяйственная деятельность, речной сток, гидрографическая сеть, поверхностный сток, подземные, акваториальные воды, почва, почвенный покров, капиллярная кайма, рыбоводная полка, деградация, опустынивание

Формат цитирования: Сметанин В.И., Шевченко В.А., Хунас Каси. Влияние изменения речного стока на процессы опустынивания земель в низовье реки Волги. Природообустройство. 2026;Т.19(4):97-106. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-4-97-106>

Scientific article

THE IMPACT OF RIVER FLOW CHANGES ON LAND DESERTIFICATION
PROCESSES IN THE LOWER REACHES OF THE VOLGA RIVERV.I. Smetanin^{1✉}, V.A. Shevchenko², Hunas Kasi³^{1,2} FGBNU «Federal'nyy nauchnyy tsentr gidrotekhniki i melioratsii imeni A.N. Kostyakova». Moskva, Rossiyskaya Federatsiya³ Astrakhanskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet.; g. Astrakhan', Rossiyskaya Federatsiya^{1*} smetanin2000@yandex.ru; ORCID iD: 0009-0004-0134-1234² shevchenko.v.a@yandex.ru; ORCID iD: 0000-0002-5444-9693³ hkaci@yandex.ru; ORCID iD: 0009-0005-0830-9699

Abstract. The purpose of the research is to assess the impact of human economic activity on land degradation in the Astrakhan region and to search for the main directions for reducing the anthropogenic load on steppe landscapes in the lower reaches of the Volga. Analytical analysis of literature sources,

cartographic material using artificial intelligence, water balance calculations and visual observations are carried out. It is shown that in addition to climate aridization, in the Astrakhan region, human economic activity contributes to the desertification of steppe landscapes, in particular, the regulation of the river flow of the Volga-Kama basin and the production of hydrocarbons. To reduce the rate of degradation of steppe landscapes in the Astrakhan region, it is possible either to change climatic conditions or reduce the anthropogenic load on the landscape. It is almost impossible to change the climate, and it is theoretically possible to reduce the anthropogenic load, if, for example, the river flow is increased by diverting part of the flow of northern rivers to the lower reaches of the Volga and (or) the rate of hydrocarbon production is reduced. However, the first is expensive and inefficient, the second is unlikely. using the existing Astrakhan water divider, and in the south-west – by creating “spurs” in the channels and eriks of the system, ensuring the rise of the water level in them to the values of the “fishery shelf” according to the fish-breeding schedule.

Keywords: aridization, climate, economic activity, river runoff, hydrographic network, surface runoff, groundwater, aquatorial waters, soil, soil cover, capillary border, fish-breeding shelf, degradation, desertification

Citation format: Smetanin V.I., Shevchenko V.A., Hunas Kasi. The impact of river flow changes on land desertification processes in the lower reaches of the Volga River. *Prirodoobustroystvo*. 2026;19(4):97-106. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-4-97-106>

Введение. Аридизация климата, сопровождающаяся повышением среднегодовых температур и уменьшением атмосферных осадков, является первопричиной опустынивания земель степных ландшафтов. Как правило, это связано с испарением влаги, которое в 2...3 раза превышает выпадение осадков, что естественным образом вызывает засуху, потерю почвенного покрова, деградацию и опустынивание земель [1. 2]. На деградацию степных ландшафтов оказывает влияние хозяйственная деятельность человека, дополняя естественные причины, вызывающие опустынивание земель. Выпадение лесов приводит к потере защищенности почвы от ветра и прямых солнечных лучей, ускоряет поверхностный сток и испарение влаги. Чрезмерный выпас скота приводит к вытаптыванию и низкому поеданию, особенно овцами, растительного покрова, к разрушению верхнего слоя почвы. Нерациональное ведение сельского хозяйства приводит к истощению питательных веществ в почве и засолению земель ввиду несовершенства оросительных систем и высоких норм орошения. Немалую роль в процессе опустынивания земель в условиях Астраханской области играет добыча полезных ископаемых, в том числе добыча углеводородов как на суше, так и на шельфе в северной части Каспия.

На процессы опустынивания земель в низовье Волги оказало существенное влияние уменьшение речного стока по сравнению с до-строительным периодом Волго-Камского каскада. Это привело к обмелению естественной гидрографической сети (протоков, ериков в дельте Волги). Обмеление гидрографической сети в свою очередь повлекло понижение уровня грунтовых

вод на водосборе и, как следствие, потерю капиллярной каймы в корнеобитаемом слое почвы, приведшую местами к утрате почвенного покрова на водосборе и облесенности водозащитных полос в системе водоохраных зон водных объектов. Все это послужило причиной интенсификации эрозионных процессов на водосборе, повлекших заиление гидрографической и, как следствие ухудшение нерестовых условий в них.

Аридизация климата и нерациональная хозяйственная деятельность человека являются основными причинами опустынивания земель в Астраханской области.

Цель исследований: оценка влияния хозяйственной деятельности человека на деградацию земель в Астраханской области и поиск основных направлений снижения антропогенной нагрузки на степные ландшафты в низовье Волги.

Материалы и методы исследований. Анализ климатических данных Астраханского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (филиал ФГБУ «Северокавказское УГМС») за период 1979-2024 гг. показал стабильное повышение средней годовой температуры на 0,047°C и ежегодное снижение количества осадков на 1,6 мм в год, что указывает на тренд глобального потепления [1-3].

Динамика изменения среднегодовых температур и ежегодных осадков в Астраханской области на ближайшие годы показывает, что к 2035 г. среднегодовая температура может достичь 12,33°C, а объем осадков – снизиться до 189,6 мм. Это говорит о том, что дальнейшее потепление усиливает аридизацию климата в Астраханской области.

Земли Астраханской области, расположенные в Прикаспийской низменности, состоят из малопродуктивных засоленных, солонцеватых и заболоченных почв; около 80% территории характеризуются маломощным плодородным слоем [4]. Любое негативное воздействие на эти почвы, особенно животных (их копыт) и, в частности, овец, разрыхляющих верхний плодородный слой, делает агроландшафты неустойчивыми. Разреженность растительности снижает задерживаемость почв, что делает их более уязвимыми к водной и ветровой эрозии. При сильных ветрах верхний плодородный слой почвы разрушается и уносится, значительно снижая способность почвы удерживать влагу и питательные вещества. В результате растения теряют возможность укореняться и получать достаточное количество влаги и питательные вещества, что ведет к деградации растительного покрова, делает почву менее способной поддерживать естественные экосистемы, угрожая биоразнообразию и устойчивости степных ландшафтов [5].

Растительность области отличается низкорослостью, разреженностью и низкой продуктивностью, а сформировавшиеся засоленные земли и солончаки в большей степени подвержены ветровой эрозии. Опустыниванию также способствует миграция саранчи. В источниках литературы отмечается, что на протяжении истории нашествие саранчи в Астраханской области было распространенным. Стаи саранчи, насчитывающие несколько миллиардов особей, образуют «летучие облака», или «тучи». Площадь летучего облака может достигать до 1000 км², а общая его масса – до 2-3 тыс. т. Саранча представляет колоссальную угрозу для сельского хозяйства и продовольственной безопасности, сметая все на своем пути (листья, плоды, кору деревьев, стебли, растительный покров) и превращая сельскохозяйственные угодья в выжженную землю. Так, в июне 2026 г. саранча не оставила «без внимания» и Астраханскую область.

Наибольшее воздействие на процессы опустынивания в Астраханской области оказывают ветра западного и восточного направлений. Преобладающие ветра, дующие с запада по румбам ЮЗ, З, СЗ, составляют 35%, способствуя процессам опустынивания на территориях Наримановского, Енотаевского и Лиманского районов, расположенных на правобережной стороне Волги.

На восточной (левобережной) части Волги активизация процессов опустынивания на территориях Харабалинского, Красноярского районов и северной части Володарского района вызвана

преобладающими ветрами, дующими с востока по румбам СВ, В, ЮВ, которые составляют 47% [6].

Помимо причин природного характера, вызывающих деградацию земель в Астраханской области, на опустынивание территорий опосредованно оказало влияние зарегулирование речного стока Волго-Камского бассейна: во-первых, уменьшился общий речной сток в низовье Волги до 30 км³/год; во-вторых, произошло снижение уровня воды в Каспийском море до отметки минус 29 м.

За непосредственный речной сток в низовьях отвечает Волжская ГЭС, рис. 1. Начало строительства пришлось на 1950 г., ввод гидроагрегатов в эксплуатацию происходил с 1958 по 1962 гг. [3].

Основные параметры ГЭС:

- установленная электрическая мощность по состоянию на 2025 г. – 2734 МВт [2];
- годовая выработка электроэнергии в 2024 г. – 12513 млн кВтч;
- расчетный напор – 20-21,5 м;
- количество и тип гидроагрегатов – 22 вертикальных гидроагрегата с поворотными турбинами, из них 7 – мощностью по 115 МВт, 5 – по 120 МВт, 10 – по 125,5 МВт [2];
- расчетный расход воды через турбины – 18900 м³/с [2];
- здание ГЭС – руслового типа, совмещенно с донными водосбросами, длина составляет 736 м, ширина – 90 м, наибольшая высота – 71 м. Здание ГЭС выполнено из монолитного железобетона, разделено на 11 секций, в каждой из них расположены по 2 гидроагрегата и по 4 донных водосброса.

Бетонная водосливная плотина имеет длину 725 м, высоту – 44 м, а также 3 земляные плотины, возведенные намывным способом, общей длиной 3253 м. Пропускная способность водосливной плотины (без учета рыбоподъемника) составляет 30850 м³/с при нормальном подпорном уровне (НПУ) и 37500 м³/с при форсированном подпорном уровне (ФПУ).

Площадь Волгоградского водохранилища при нормальном подпорном уровне составляет 3117 км², длина – 524 км, максимальная ширина – 17 км, максимальная глубина – 41 м; полная и полезная емкость – 31,45 и 8,25 км³ соответственно.

Основными причинами снижения речного стока в низовье Волги стали потери воды из водохранилищ Волго-Камского бассейна на испарение, фильтрацию и диверсификация его в сторону гидроэнергетической ориентации.

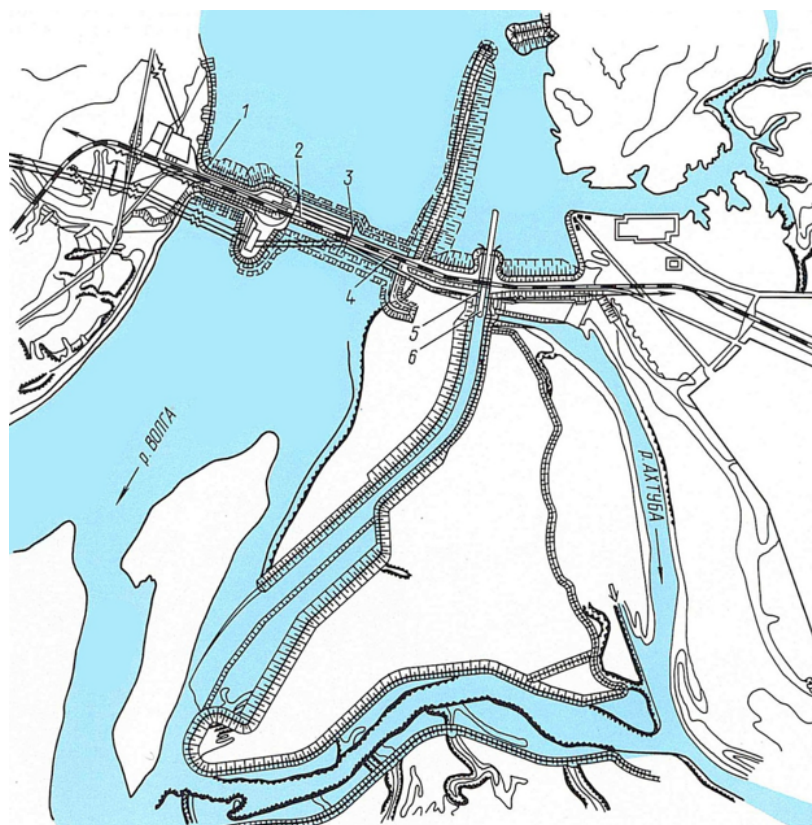


Рис. 1. План сооружений Волжского гидроузла:

1 – земляная плотина; 2 – ГЭС; 3 – рыбоподъемник;
4 – водосливная плотина; 5 – межплузовая ГЭС; 6 – шлюз

Fig. 1. Plan of the Volga hydroelectric complex:

1 – earth dam; 2 – hydroelectric power station; 3 – fish lift; 4 – spillway dam;
5 – inter-lock hydroelectric power station; 6 – lock

Гидроэнергетика в отличие от тепловой и атомной играет важную роль в обеспечении надежности работы Единой энергосистемы России. Однако гидроэнергетика имеет и свои существенные недостатки: например, возникают трудности обеспечения судоходства, водоснабжения, орошения засушливых земель, нарушается нерест тутовых и проходящих рыб и др.

На фоне уменьшения годового речного стока Волго-Камского бассейна около $30 \text{ км}^3/\text{год}$ в низовье Волги произошло снижение уровня воды в Каспийском море до отметки минус 29 м.

В период весеннего половодья при сбросе около $25000 \text{ м}^3/\text{с}$ уровень воды в нижнем бьефе Волжской ГЭС составил около минус 4 м. В межень, когда расход воды не превышает $10000 \text{ м}^3/\text{с}$ уровень воды в нижнем бьефе достигает отметки минус 8 м (по Балтийской системе высот). Уровень воды на раскатах остается практически неизменным и составляет минус 29 м. Изменение уровней воды в нижнем бьефе Волжской ГЭС при неизменном низком уровне воды в Каспийском море формирует разные гидравлические уклоны потока в годовом разрезе времени:

в паводок они увеличиваются, в межень уменьшаются, см. (1, 2 и 3, 4).

$$Z_{\Pi} = \nabla_{(\text{НБ})}(-4) - \nabla_{(\text{К})}(-29) = 25; \quad (1)$$

$$i_{\Pi} = \frac{Z_{\Pi}}{L} = \frac{25}{800000} = 4,125 \times 10^{-4}; \quad (2)$$

$$Z_{\text{М}} = \nabla_{(\text{НБ})}(-8) - \nabla_{(\text{К})}(-29) = 21; \quad (3)$$

$$i_{\text{М}} = \frac{Z_{\text{М}}}{L} = \frac{21}{800000} = 2,625 \times 10^{-4}, \quad (4)$$

где Z_{Π} – кинетическая энергия потока в низовье реки Волга в период половодья, м; ∇_{20} – уровень воды в нижнем бьефе Волжской ГЭС в период половодья, м; $\nabla_{(-29)}$ – уровень воды в Каспийском море, м; $Z_{\text{М}}$ – кинетическая энергия потока в низовье реки Волга в период межени, м; ∇_{11} – уровень воды в нижнем бьефе Волжской ГЭС в период межени; i_{Π} – продольный гидравлический уклон потока в период половодья; $i_{\text{М}}$ – продольный гидравлический уклон потока в период межени; L – расстояние от створа Волжской ГЭС до раскатов по воде около 800 км.

При сбросе в нижний бьеф паводковых расходов создается «волна» с отметкой гребня минус 4 м, постепенно растекаясь по длине, формирует поток с гидравлическим уклоном $i_{\Pi} = 4,125 \times 10^{-4}$, при котором растет скорость ее добега

до раскатов, но сокращается время поддержания требуемых уровней воды в гидрографической сети в системе дельты.

При сбросе меженных расходов формируется «волна» с отметкой гребня примерно минус 8 м, формируя поток с меньшим продольным гидравлическим уклоном, например, при расходе $10000 \text{ м}^3/\text{с}$ составляет $i_m = 2,625 \times 10^{-4}$. При меженных расходах увеличивается продолжительность добегания волны до раскатов, но при малых уровнях воды в гидрографической сети дельты.

Резюмируя отмеченное, следует отметить, что в период половодья образуется высокая «волна» добегания, сформированная большими попусками, достаточно быстро «пролетает» от ГЭС до раскатов, не успевая обеспечить требования водопользователей в низовье Волги, а в период меженных расходов происходит просадка уровней воды в гидрографической сети дельты Волги и грунтовых вод на водосборе.

С 70-х гг. XX в. в Астраханской области началось интенсивное освоение месторождений углеводородного сырья. На месте бывших степных ландшафтов построены завод, административные и жилые здания, созданы полигоны для размещения отходов и хранения серы, подземные хранилища сырья, токсичных отходов, проведены продуктопроводы, транспортные магистрали и т.д.

Добыча углеводородов на шельфе сопряжена с загрязнением акваториальных вод нефтепродуктами и сырой нефтью. Образующаяся

на поверхности воды нефтяная пленка препятствует развитию личинок комаров и мошки, являющихся кормовой базой для ихтиофауны, что влияет на сокращение рыбных запасов в северной части Каспия [7]. Как показывает практика, освоение месторождений углеводородов в Астраханской области оказывает существенное негативное воздействие на почву, поверхностные, грунтовые и подземные воды, атмосферный воздух.

На процессы опустынивания оказывает влияние так называемый социальный фактор. В летний период за счет развития организованного и неорганизованного туризма численность населения увеличивается, соответственно возрастают водопотребление, водоотведение и образование отходов производства и потребления, в том числе ТКО, преимущественно в сельской местности. Образовавшиеся отходы оказывают негативное воздействие на атмосферный воздух, почву, поверхностные и грунтовые воды в местах их постоянного размещения. Урбанизация территорий увеличивает площадь водонепроницаемых площадей, поверхностный сток с которых стекает непосредственно в ближайшую гидрографическую сеть, минуя подпочвенные горизонты [7].

Наблюдения за речным стоком реки Волга и изменением уровня Каспийского моря за 2011–2024 гг. (рис. 2) показали, что при незначительном приросте речного стока за 14 лет (около $5 \text{ км}^3/\text{год}$) уровень воды в море не повысился, а упал за тот же период в среднем на 0,6 м.

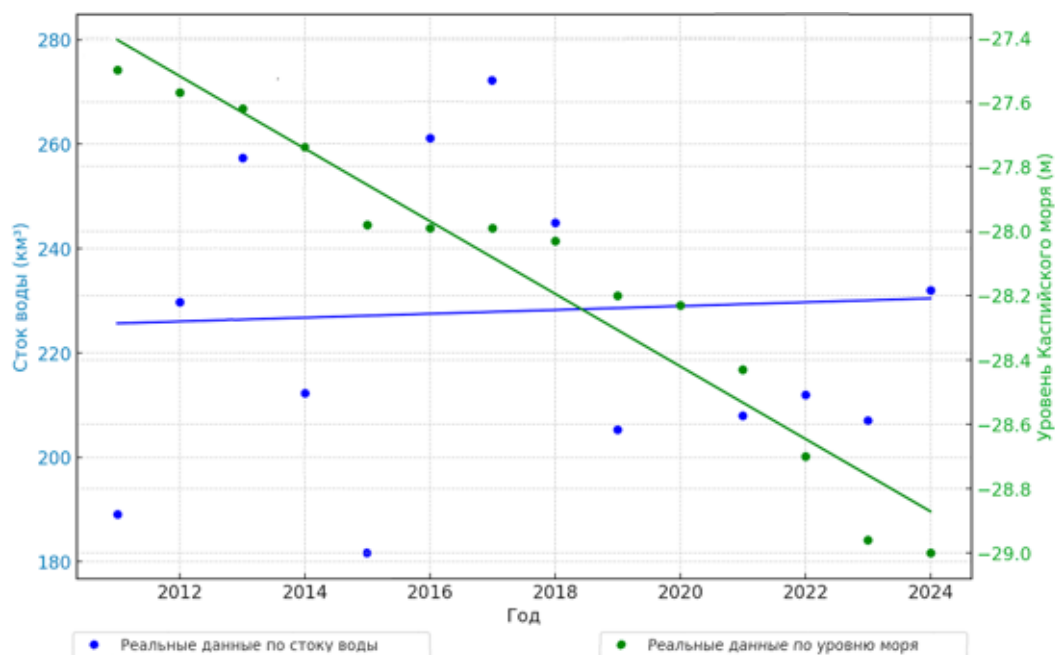


Рис. 2. Изменение речного стока реки Волга и уровня Каспийского моря за 2011–2024

Fig. 2. Changes in the river flow of the Volga River and the level of the Caspian Sea for 2011–2024

Колебание уровня воды в Каспийском море зависит как от природных геотехнических особенностей региона, так и от поступления поверхностного стока впадающих рек.

Последние исследования котловины Каспия показали, что она сформировалась и развивается под преобладающим воздействием горизонтальных тектонических движений, связанных с пульсационным давлением выступа Аравийской плиты. Этот тектогенный механизм «Сжатие-растяжение» периодически приводил к сжатию или растяжению котловины Каспия, а соответственно – к повышению или понижению уровня моря.

Основные колебания уровня Каспия в XX в. были тесно связаны с крупномасштабными геодинамическими процессами на обширных территориях. Аномальное падение уровня моря в 1929-1940 гг. совпадает с резкой активизацией сейсмичности в северных альпийских горных системах: Карпатах, Крыму, Кавказе и прилегающей части юга Русской равнины, а аномальное повышение уровня Каспия в 1978-1995 гг. соответствует периоду резкой активизации сейсмичности в средних альпийских орогенах: северо-западной Турции, Малом Кавказе, северном Иране, западной Туркмении. Можно полагать, что колебания уровня Каспия в известной мере являются региональной реакцией на глобальные изменения природной среды [8].

Естественным является то, что на изменение уровня воды в Каспийском море влияют поверхностный приток впадающих рек, атмосферные осадки, приток подземных вод, а также испарение с водной поверхности моря и сток воды из моря в залив Кара-Богаз-Гол. Состояние уровня в море можно оценить соотношением приходной и расходной частей водного баланса.

Так, приходная часть (ПЧ) водного баланса, км³/год, составляет:

$$\text{ПЧ} = \text{П} + \text{АО} + \text{Пп/в} = 290 + 66,78 + 2,9 = 359,68 \text{ км}^3, \quad (5)$$

где П – поверхностный приток впадающих рек (в Каспийское море впадают 130 рек, из них – Волга, Урал, Терек, Кура, Сулак, Самур и реки Иранского побережья) при среднегодовом речном притоке в море 290 км³, в том числе 215...224 км³ из Волги; АО (атмосферные осадки) – выпадает в год около 180 мм, или около 66,78 км³; Пп/в (приток подземных вод) – около 1% от общего притока.

Расходная часть (РЧ) водного баланса, км³/год, составляет:

$$\text{РЧ} = \text{Е} + \text{Скбг} = 445 + 20 = 465 \text{ км}^3, \quad (6)$$

где Е – испарение с поверхности Каспийского моря, около 1000...1400 мм/год, или около 445 км³/год; Скбг – сток воды из моря в залив Кара-Богаз-Гол в зависимости от уровня моря не более 20 км³/год (при уровне моря примерно 30,5 м Скбг = 0).

Полученные результаты по формулам (5) и (6) показывают, что расходная часть водного баланса превалирует над приходной в сумме на 105,32 км³/год. Недостаточное количество водной массы, поступающей в Каспийское море, тоже привело к снижению его уровня. Это примерно тот объем, на что необходимо увеличить приходную часть водного баланса, при которой произойдет стабилизация падения или некоторое повышение уровня. Уменьшить дисбаланс между приходной и расходной частями можно за счет увеличения поверхностного притока впадающих рек. Например, в 80-е гг. прошлого столетия намечались системы 1 и 2 очереди переброски части стока северных рек в бассейн Волги. В соответствии с технико-экономическим обоснованием, уточненным в 1982 г. по замечаниям ГЭК Госплана СССР, переброска части стока северных рек в бассейн реки Волги намечалась с разбивкой на очереди и этапы, отраженные в таблице 1.

Таблица 1. Объемы переброски части стока северных рек в бассейн Волги [9]

Table 1. Volumes of transfer of part of the flow of northern rivers to the Volga basin [9]

1 очередь		
I этап	Из озер Лача, Воже	1,8 км ³ /год
	из озера Кубенского и р. Верхней Сухоны	4 км ³ /год
II этап	из озера Онежского	3,5 км ³ /год
III этап	из р. Печоры	9,8 км ³ /год
2 очередь		
I этап	из рек Нижней Сухоны и Малой Северной Двины	10,2 км ³ /год
II этап	из Онежской губы Белого моря	37,7 км ³ /год
Итого	По переброске	67 км ³ /год

Строительство первого этапа первой очереди было включено в Продовольственную программу СССР со сроком окончания строительных работ в 1990 г. Окончание строительства II этапа первой очереди было намечено на 1992 г., а срок ввода в действие объектов III этапа – на 1995 г. По второй очереди переброски окончание строительства первого этапа планировалось на 2005 г., а второго этапа на 2010-2015 гг.

Если при поступлении в Каспий дополнительно $1 \text{ км}^3/\text{год}$ речного стока без учета потерь теоретический прирост уровня может составить около 2,6 мм, то при ежегодном поступлении дополнительных 67 км^3 речного стока, планируемого за счет переброски стока северных рек в Волгу, подъем уровня в Каспии мог бы составить около 174,2 мм. Чтобы теоретически поднять уровень воды в Каспии на высоту около 3 м, потребуется примерно 17 лет без учета потерь воды по трассе переброски и из самого Каспийского моря.

Предварительные расчеты показали, что переброска части стока северных рек в бассейн Волги проблему обводнения низовья Волги и обмеления Каспия в ближайшем будущем не решит. Но проблему обводнения Волго-Ахтубинской поймы и обеспечения рыбохозяйственной полки по рыбоводному графику в низовье Волги необходимо решать в первую очередь за счет диверсификации речного стока в разрезе года, отдавая предпочтение обеспечению «рыбохозяйственной» полки по рыбоводному графику с учетом забора воды на сельскохозяйственное орошение, не забывая о гидроэнергетике и о других водопользователях.

Водопропускные сооружения Волжской ГЭС способны пропустить речной сток из водохранилища в низовье Волги в объеме при НПУ 1568, при ФПУ 1778 $\text{км}^3/\text{год}$, табл. 2.

Как следует из данных таблицы 2, существующие водопропускные и водосбросные сооружения Волжской ГЭС способны «безболезненно» пропустить Волжский сток и часть стока северных рек, перебрасываемого в Волгу, в объеме свыше $317 \text{ км}^3/\text{год}$, что не требует строительства

дополнительных водосбросных и рыбопропускных сооружений из Волгоградского водохранилища или в него.

Далее речной сток по основному руслу, протокам и ерикам, через «раскаты» поступает в Каспийское море. В результате сброса речного стока в низовье Волги создается гидрологический режим с образованием волны «добегания» от Волгоградского гидроузла по протокам и ерикам до «раскатов».

Как отмечалось выше, по мере увеличения сбрасываемого расхода в нижний бьеф формируется паводковая волна с высоким «гребнем», которая при высоком градиенте напора добежит до «раскатов», смешивается с водами Каспийского моря и оказывается неиспользованной как водный ресурс. Быстрое «добегание» паводковой волны до Каспия уменьшает продолжительность обводнения полей Волго-Ахтубинской поймы и стабильность рыбохозяйственной полки по рыбоводному графику в протоках и ериках дельты Волги. В нерестовом цикле рыб должно соблюдаться соответствие начала обводнения нерестилищ, наступления нерестовых температур воды, захода производителей на полои степени подготовленности благоприятных условий для развития потомства [10, 11].

К сожалению, интересы гидроэнергетики и требования рыбного и сельского хозяйства по использованию водных ресурсов при управлении волжским стоком существенно расходятся. В докладе «Об экологической ситуации в Астраханской области в 2023 году» приведены показатели дезинтеграции попусков между гидрологическими и биологическими потребностями в период нерестового цикла рыб: запаздывание сроков затопления полей при высокой скорости подъема высоты волны половодья, ранняя подача максимальных расходов воды в нижний бьеф Волжской ГЭС при малой продолжительности обводнения нерестилищ и быстром спаде волны половодья [10, 11].

С целью снижения негативного воздействия зарегулированного сброса речного стока

Таблица 2. Водопропускная способность сбросных сооружений и среднегодовой речной сток

Table 2. Discharge capacity and average annual river flow

№	Наименование	Речной сток, $W, \text{ км}^3/\text{год}$
1	Максимальный возможный сток через турбины	596
2	Максимальный возможный сток, сбрасываемый через бетонную водосливную плотину: При НПУ При ФПУ	972 1182
3	Среднегодовой речной сток реки Волги	240-250
4	Среднегодовой речной сток из северных рек, перебрасываемый в бассейн Волги	67

в низовье Волги в 50 км к северу от Астрахани был построен Астраханский вододелитель для распределения волжской воды между рукавами Волги, Ахтубы и Бузана (рис. 3).

В состав сооружений вододелителя входят: бетонная плотина длиной 1067 м с водосливным фронтом 900 м. Бетонная плотина состоит из двух судоходных пролетов шириной по 110 м, перекрываемых затворами массой по 1200 т каждый. Плотина включает в себя 33 регуляционных бетонных пролета шириной по 20 м каждый, двухниточный рыбопропускной шлюз с двумя камерами по 10 м и судоходный шлюз докового типа (длина камеры – 290 м, ширина – 30 м, глубина на пороге – 5,5 м).

Земляная плотина высотой 2,2 м имеет длину 1317,9 м. Вододелитель при весенних паводочных расходах, сбрасываемых через Волжскую ГЭС, обеспечивал подпор воды до 4,5 м, необходимый для обводнения нерестилищ Волго-Ахтубинской поймы и восточной части дельты в нужный период времени по рыбоводному графику.

Для подачи воды большего объема в восточную часть Волжский рукав временно перекрывался затворами, уровень в верхнем бьефе вододелителя повышался, обводняя Волго-Ахтубинскую пойму и затопляя нерестилища восточной части дельты через Бузан. Суда в данный период проходили через судоходные шлюзы. В этот период удовлетворялись и рыбоводческая, и сельскохозяйственная гидрологические полки. Вододелитель был введен в эксплуатацию в 1977 г. и использовался всего 6 раз: в 1977, 1978, 1982, 1983, 1988, 1989 гг., причем общая продолжительность его работы составила 160 дней (в среднем 20-30 дней в году). После 1989 г. Астраханский вододелитель не эксплуатируется по причине его «неэффективности» [12].

Результаты и их обсуждение. Анализ климатических данных за период 1979-2024 гг. показал тенденцию изменения природно-климатических условий в Астраханской области, проявляющихся в стабильном повышении средней годовой температуры, ежегодном снижении количества осадков, повышении ветровой активности, послуживших в качестве основной причины деградации и опустынивания степных ландшафтов. К активным причинам опустынивания территорий можно отнести хозяйственную деятельность, в результате которой формируется антропогенная нагрузка, которая приводит к потере растительного покрова, лишая защищенность почвы от ветра и прямых солнечных лучей, а чрезмерный выпас скота приводит к вытаптыванию растительного покрова и разрушению верхнего слоя почвы. Нерациональное ведение сельского хозяйства приводит к истощению питательных веществ в почве и засолению земель ввиду несовершенства оросительных систем и высоких норм орошения. Немалую роль в процессе опустынивания земель в условиях Астраханской области играет добыча полезных ископаемых, особенно добыча углеводородов, как на суше, так и на шельфе в северной части Каспия. Особое влияние на процесс опустынивания земель в низовье Волги оказало уменьшение речного стока по сравнению с достроительным периодом Волго-Камского каскада (понижение уровня воды в Каспийском море до отметки минус 29 м), что привело к обмелению естественной гидрографической сети (протоков, ериков в дельте Волги), понижению уровня капиллярной каймы в корнеобитаемом слое почвы на водосборе.

1. Для предотвращения дальнейшей деградации земель и опустынивания территорий в Астраханской области в информационном пространстве рассматриваются некоторые



Рис. 3. Волжская часть Астраханского вододелителя
(из материалов свободного доступа в Интернете)

Fig. 3. Volga part of the Astrakhan water divider
(Свободный доступ в интернете)(Free access on the Internet)

«реанимируемые» проекты: переброска части стока северных рек в бассейн реки Волги в объеме 67 км³/год. Проект предлагает машинный подъем планируемого объема на высоту около 70 м без учета гидравлических потерь в зависимости от дальности транспортирования, а также без учета затрат на строительство всей системы.

2. В качестве альтернативы переброске может послужить реанимация Астраханского вододеливателя в системе управления речным стоком в низовье реки Волги по рыбоводному графику. Обеспечивая подпор воды перед вододеливателем до 4,5 м, можно достичь необходимого обводнения нерестилищ Волго-Ахтубинской поймы и восточной части дельты в нужный период времени по рыбоводному графику.

3. Для обводнения территорий Наримановского, Енотаевского и Лиманского районов, расположенных на правобережной стороне Волги, можно предложить два пути:

– построить обводнительную систему закрытого типа с забором воды с машинным водоподъемом насосной станцией, устанавливаемой выше вододеливателя и подающей волжскую воду по системе трубопроводов в водонакопительные резервуары или ильмена вне нерестового графика;

– для обводнения западной части дельты на юго-западе Астраханской области предлагается создание системы «шпор» в протоках и ериках, обеспечивающих подъем уровня воды в них до значений «рыбохозяйственной полки» по рыбоводному графику.

4. Повышение уровня воды в гидрологической сети низовья Волги в течение обеспечения гидрологической рыбоводной полки и выдерживание ее в течение нерестового графика позволят обводнить прибрежные территории и сохранить облесенность водоохранных зон, включая в их

состав прибрежные защитные полосы, и тем самым снизить процесс опустынивания территорий.

Выводы

В качестве основной причина, вызывающих опустынивание земель в Астраханской области, служат аридизация климата и хозяйственная деятельность человека – в частности, зарегулирование речного стока Волго-Камского бассейна и добыча углеводородного сырья. Изменить климат невозможно, снизить темпы добычи углеводородного сырья маловероятно, а увеличить речной сток за счет переброски части стока северных рек в бассейн реки Волга будет дорого и вряд ли эффективно. Остается один путь: задерживать часть речного стока в низовье реки Волга.

Для этого, на период половодья в левобережной части дельты использовать существующий Астраханский вододеливатель, а для обводнения и затопления правобережных ильменей на юго-западе Астраханской области создать систему «шпор» в протоках и ериках, обеспечивающих подъем уровня воды до значений «рыбохозяйственной полки» по рыбоводному графику.

Повышение уровня воды в гидрологической сети в дельте Волги до уровня рыбоводческой полки и выдерживание ее в течение нерестового графика позволят обводнить прибрежные территории и сохранить облесенность водоохранных зон и прибрежных лесозащитных защитных полос, и тем самым снизить антропогенную нагрузку на степные ландшафты.

Кроме того, на всех этапах природопользования необходимо своевременно выполнять работы по природообустройству вновь осваиваемых территорий с использованием природоподобных технологий рекультивации нарушенных, деградированных и залежных земель.

Список использованных источников

1. Изменения климата / Астрахань, Астраханская Область // Россия, 46.35°С48.04°В, 12 м над уровнем моря URL: <https://meteo-blue.com> (дата последнего посещения 30.04.2025 г)
2. Сметанин В.И., Каси Хунас. Особенности опустынивания земель в Астраханской области // Орошаемое земледелие. 2025. № 3(50). С. 25-31. DOI: 10.35809/2618-8279-2025-3-4. EDN: QAQLNI
3. Волжская ГЭС – мощность электростанции и её технические характеристики, год ввода в эксплуатацию, расположение и конструкция URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Волжская_ГЭС. (дата обращения: 22.06.2026)
4. Агрохимическая характеристика почв Астраханской области: Справочник / Ю.Б. Салина [и др.]. Астрахань, 2020. 68 с.
5. Деградация земель, опустынивание и устойчивое землепользование: концепции и термины / Г.С. Куст,

References

1. Changes in climate / Astrakhan, Astrakhan region // Russia, 46.35°S48.04°V, – 12 m above sea level URL: <https://meteo-blue.com> (last visited 30.04.2025)
2. Smetanin V.I., Kasi Hunas. Features of desertification of lands in the Astrakhan region // Irrigated agriculture. 2025. № 3(50). P. 25-31. DOI: 10.35809/2618-8279-2025-3-4. EDN: QAQLNI
3. Volzhskaya HPP – power of the power plant and its technical characteristics, year of commissioning, location and construction URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Волжская_HPES. (accessed: 22.06.2026)
4. Agrochemical characteristics of soils of the Astrakhan region: Reference book / Yu.B. Salina. Astrakhan, 2020. 68 p.
5. Land degradation, desertification and sustainable land use: concepts and terms / G.S. Kust, O.V. Andreeva, I.S. Zonn [i dr.]; edited by G.S. Kust; Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Scientific Coordination

О.В. Андреева, И.С. Зонн [и др.]; под редакцией Г.С. Куста; Институт географии РАН, Научно-координационный центр по борьбе с опустыниванием и смягчению последствий засухи имени Н.Ф. Глазовского. М.: МАКС Пресс, 2024. 205 с.

6. Вайчулис Г.В., Быстрова И.В., Смирнова Т.С. Опустынивание земель южных регионов России. Возможные пути решения проблемы // Научные высказывания. 2021. № 2 (2). С. 29-31. URL: <https://nvjournal.ru/article/39-opustinivanie-zemel-yuzhnikh-regionov-rossii-vo>. (дата последнего посещения 30.04.2025 г)

7. Доклад «Об экологической ситуации в Астраханской области в 2023 году», г. Астрахань, 2024 г. URL: <https://nvjournal.ru/article/39-opustinivanie-zemel-yuzhnikh-regionov-rossii-vo>.

8. Долговременный мониторинг и сохранение колониальных водных птиц Северного Каспия в связи с многолетними колебаниями уровня Каспийского моря: монография / [Э.В. Рогачева и др.; отв. ред. Э.В. Рогачева, Н.А. Литвинова; Ин-т проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Рос. акад. наук, Астрах. гос. природ. биосфер. заповедник. М.: Астрах. гос. природ. биосфер. заповедник; Астрахань: Волга, 2005. 270 с.

9. Техничко-экономическое обоснование, уточненное в 1982 г. по замечаниям ГЭК Госплана СССР. Перевоска части стока северных рек в бассейн реки Волги. Москва. «Союзгипроводхоз». 1982.

10. Жезмер В.Б., Бубер А.Л. Соответствие современных показателей гидроэкологического режима Низовьев Волги основным требованиям нерестового цикла рыб Волго-Каспийского рыбопромыслового подрайона // Природообустройство. 2018. № 5. С. 21-30. EDN: YRRVAD

11. Катунин Д.Н., Хрипунов И.А., Алехина Р.П. Экологизация попусков воды на Нижнюю Волгу // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2000 год. Астрахань: КаспНИРХ, 2001. С. 33-38.

12. Астраханский вододелитель на реке Волге (Астраханская область) URL: <https://cruiseinform.ru> (дата обращения: 22.06.2026)

13. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N74-ФЗ (ред. от 29.12.2025) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2026)

14. Сметанин В.И., П.В. Кононов. Изучение влагоспособности гидрогеля «Aquatis» как аккумулятора влаги в корневом слое почвы // Орошаемое земледелие. 2026. № 1(52). С. 47-52.

Информация об авторах

Владимир Иванович Сметанин – д-р техн. наук, профессор, ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова»; ORCID iD: 0009-0004-0134-1234; smetanin2000@yandex.ru

Виктор Александрович Шевченко, академик РАН, д-р с.-х. наук, профессор, директор ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», SPIN-код: 8028-2743; ORCID: 0000-0002-5444-9693; ID РИНЦ 479685; Scopus Author ID57209792752; WOS Research ID A-8909-2016; shevchenko.v.a@yandex.ru

Хунас Каси – канд., техн. наук, доцент, Астраханский государственный технический университет; ORCID iD: 0009-0005-0830-9699; hkaci@yandex.ru

Вклад авторов

В.И. Сметанин – подготовка текста рукописи, выполнение расчетов, формулировка выводов.

В.А. Шевченко – редактирование рукописи.

Хунас Каси – подготовка графических материалов.

Поступила в редакцию / Received 11.04.2026

Поступила после доработки и рецензирования / Received 02.09.2026

Принята к публикации / Accepted 12.09.2026

Center for Combating Desertification and Mitigating the Effects of Drought named after N.F. Glazovsky. Moscow: MAKS Press, 2024. 205, [1] p.; ISBN 978-5-317-07154-7

6. Vaichulis G.V., Bystrova I.V., Smirnova T.S. Desertification of the lands of the southern regions of Russia. Possible ways of solving the problem. 2021. № 2 (2). P. 29-31. URL: <https://nvjournal.ru/article/39-opustinivanie-zemel-yuzhnikh-regionov-rossii-vo>. (дата последнего посещения 30.04.2025 г)

7. Report “On the ecological situation in the Astrakhan region in 2023”, Astrakhan, 2024 URL: <https://nvjournal.ru/article/39-opustinivanie-zemel-yuzhnikh-regionov-rossii-vo>.

8. Long-term monitoring and conservation of colonial water birds of the Northern Caspian Sea in connection with long-term fluctuations of the Caspian Sea level: [monograph] / [E.V. Rogacheva et al.; guest editors E.V. Rogachev, N.A. Litvinova; A.N. Severtsov Institute of Problems of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Astrakhan State Natural Biospheres Reserve. Moscow; Astrakhan: Volga, 2005. 270, [1] p., [14] p. col. ill.; ill., tabl.; 21 cm.; ISBN 5-98066-029-1.

9. Feasibility study, specified in 1982 on the basis of the remarks of the State Examination Committee of the State Planning Committee of the USSR. “Soyuzgiprovodkhoz”. 1982.

10. Zhezmer V.B., Buber A.L. Compliance of modern indicators of the hydroecological regime of the lower Volga with the main requirements of the spawning cycle of fish in the Volga-Caspian fishing subregion. Prirodoobustrojstvo. 2018. No 5. P. 21-30. EDN: YRRVAD

11. Katunin D.N., Khripunov I.A., Alyokhina R.P. Ecologization of water releases on the Lower Volga // Fishery research on the Caspian: Results of research for 2000. Astrakhan: Casp-NIRKh, 2001. P. 33-38.

12. Astrakhan water divider on the Volga River (Astrakhan region) URL: <https://cruiseinform.ru> (accessed: 22.06.2026)

13. Water Code of the Russian Federation dated 03.06.2006 No. 74-FZ (as amended on 29.12.2025) (with amendments and additions, effective from 01.03.2026)

14. Smetanin V.I., P.V. Kononov. Study of the moisture capacity of the hydrogel “Aquatis” as a moisture accumulator in the root layer of soil. // Irrigated agriculture. 2026. № 1(52). P. 47-52.

Information about the authors

Vladimir I. Smetanin, DSs (Tech), Professor; Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov”; ORCID iD: 0009-0004-0134-1234; smetanin2000@yandex.ru

Victor A. Shevchenko, DSs (Agro), RAS academician, professor, director of FSBSI FNC “VNIIGiM named after A.N. Kostyakov”; SPIN-code: 8028-2743; ORCID: 0000-0002-5444-9693; ID РИНЦ 479685; Scopus Author ID57209792752; WOS Research ID A-8909-2016; shevchenko.v.a@yandex.ru

Hunas Kasi, CSs (Eng), Associate Professor, Astrakhan State Technical University; ORCID iD: 0009-0005-0830-9699; hkaci@yandex.ru

Contribution of the authors

V.I. Smetanin – preparation of the text of the manuscript, performing calculations – formulation of conclusions,

V.A. Shevchenko – manuscript editing.

Hunas Kasi – preparation of graphic materials.