

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 626.81:556

doi: 10.31774/2712-9357-2025-15-4-47-65

Алгоритм оценки потенциала вод местного стока для целей подпитки оросительных систем на примере Азовского магистрального канала

Герман Александрович Сенчуков¹, Вячеслав Дмитриевич Гостищев²,
Таисия Сергеевна Пономаренко³, Алексей Николаевич Рыжаков⁴

^{1, 2, 3, 4}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

¹g19752011@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4185-3520>

²nb515@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0868-0712>

³rosniipmopvpapk@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2003-1686>

⁴xrust.89@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9268-255X>

Аннотация. Цель: разработка алгоритма оценки потенциала водных ресурсов местного стока с прилегающих к оросительным каналам овражно-балочных водотоков для вовлечения их в водопользование на основе расчета водного баланса и выбора сценариев осуществления такой подпитки на примере Азовского магистрального канала (МК).

Материалы и методы. В работе использовались сведения о характеристиках Азовской оросительной системы (ОС), представленные ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз», данные собственных геодезических изысканий и дистанционного зондирования земли. Определение гидрологических характеристик производилось при помощи обработки данных георадарной съемки инструментами геоинформационных систем. **Результаты и обсуждение.** Приведена блок-схема разработанного алгоритма и пример его работы. К Азовскому МК примыкает 7 балок (Таловая, Семисотная, Тушина, Воровская, Арпачинская, Сухой Батай и Мокрый Батай), на пересечении с которыми на канале предусмотрено 7 дюкеров. Максимальный объем годового стока балок может достигать 2,3–7,7 млн м³ в зависимости от года процентной обеспеченности ($P = 50, 75$ и 95%). Наибольший водный потенциал имеют балки Таловая (24,7 %), Сухой (19,8 %) и Мокрый Батай (32,3 %). Около 70 % внутригодового стока приходится на период с ноября по март, когда МК не функционирует. **Выводы.** Для вовлечения водных ресурсов местного стока в качестве дополнительного источника снабжения Азовской ОС рекомендуется: выше места пересечения водотоков с МК устройство на балках Таловая и Сухой Батай отводящих каналов для самотечного наполнения МК; использование в качестве накопителя пруда на б. Мокрый Батай с применением мобильных насосных станций для перекачки воды в канал. Описанные в статье алгоритмы и сценарии могут быть использованы для интеграции вод местного стока в существующие ОС, особенно в зонах дефицита поверхностных вод и при реконструкции магистральных каналов.

Ключевые слова: местный сток, оросительная система, алгоритм оценки, Азовский магистральный канал, регулирование стока, среднемноголетний объем стока, внутригодовое распределение стока

Источник финансирования: субсидии на выполнение Государственного задания № 082-00062-25-00 за счет средств федерального бюджета.

Для цитирования: Алгоритм оценки потенциала вод местного стока для целей подпитки оросительных систем на примере Азовского магистрального канала / Г. А. Сенчуков, В. Д. Гостищев, Т. С. Пономаренко, А. Н. Рыжаков // Мелиорация и гидротехника. 2025. Т. 15, № 4. С. 47–65. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-4-47-65>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

The algorithm for assessing the local runoff water potential for feeding the irrigation systems using the example of the Azov Main Canal

German A. Senchukov¹, Vyacheslav D. Gostischev², Taisiya S. Ponomarenko³, Alexey N. Ryzhakov⁴

^{1, 2, 3, 4}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

¹g19752011@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4185-3520>

²nb515@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0868-0712>

³rosniipmopvpapk@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2003-1686>

⁴xrust.89@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9268-255X>

Abstract. Purpose: to develop an algorithm for assessing the local runoff water resource potential from gully-ravine watercourses adjacent to irrigation canals for their involvement in water use based on calculating the water balance and selecting recharge scenarios using the Azov Main Canal (MC) as an example. **Materials and methods.** The information on the Azov irrigation system (IS) characteristics provided by the Rostovmелиоводхоз Administration, the data of our own geodetic surveys and Earth's remote sensing were used. The hydrological characteristics were determined by processing ground-penetrating radar survey data with geoinformation system tools. **Results and discussion.** A block diagram of the developed algorithm and an example of its operation are provided. The Azov Main Canal is adjacent to 7 ravines (Talovaya, Semisotnaya, Tushina, Vorovskaya, Arpachinskaya, Sukhoi Batay and Mokry Batay), at the intersection with which the canal is provided with 7 siphons. The ravine maximum annual runoff volume can reach 2.3–7.7 million m³ depending on the percentage provision year ($P = 50, 75$ and 95%). The ravines Talovaya (24.7%), Sukhoi (19.8%) and Mokry Batay (32.3%) have the greatest water potential. About 70% of the annual runoff occurs during the period from November to March, when the MC is not functioning. **Conclusions.** In order to involve local runoff water resources as an additional source of supply for the Azov IS, the following is recommended: the construction of diversion canals on the Talovaya and Sukhoi Batay ravines upstream of the intersection of watercourses with the MC for gravity filling of the MC; the use of the pond at the Mokry Batay ravine as a storage pond using mobile pumping stations for pumping water into the canal. The algorithms and scenarios described in this article can be used to integrate local runoff into existing water systems, especially in areas with surface water shortages and during the reconstruction of main canals.

Keywords: local runoff, irrigation system, assessment algorithm, the Azov Main Canal, runoff regulation, average annual runoff volume, intra-annual runoff distribution

Funding source: subsidies for the implementation of State Assignment No. 082-00062-25-00 are from the federal budget.

For citation: Senchukov G. A., Gostischev V. D., Ponomarenko T. S., Ryzhakov A. N. The algorithm for assessing the local runoff water potential for feeding the irrigation systems using the example of the Azov Main Canal. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2025;15(4):47–65. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-4-47-65>.

Введение. В условиях усиления дефицита водных ресурсов, обусловленного как климатическими изменениями, так и растущим спросом

со стороны водопотребителей, все большее значение приобретает вовлечение в водопользование водных ресурсов местного стока, основанное на современных научных и технических достижениях [1–4].

Если говорить о водотоках и их водосборах в районе расположения оросительных систем, то на формирование местного стока оказывается значительное воздействие. Такие линейные сооружения оросительных систем (ОС), как каналы, дороги, дамбы, пересекают значительные по площади водосборные территории и препятствуют естественному стоку талых и дождевых вод. Например, среднемноголетний совокупный объем стока с водосборных площадей водотоков, пересекающих магистральные каналы Ростовской области, может достигать около 70 млн м³ [5], а соответствующий объем с водосбора, прилегающего к Азовскому магистральному каналу (МК), площадью более 800 км², по нашим расчетам, представленным далее, составляет 7,7 млн м³. И в настоящее время все эти водные ресурсы практически не используются и проходят транзитом, минуя трассы мелиоративных каналов через ливнепропускные сооружения либо же естественным током над дюкерами, устроенными в местах их пересечений. Это является следствием того, что при проектировании и строительстве существующих ОС просто не было необходимости в использовании этих вод, т. к. их доля считалась незначительной по сравнению с основным водисточником. Тем не менее, комплексное использование дополнительных водных ресурсов местного стока может привести к повышению эффективности работы Азовской ОС и частично решить вопрос дефицита водных ресурсов, который стабильно наблюдается в последние годы.

Данная мелиоративная система начала действовать в середине прошлого века. Главная артерия ОС – Азовский магистральный канал, протяженностью более 90 км, – берет свое начало от Веселовского водохранилища и идет сначала вдоль р. Маныч, а затем параллельно р. Дон [6].

За последние годы показатели годового водозабора в систему показы-

вали рост, и в настоящее время они составляют 50–60 млн м³. При этом, судя по коэффициенту полезного использования воды, имеет место быть недостаточная реализация возможностей по оптимизации водораспределения [7].

Целью данного исследования является разработка алгоритма оценки потенциала водных ресурсов местного стока с прилегающих к оросительным каналам овражно-балочных водотоков для вовлечения их в водопользование на основе расчета водного баланса и выбора наиболее вероятных сценариев осуществления такой подпитки на примере Азовского МК.

Материалы и методы. При проведении работы использовались сведения о характеристиках Азовской оросительной системы, представленные ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз».

Геометрические характеристики Азовского МК были получены в результате собственных геодезических изысканий.

Исходные морфометрические характеристики водосборных территорий определялись инструментами программного обеспечения ArcGis на основе общедоступных данных дистанционного зондирования земли FABDEM (Forest And Buildings removed Copernicus DEM). Это глобальная цифровая модель рельефа (ЦМР) с удаленными элементами растительности и застройки, созданная на основе данных спутниковой радарной съемки [8].

Гидрологические характеристики водосборных площадей рассчитывались на основании свода правил «Определение основных расчетных гидрологических характеристик»¹.

Результаты и обсуждение. Алгоритм оценки потенциала вод местного стока для целей подпитки оросительной системы сформирован на основе последовательных логических рассуждений. В основе алгоритма лежит водный баланс, который заключается в сопоставлении рассчитывае-

¹Определение основных расчетных гидрологических характеристик: СП 529.1325800.2023 [Электронный ресурс]: утв. М-вом стр-ва и жилищ.-комму. хоз-ва Рос. Федерации 11.09.23; введ. в действие с 12.10.23. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

мых объемов воды, необходимых для заполнения секций МК, расположенных между дюкерами, и объемов воды балок с временными водотоками, которые пересекают МК в местах устройства дюкеров. Блок-схема работы данного алгоритма представлена на рисунке 1.

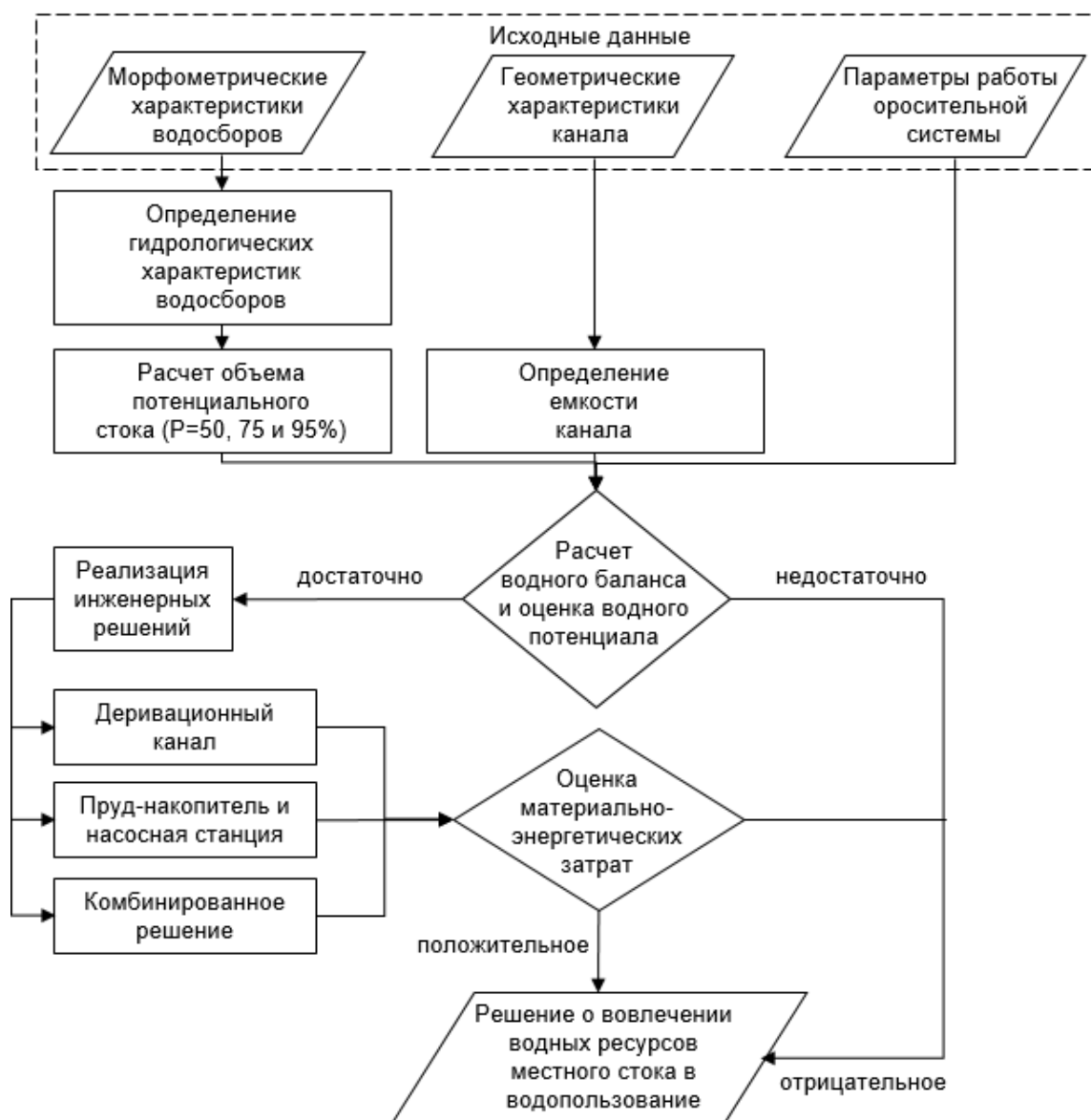


Рисунок 1 – Алгоритм оценки потенциала вод местного стока для целей подпитки оросительной системы

Figure 1 – Algorithm of assessing the potential of local runoff waters for feeding the irrigation system

Расчет объема секций МК производился путем последовательного перемножения средней площади живого сечения (при рабочем горизонте воды) в смежных поперечных профилях МК на расстояние между ними.

Определение объема потенциального стока с прилегающих к МК водосборных площадей производилось с учетом уже сложившейся зарегулированности некоторых балок. Так как объем ежегодного стока – это величина изменчивая и носит вероятностный характер, то расчеты производились исходя из трех классических вариантов: на 50, 75 и 95 %. Также было произведено прогнозирование снижения годового стока в реках, в которые впадают рассматриваемые балки, от недополученного поверхностного стока с их водосборов.

В зависимости от естественных или потенциально создаваемых перепадов в отметках точек отбора вод местного стока и точек подачи в секции оросительного МК могут рассматриваться различные сценарии для реализации инженерных решений и, соответственно, связанные с этим материально-энергетические затраты.

Наименее затратный сценарий отбора вод местного стока из балок может быть реализован как отдельная инженерная задача, связанная с устройством отводящего самотечного деривационного канала. При этом необходимо соблюсти условие командования отметок для транспортировки воды при минимизации длины таких каналов, а также условий скоростных характеристик в диапазоне неразмывающих и незаиляющих скоростей.

Если по каким-либо причинам устройство такого деривационного канала невозможно или весьма затруднительно (например, сказывается плотная застройка территории либо сильная пересеченность местности – резко выраженные различия в высотах и уклонах рельефа на относительно небольшой площади), то возможна реализация другого сценария на основе более затратного инженерного решения в виде устройства в непосредственной близости к каналу плотины на пересекающей его балке. При этом для транспортировки воды в канал потребуются использование перекачивающих насосных станций.

И, как комбинированное инженерное решение из описанных выше, может быть реализован сценарий, при котором для сокращения длины деривационного канала от тальвега балки, на ней устраивается запруда, которая обеспечивает локальный подъем уровня воды, необходимый для компенсации в недостатке командования отметок.

Описанные сценарии имеют свои преимущества и недостатки и могут получить предметную оценку только исходя из подробной проработки данных конкретного натурного объекта с точки зрения сравнения технико-экономических показателей.

Рассмотрим работу алгоритма на примере примыкающих к Азовскому МК водотоков (б. Таловая, б. Семисотная, б. Тушина, б. Воровская, б. Арпачинская, б. Сухой Батай и б. Мокрый Батай), на пересечении с которыми на канале предусмотрены напорные участки трубопровода, проложенные под руслом канала (дюкеры). Схема расположения территорий водосборных площадей примыкающих водотоков и дюкеров приведена на рисунке 2.

Все водотоки имеют направление течения с юга на север и на северо-запад. Балки Таловая, Семисотная, Тушина после пересечения с Азовским МК впадают в р. Маныч, а остальные четыре балки – Воровская, Арпачинская, Сухой Батай и Мокрый Батай – в р. Дон. На пойме этих рек по правому берегу Азовского МК расположено множество рукавов и стариц, мелиоративных участков (с межхозяйственными каналами и чеками). Также данная территория местами заболочена.

Гидрологические характеристики рассматриваемых балок представлены в таблице 1. Их определение производилось при помощи обработки данных георадарной съемки FABDEM инструментами геоинформационных систем [9].

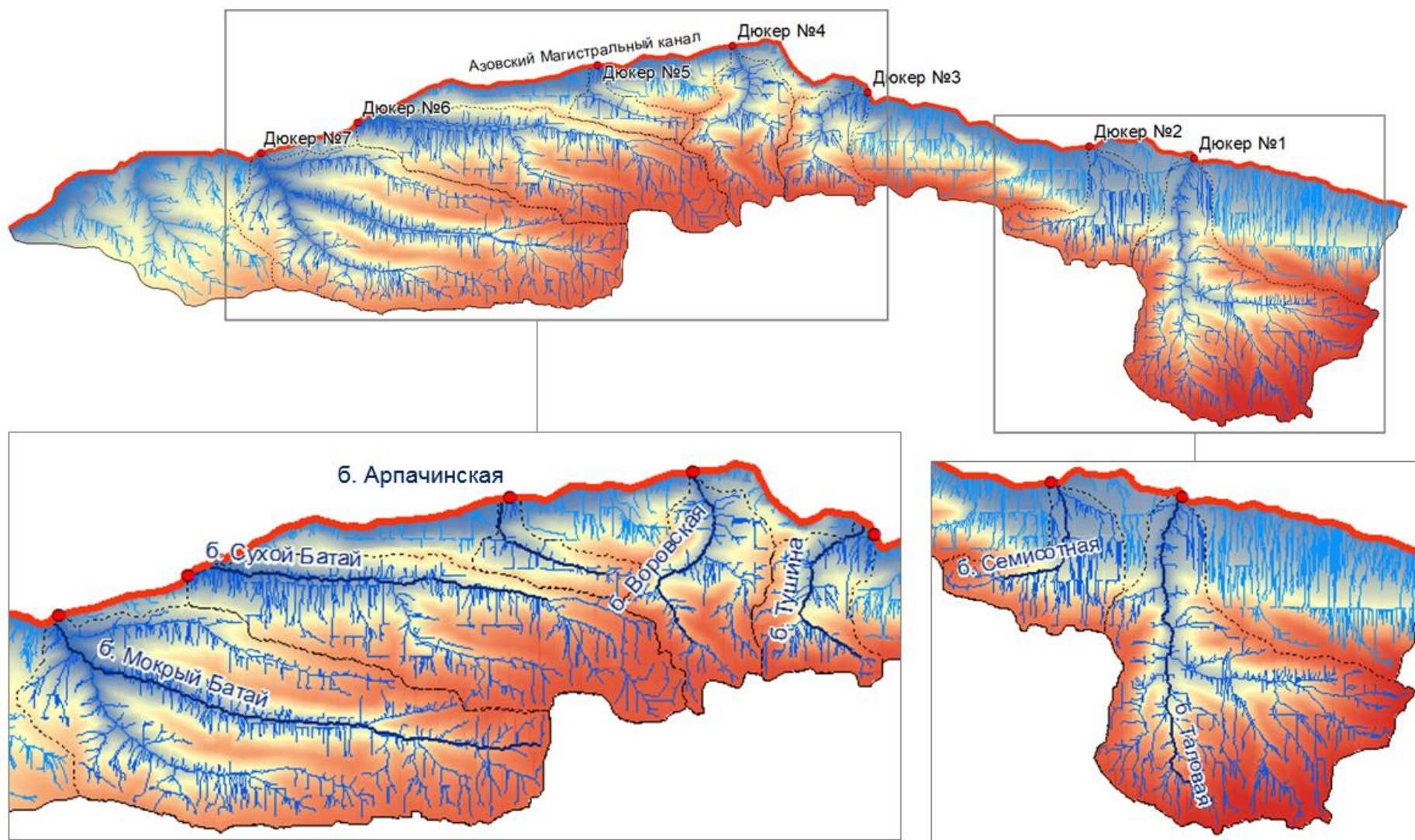


Рисунок 2 – Схема расположения территорий водосборных площадей примыкающих водотоков и дюкеров
 Figure 2 – Layout of watershed areas of adjacent watercourses and siphons

Таблица 1 – Гидрологические характеристики водных объектов, прилегающих к Азовскому магистральному каналу
Table 1 – Hydrological characteristics of water bodies adjacent to the Azov main canal

Наименование водного объекта	Населенный пункт	Протяженность участка, км	Площадь водосбора, км ²	Уклон русла, ‰	Средняя высота водосбора, м	Уклон водосбора, ‰
б. Таловая	х. Позднеевка	17,4	136,8	4,58	79,93	15,7
б. Семисотная	х. Красное Знамя	7,74	36,1	6,63	62,69	14,4
б. Тушина	п. Осокино, х. Усьман	9,56	31,03	7,27	38,37	17,6
б. Воровская	х. Усьман	10,27	44,23	6,17	72,02	17,85
б. Арпачинская	п. Ясный	7,17	16,28	7,68	58,87	20,0998
б. Сухой Батай	х. Островского	19,33	109,65	2,45	71,82	17,191
б. Мокрый Батай	х. Ленина	28,4	178,69	2,91	67,96	19,82

Естественный сток б. Таловая, Воровская, Сухой Батай и Мокрый Батай искажен многочисленными прудами и водохранилищами, и чтобы исключить их из положительного баланса, мы рассчитали их ориентировочные объемы (таблица 2).

Таблица 2 – Ориентировочные объемы существующих прудов на водотоках водосборной площади, примыкающей к Азовскому МК

Table 2 – Estimated volumes of existing ponds on watercourses of the watershed area adjacent to the Azov MC

Наименование водного объекта	Количество прудов, шт.	Совокупная площадь прудов, тыс. м ²	Средняя глубина прудов, м	Объем, млн м ³
б. Таловая	11	388,71	1–2	0,579
б. Воровская	3	142	1,5–2	0,253
б. Сухой Батай	2	108	2	0,216
б. Мокрый Батай	13	826,65	1–2	1,529
Всего				2,577

Годовой сток на водосборной территории, примыкающей к Азовскому МК, характеризуется в основном высоким весенним половодьем и низкой летне-осенней и зимней меженью. Доля весеннего стока может дости-

гать 80–90 % годового объема стока. Расчет характеристик годового стока в зависимости от заданной обеспеченности ($P = 50, 75$ и 95 %) осуществлялся согласно требованиям Свода правил «Определение основных расчетных гидрологических характеристик» по реке-аналогу на основе данных, полученных в таблице 1. Совокупные характеристики годового стока по водотокам приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики годового стока в средний по водности год
Table 3 – Characteristics of annual runoff in an average water year

Наименование водного объекта	Площадь водосбора, км ²	Объем стока, млн м ³		
		Обеспеченность, %		
		50	75	95
б. Таловая	136,8	1,909	1,198	0,552
б. Семисотная	36,1	0,504	0,316	0,146
б. Тушина	31,03	0,433	0,272	0,125
б. Воровская	44,23	0,617	0,387	0,178
б. Арпачинская	16,28	0,227	0,143	0,066
б. Сухой Батай	109,65	1,530	0,960	0,442
б. Мокрый Батай	178,69	2,494	1,565	0,720
Всего		7,714	4,841	2,229

При расчете объема годового стока наибольшей процентной обеспеченности, приведенной в таблице 3 (50 %), совокупный объем трех балок, впадающих в р. Маныч, составит 0,16 % от минимального значения перераспределения стока из бассейнов Кубани и Дона в бассейн Маныча ($1,75\text{--}1,92$ км³/год²), а четырех балок, впадающих в р. Дон, составит 0,03 % от минимального значения стока за маловодный период в 2007–2015 гг. ($15,4$ км³ [10]). Из этого был сделан вывод, что в случае перехвата поверхностного стока рассматриваемых балок, это не сможет привести к обмелению основных водных артерий.

Однако стоит учитывать, что использование вод местного стока в качестве дополнительного источника для МК осложняется несовпадением периодов их формирования с вегетационным сезоном – основным временем работы канала. В связи с этим приоритетной задачей становится организа-

²«Вода России» – Маныч [Электронный ресурс] URL: https://water-rf.ru/Водные_объекты/1166/Маныч (дата обращения: 17.10.2025).

ция переброски стока в канал и создание условий для его аккумуляции с последующим использованием в период наибольшей потребности. Инженерные решения переброски местного стока в МК могут быть следующими:

- путем устройства отводящего (деривационного) канала от балки выше места их пересечения таким образом, чтобы иметь командные уровни уже в точке пересечения отводящего канала и секции Азовского магистрального канала для самотечного наполнения;

- путем устройства перехватывающего водохранилища на участке чуть выше мест пересечения балок с МК (или использование существующего пруда) и дальнейшего использования передвижных мобильных насосных станций (НС).

При устройстве перепускного сооружения для безопасного сброса воды в канал необходимо обязательно предусмотреть мероприятия и сооружения для защиты МК, т. е. установку фильтрующих сооружений (решеток) или отстойников, в том числе против различных наносов и прочих загрязнений из балки.

В случае использования прудов-накопителей открывается возможность аккумулировать и впоследствии использовать весь объем возможного стока. А при рассмотрении варианта строительства деривационного канала для переброски воды из балки в МК необходимо обосновать объемы и сроки возможного сброса с учетом гидрологического режима балки и пропускной способности и емкости канала.

Согласно сведениям о работе канала, период его функционирования начинается с момента заполнения в апреле до его опорожнения в конце октября. Исходя из этого, распределение внутригодового стока можно разделить на два периода: с апреля по октябрь и с ноября по март. Чтобы оценить эффективность возможного водного потенциала местного стока, проведем расчет емкости Азовского МК.

Согласно имеющимся данным, Азовский МК имеет следующие параметры: уклон составляет 0,00005–0,00007, глубина канала – 2,5–4,0 м,

проектное заложение откосов – 1:3, проектная скорость течения воды – 0,35–0,55 м/с [11]. В результате геодезических работ, проведенных по трассе Азовского МК от ПК0 до ПК810, были выполнены промеры по 77 поперечным сечениям и получена информация о параметрах расположенных на канале дюкеров. На основе полученных сведений был выполнен расчет емкости канала, соответствующей нормальному (рабочему) горизонту воды – $h_{\text{нбв}}$. Расчет производился по следующим зависимостям.

Площадь сечения канала рассчитывается по формуле (1):

$$\omega = (b + mh)h, \quad (1)$$

где ω – площадь сечения канала, при $h_{\text{нбв}}$, м^2 ;

b – ширина канала по дну, м;

m – заложение откосов;

h – глубина воды в канале при $h_{\text{нбв}}$, м.

Объем канала между двумя сечениями рассчитывается по формуле (2):

$$W = 0,5L(\omega_1 + \omega_2), \quad (2)$$

где W – объем между двумя сечениями канала, м^3 ;

L – расстояние между двумя сечениями, м;

ω_1 и ω_2 – площади сечений, м^2 .

Расчетные объемы воды на участках канала и распределение внутри-годового стока приведены в таблице 4.

Согласно полученным результатам расчета, наибольший объем воды формируется в балках в период, когда канал не функционирует. В период с ноября по март в результате паводков и таяния снега в рассматриваемых водотоках формируется 70 % всего объема годового стока.

Исходя из того, что Азовский МК в указанный период опорожнен, его можно использовать в это время в качестве пруда-накопителя. Совокупный средний годовой объем стока (1,56 млн м^3 при $P = 95 \%$) соответствует емкости, образованной перегораживающими сооружения на Азовском МК от головной НС до ПС на ПК810.

Таблица 4 – Расчетные объемы воды на участках канала, образованных между перегораживающими сооружениями (ПС), и объемы стока водотоков, прилегающих к Азовскому магистральному каналу водосборов

Table 4 – Estimated water volumes in the canal sections formed between the barrier structures (BS) and the watercourse runoff volumes of watersheds adjacent to the Azov main canal

Наименование ПС	Наименование водного объекта	Расстояние между ПС, км	Объем воды на участке канала, млн м ³	Объем стока водотока, млн м ³								
				<i>P</i> = 50 %			<i>P</i> = 75 %			<i>P</i> = 95 %		
				за год	с апр. по окт.	с нояб. по март	за год	с апр. по окт.	с нояб. по март	за год	с апр. по окт.	с нояб. по март
Дюкер № 1	б. Таловая	14,03	0,49	1,91	0,57	1,34	1,20	0,36	0,84	0,55	0,17	0,39
Дюкер № 2	б. Семисотная	7,40	0,24	0,50	0,15	0,35	0,32	0,09	0,22	0,15	0,04	0,10
Дюкер № 3	б. Тушина	15,30	0,08	0,43	0,13	0,30	0,27	0,08	0,19	0,13	0,04	0,09
Дюкер № 4	б. Воровская	10,32	0,25	0,62	0,19	0,43	0,39	0,12	0,27	0,18	0,05	0,12
Дюкер № 5	б. Арпачинская	8,86	0,19	0,23	0,07	0,16	0,14	0,04	0,10	0,07	0,02	0,05
Дюкер № 6	б. Сухой Батай	16,00	0,15	1,53	0,46	1,07	0,96	0,29	0,67	0,44	0,13	0,31
Дюкер № 7	б. Мокрый Батай	6,40	0,07	2,49	0,75	1,74	1,56	0,47	1,09	0,72	0,22	0,50
ПК810		2,70	0,02									
Всего		81	1,49	7,71	2,32	5,40	4,84	1,45	3,39	2,23	0,67	1,56

Наиболее перспективной для вовлечения водных ресурсов местного стока в качестве дополнительного водоисточника в ОС является б. Мокрый Батай, т. к. она имеет наибольшие показатели водного стока (от 0,72 до 2,49 млн м³) и на ней не требуется возведение перехватывающего водохранилища на участке выше места пересечения водотока с МК, т. к. такой пруд уже там имеется (рисунок 3).



Рисунок 3 – Расположение существующего пруда на б. Мокрый Батай у дюкера № 7 на Азовском магистральном канале

Figure 3 – Location of the existing pond on Mokry Batay ravine near siphon No. 7 on the Azov Main Canal

В случае же двух других наиболее водных балок – Таловая и Сухой Батай – устройство водохранилищ невозможно, т. к. места пересечения водотоков и дюкеров на МК расположены на застроенной территории населенных пунктов х. Позднеевка и Островский.

Выводы. Алгоритм оценки потенциала вод местного стока, основанный на балансовом сопоставлении объемов воды, требуемых для заполнения секций МК между дюкерами, и объемов стока с прилегающих водосборных площадей балок, является логически обоснованным и адаптируемым к условиям изменчивости гидрологического режима. Применение трех обеспеченностей ($P = 50, 75, 90 \%$) позволяет учитывать вероятностный характер стока и формировать надежные проектные решения.

Для реализации подпитки МК выделены три технических сценария, различающихся по степени затратности и инженерной сложности: 1) самоотечный деривационный канал – наиболее экономичный вариант, применим при благоприятном перепаде отметок и отсутствии препятствий; 2) насосная станция у плотины на балке – эффективен при сильной пересеченности рельефа или плотной застройке, где самотек невозможен; 3) комбинированный сценарий (запруда и частичный самотек) – оптимизирует длину деривационного канала и снижает энергозатраты за счет локального подъема уровня воды.

Выбор наиболее эффективного сценария возможен только после детальной топографической, гидрологической и экономической проработки конкретного объекта и прогнозирования долгосрочных экологических последствий (экологический ущерб природным водным объектам, учет гидрохимического состава воды овражно-балочных водотоков и др.). Ключевыми критериями являются: величина естественного командования отметок, степень пересеченности местности, плотность застройки, стоимость строительства и эксплуатации, надежность и долговечность сооружений и т. п.

Предложенный алгоритм позволяет количественно оценить потенциал местного стока и выбрать инженерное решение, чтобы снизить риски перерасхода средств и повысить эффективность использования водных ресурсов в рамках системы мелиорации.

Проработка предложенного в статье алгоритма на примере Азовско-

го МК позволила сформировать методологию обработки исходных данных и интерпретацию полученных результатов.

Согласно проведенным расчетам, максимальный объем возможного годового стока может достигнуть 2,3–7,7 млн м³ в зависимости от выбранного года процентной обеспеченности ($P = 50, 75$ и 95%). Наибольший водный потенциал имеют б. Таловая (24,7 %), Сухой (19,8 %) и Мокрый Батай (32,3 %). Б. Таловая и Мокрый Батай в свою очередь являются и наиболее зарегулированными. Около 70 % внутригодового стока приходится на период с ноября по март, т. е. в то время, когда Азовский МК не функционирует. Исходя из этого, для вовлечения водных ресурсов местного стока в качестве дополнительного источника снабжения Азовской ОС рекомендуется следующее: устройство на б. Таловая и Сухой Батай перед пересечением с МК отводящего (деривационного) канала от балки выше места их пересечения для самотечного наполнения ряда секций Азовского магистрального канала; устройство в качестве перехватывающего водохранилища пруда на б. Мокрый Батай на участке выше места пересечения водотока с МК с использованием передвижных мобильных насосных станций для перекачки воды в канал.

Результаты исследования могут быть использованы для разработки рекомендаций по интеграции вод местного стока в существующие оросительные системы, особенно в зонах дефицита поверхностных вод и при реконструкции магистральных каналов.

Список источников

1. Акпасов А. П., Туктаров Р. Б., Греков Д. А. Практические методы водохозяйственного расчета поверхностного водоисточника на местном стоке при строительстве локального участка орошения // Московский экономический журнал. 2022. Т. 7, № 7. DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_7_437. EDN: IWRWJP.
2. Прокопец Р. В., Никишанов А. Н., Аржанухина Е. В. Использование пруда на балке Бондаренкова в УНПО «Муммовское» Вавиловского университета для орошения // Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: материалы XIV Нац. конф. с междунар. участием, г. Саратов, 25–26 апр. 2024 г. Саратов: Вавил. ун-т, 2024. С. 339–342. EDN: KZQJME.

3. Современное состояние и перспективы развития орошаемого земледелия в Республике Башкортостан / А. В. Комиссаров, А. Р. Хафизов, М. Г. Ишбулатов, А. Ф. Хазипова // Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 1. С. 22–26. DOI: 10.32962/0235-2524-2021-6-22-26. EDN: GINEJU.

4. Кузьмичев А. А. Повышение эффективности работы оросительных систем Ростовской области путем реализации технологии лиманного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2013. № 3(11). С. 54–65. EDN: QYOKCN.

5. Тимченко Н. С. Максимальное использование обводнительно-оросительных систем. М.: Россельхозиздат, 1971. 36 с.

6. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография. В 2 ч. Ч. 1 / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2013. 283 с. ISBN: 5-93542-042-2. EDN: TRANID.

7. Сенчуков Г. А., Гостищев В. Д. Анализ состояния и перспективы водораспределения на Азовской оросительной системе // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2025. Т. 95, № 1. С. 137–155. EDN: AKSWLE.

8. A 30 m global map of elevation with forests and buildings removed / L. Hawker, P. Uhe, L. Paulo, J. Sosa, J. Savage, C. Sampson, J. Neal // Environmental Research Letters. 2022. Vol. 17, no. 2. Article number: 024016. DOI: 10.1088/1748-9326/ac4d4f. EDN: AUPPCR.

9. Рыжаков А. Н., Пономаренко Т. С. Современные методы получения гидрографических характеристик водотоков // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 2(78). С. 34–39. EDN: WOECZS.

10. Влияние маловодья 2007–2015 гг. в бассейне р. Дон на состояние водных экосистем / М. Б. Киреева, В. П. Илич, А. В. Гончаров, А. Н. Богачев, Н. Л. Фролова, О. М. Пахомова, В. В. Соловьева // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2018. № 5. С. 3–13. EDN: YMCBUL.

11. Гурин К. Г. Оценка гидравлической эффективности каналов // Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения), посвящ. 135-летию со дня рождения акад. ВАСХНИЛ, Героя Социалист. труда, Заслуж. деятеля науки и техники РСФСР, д-ра техн. наук, проф., круп. ученого в области мелиорации и орошаемого земледелия Б. А. Шумакова и 100-летию со дня рождения ректора НИМИ, проф., Заслуж. мелиоратора РСФСР П. М. Степанова, г. Новочеркасск, 25 сент. 2024 г. Новочеркасск: Лик, 2024. С. 189–194. EDN: EGCESH.

References

1. Akpasov A.P., Tuktarov R.B., Grekov D.A., 2022. *Prakticheskie metody vodokhozyaystvennogo rascheta poverkhnostnogo vodoistochnika na mestnom stoke pri stroitel'stve lokal'nogo uchastka orosheniya* [Practical methods of water management calculation of a surface water source on local runoff during the construction of a local irrigation site]. *Moskovskiy ekonomicheskii zhurnal* [Moscow Economic Journal], vol. 7, no. 7, DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_7_437, EDN: IWRWJP. (In Russian).

2. Prokopets R.V., Nikishanov A.N., Arzhanukhina E.V., 2024. *Ispol'zovanie pruda na balke Bondarenkova v UNPO «Mummovskoe» Vavilovskogo universiteta dlya orosheniya* [The use of the pond on the Bondarenkov's beam in the UNPO “Mummovskoye” of Vavilov University for irrigation]. *Sovremennye problemy i perspektivy razvitiya stroitel'stva, teplogazosnabzheniya i energoobespecheniya: materialy XIV Nats. konferentsii s mezhdunar. uchastiem* [Modern Problems and Prospects for the Development of Construction, Heat and Gas Supply and Energy Supply: Proceed. of the XIV National Conference with International Participation]. Saratov, Vavilov University, pp. 339-342, EDN: KZQJME. (In Russian).

3. Komissarov A.V., Khafizov A.R., Ishbulatov M.G., Khazipova A.F., 2022. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya oroshayemogo zemledeliya v Respublike Bashkor-*

tostan [Current state and prospects of irrigated agriculture development in the Republic of Bashkortostan]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 1, pp. 22-26, DOI: 10.32962/0235-2524-2021-6-22-26, EDN: GINEJU. (In Russian).

4. Kuzmichev A.A., 2013. *Povyshenie effektivnosti raboty orositel'nykh sistem Rostovskoy oblasti putem realizatsii tekhnologii limannogo orosheniya* [Increasing the efficiency of irrigation systems in the Rostov region through the realization of estuary irrigation technology]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii* [Scientific Journal of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], no. 3(11), pp. 54-65, EDN: QYOKCN. (In Russian).

5. Timchenko N.S., 1971. *Maksimal'noe ispol'zovanie obvodnitel'no-orositel'nykh sistem* [Maximum use of irrigation systems]. Moscow, Rosselkhozizdat Publ., 36 p.

6. Shchedrin V.N., Kolganov A.V., Vasiliev S.M., Churaev A.A., 2013. *Orositel'nye sistemy Rossii: ot pokoleniya k pokoleniyu: monografiya* [Irrigation Systems of Russia: from Generation to Generation: monograph]. In 2 parts, pt. 1. Novocherkassk, RosNIIPM, 283 p., ISBN: 5-93542-042-2, EDN: TRAHID. (In Russian).

7. Senchukov G.A., Gostishchev V.D., 2025. *Analiz sostoyaniya i perspektivy vodoraspredeleniya na Azovskoy orositel'noy sisteme* [Analysis of the state and prospects of water distribution in the Azov irrigation system]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], vol. 95, no. 1, pp. 137-155, EDN: AKSWLE. (In Russian).

8. Hawker L., Uhe P., Paulo L., Sosa J., Savage J., Sampson C., Neal J., 2022. A 30 m global map of elevation with forests and buildings removed. *Environmental Research Letters*, vol. 17, no. 2, article number: 024016, DOI: 10.1088/1748-9326/ac4d4f, EDN: AUPPCP.

9. Ryzhakov A.N., Ponomarenko T.S., 2020. *Sovremennye metody polucheniya gidrograficheskikh kharakteristik vodotokov* [Modern methods for obtaining hydrographic characteristics of watercourses]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(78), pp. 34-39, EDN: WOECZS. (In Russian).

10. Kireeva M.B., Ilich V.P., Goncharov A.V., Bogachev A.N., Frolova N.L., Pakhomova O.M., Solovieva V.V., 2018. *Vliyanie malovod'ya 2007–2015 gg. v bassejne r. Don na sostoyanie vodnykh ekosistem* [Impact of low water 2007–2015 in the Don River basin on the state of aquatic ecosystems]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya* [Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography], no. 5, pp. 3-13, EDN: YMCBUL. (In Russian).

11. Gurin K.G., 2024. *Otsenka gidravlicheskoy effektivnosti kanalov* [Assessment of the hydraulic efficiency of canals]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo: materialy Vseros. nauchno-prakt. konferentsii (Shumakovskie chteniya), posvyashch. 135-letiyu so dnya rozhdeniya akad. VASKHNIL, Geroya Sotsialist. truda, Zasluzh. deyatelya nauki i tekhniki RSFSR, d-ra tekhn. nauk, prof., krup. uchenogo v oblasti melioratsii i oroshaemogo zemledeliya B. A. Shumakova i 100-letiyu so dnya rozhdeniya rektora NIMI, prof., Zasluzh. melioratora RSFSR P. M. Stepanova* [Land Reclamation and Water Management: Proceed. of the All-Russian Scientific-Practical Conference (Shumakov Readings), Dedicated to the 135th Anniversary of the Birth of Academician of the All-Union Academy of Agricultural Sciences, Hero of Socialist Labor, Honored Scientist and Technician of the RSFSR, Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Scientist in the Field of Land Reclamation and Irrigated Agriculture B. A. Shumakov and the 100th Anniversary of the Birth of Rector of the Research Institute of Hydrometeorology, Professor, Honored Land Reclamation Specialist of the RSFSR P. M. Stepanov]. Novocherkassk, Lik Publ., pp. 189-194, EDN: EGCESH. (In Russian).

Информация об авторах

Г. А. Сенчуков – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (346421, Ростовская об-

ласть, г. Новочеркасск, пр-кт Баклановский, д. 190), g19752011@mail.ru, AuthorID: 202488, ORCID: 0000-0003-4185-3520;

В. Д. Гостищев – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-кт Баклановский, д. 190), nb515@mail.ru, AuthorID: 302324, ORCID: 0000-0002-0868-0712;

Т. С. Пономаренко – старший научный сотрудник, кандидат технических наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-кт Баклановский, д. 190), ponomarenko.taisya@yandex.ru, AuthorID: 619318, ORCID: 0000-0002-2003-1686;

А. Н. Рыжаков – научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-кт Баклановский, д. 190), xrust.89@bk.ru, AuthorID: 784962, ORCID: 0000-0002-9268-255X.

Information about the authors

G. A. Senchukov – Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems (346421, Rostov Region, Novocherkassk, Baklanovsky Avenue, 190), g19752011@mail.ru, AuthorID: 202488, ORCID: 0000-0003-4185-3520;

V. D. Gostishchev – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems (346421, Rostov Region, Novocherkassk, Baklanovsky Avenue, 190), nb515@mail.ru, AuthorID: 302324, ORCID: 0000-0002-2003-1686;

T. S. Ponomarenko – Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems (346421, Rostov Region, Novocherkassk, Baklanovsky Avenue, 190), ponomarenko.taisya@yandex.ru, AuthorID: 619318, ORCID: 0000-0002-2003-1686.

A. N. Ryzhakov – Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems (346421, Rostov Region, Novocherkassk, Baklanovsky Avenue, 190), xrust.89@bk.ru, AuthorID: 784962, ORCID: 0000-0002-9268-255X.

Вклад авторов: А. Н. Рыжаков произвел обзор источников, собрал и обработал данные, проанализировал результаты, написал статью. Г. А. Сенчуков, Т. С. Пономаренко и В. Д. Гостищев произвели обзор источников, собрали и обработали данные, участвовали в написании статьи.

Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: A. N. Ryzhakov reviewed the sources, collected and processed the data, analyzed the results and wrote the article. G. A. Senchukov, T. S. Ponomarenko and V. D. Gostishchev reviewed the sources, collected and processed the data and participated in writing the article.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 22.09.2025; одобрена после рецензирования 24.10.2025; принята к публикации 25.11.2025.

The article was submitted 22.09.2025; approved after reviewing 24.10.2025; accepted for publication 25.11.2025.