

УДК 502.65

DOI: 10.31774/2658-7890-2019-3-14-26

Т. И. Дрововозова

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

С. А. Манжина

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Цель: определение степени влияния сброса коллекторных вод на качественные характеристики малых водных объектов – приемников сточных вод на примере сети коллекторных каналов Семикаракорского филиала ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз». Объектом исследования являлись выпуски под номерами 1, 2, 3, 5 коллекторной сети Семикаракорского района Ростовской области. **Материалы и методы.** Для оценки уровня загрязнения природных вод использована методика оценки качества воды по коэффициенту предельной загрязненности ($K_{ПЗ}$), предложенная В. В. Шабановым, В. Н. Маркиным. Для определения класса качества воды использована шкала оценки качества и состояния водных объектов (по В. В. Шабанову). В работе приведены данные о химических и физико-химических показателях в створах водных объектов ерик Бешеный, р. Соленая, урочище Колодезьки и Костылевский пруд, в которые осуществляется выпуск дренажно-сбросных вод. **Результаты.** Проведена экологическая оценка качества воды по исследуемым створам за период с 2009 по 2019 г. с помощью коэффициента предельной загрязненности $K_{ПЗ}$. Выявили, что значение показателя за десятилетний период выросло для ерика Бешеного с 0,43 до 1,54, для р. Соленой – с 0,108 до 1,595, для урочища Колодезьки – с 0,178 до 1,765 и для Костылевского пруда – с 0,011 до 1,712. Класс качества воды во всех исследуемых створах возрос с 3-го (умеренно загрязненная) до 4-го (загрязненная), а в створе выпуска дренажно-сбросных вод в пруд Костылевский со 2-го (чистая) до 4-го (загрязненная). **Заключение.** В результате проведенных исследований отмечено увеличение количества ионов, формирующих ионно-солевой состав вод, в результате чего ухудшилось качество воды в малых водных объектах и все они перешли в разряд загрязненных. Повышение показателя БПК_{полн} указывает на увеличение концентрации легко окисляемых органических соединений.

Ключевые слова: класс качества воды; коэффициент предельной загрязненности; ионно-солевой состав воды; индекс загрязнения воды; коллекторно-дренажные сточные воды; малые водные объекты; приемник сточных вод.

T. I. Drovovozova

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

S. A. Manzhina

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation



ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF MINOR WATER OBJECTS STATE IN THE ZONE OF HYDRO RECLAMATION SYSTEMS INFLUENCE

Objective: to determine the impact degree of sewage water discharge on the qualitative characteristics of minor water bodies – wastewater receivers by the example of collector canals network of Semikarakorsk branch of the Federal State Budgetary Institution "Department "Rostovmeliiovodkhoz". The object of the study was discharges under numbers 1, 2, 3, 5 of the collector network of Semikarakorsk district of Rostov region. **Materials and Methods.** The methodology for assessing water quality by the coefficient of limiting contamination (LPC), proposed by V. V. Shabanov, V. N. Markin was used to assess the level of natural waters contamination. To determine the water quality degree, a scale for assessing the quality and condition of water bodies (according to V. V. Shabanov) was used. Data on chemical and physical-chemical indicators in the section lines of water bodies of yerik Besheny, river Solyonaya, natural boundaries Kolodez'ki and Kostylevsky pond where discharge of drainage water takes place are presented. **Results.** An environmental assessment of water quality for the studied section lines for the period from 2009 to 2019 using the coefficient of limiting contamination was carried out. It was found that the indicator value over a ten-year period increased for yerik Besheny from 0.43 to 1.54, for the Salt river – from 0.108 to 1.595, for the natural boundaries Kolodez'ka – from 0.178 to 1.765 and for the Kostylevsky pond – from 0.011 to 1.712. The water quality degree in all studied section lines increased from the third (moderately polluted) to the fourth (polluted), and in the section of drainage-waste water discharge to the Kostylevsky pond from the second (clean) to the fourth (polluted). **Conclusion.** As a result of the studies conducted, an increase in the number of ions forming the ion-salt composition of water was noted, as a result of which the quality of water in minor water bodies deteriorated and all of them turned into polluted degree group. An increase in the BPLfull index indicates an increase in concentration of easily oxidizable organic compounds.

Key words: water quality degree; limiting contamination coefficient; ion-salt composition of water; water pollution index; sewage water; minor water bodies; sewage receiver.

Введение. Водные объекты, находящиеся в зоне влияния гидромелиоративных систем, испытывают интенсивную антропогенную нагрузку, вызванную загрязнением и истощением их водных ресурсов. Основная нагрузка на водный объект связана либо с забором воды из источника, либо со сбросом загрязненных стоков, в частности дренажных и сбросных вод, отводимых по коллекторам с орошаемых земель [1–3]. Особенно чувствительны к таким нагрузкам малые водные объекты. Усугубляет ситуацию и то, что затруднительно сделать полную оценку изменения их состояния под влиянием антропогенной деятельности, так как отсутствуют данные об их биохимических и гидрометрических характеристиках. Для получения полной картины такого воздействия необходимо проводить комплексные многолетние наблюдения в рамках экосистемного мониторинга.

Примером негативного воздействия сброса коллекторно-дренажных вод в малые водные объекты могут стать оросительные системы Семикаракорского филиала ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз», оснащенные коллекторно-дренажными сбросными каналами, введенными в хозяйственную деятельность в 1970–1990 гг. [4].

Территория Семикаракорского района относится к центральной орошаемой степной зоне Ростовской области (ЮФО) и имеет благоприятные для выращивания сельскохозяйственных культур природно-климатические и почвенные условия. Однако, в силу недостаточного увлажнения, получение стабильно высоких урожаев в районе возможно в сочетании с орошением. С этой целью в прошлом столетии была построена сеть мелиоративных систем. Следует отметить, что в зоне действия рассматриваемой водосборно-сбросной системы расположен ряд антропогенных объектов, которые, в свою очередь, оказывают негативное воздействие на местные экосистемы. В их числе г. Семикаракорск с прилегающей к его территории свалкой бытовых отходов, 10 сельских поселений, птицефабрика ООО «Белая птица» соответственно с площадкой для хранения и переработки птичьего помета и других отходов производства, Донской осетровый завод, автомагистрали с транспортными развязками и др. [4].

Несмотря на присутствие других потенциальных источников загрязнения на территории водосбора коллекторно-дренажных систем, в соответствии с действующим законодательством, эксплуатирующая их водохозяйственная организация несет на себе бремя по очистке этих вод и плате за сброс в их составе присутствующих загрязняющих веществ.

Оценить изменение уровня загрязнения природных вод возможно, применяя интегральные показатели, учитывающие загрязненность воды. Это достаточно сложная и многомерная задача, требующая определения состава загрязненного стока, количества загрязняющих веществ, а также учета пространственно-временных процессов, влияющих на изменение концентраций загрязнителей [5–8].

Целью исследования являлось определение степени влияния сброса коллекторных вод на качественные характеристики малых водных объектов – приемников сточных вод. Объектом исследования являлись выпуски под номерами 1, 2, 3, 5 коллекторной сети Семикаракорского района Ростовской области.

Материалы и методы. Коллекторно-дренажная система Семикаракорского филиала ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» разделена на три водохозяйственных участка. Выпуск № 1 осуществляется из канала К-3 в ерик Бешеный (расход воды – $1,02 \text{ м}^3/\text{с}$). Выпуск № 2 из коллекторного канала ЛС-2 в р. Соленую (расход воды – $1,48 \text{ м}^3/\text{с}$). Выпуск № 3 из канала МКЛ-7 в урочище Колодезьки (расход воды – $1,08 \text{ м}^3/\text{с}$). Схема поступления коллекторно-дренажных вод Семикаракорского филиала ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» в водные объекты на водохозяйственном участке 05.01.03.010 представлена на рисунке 1.

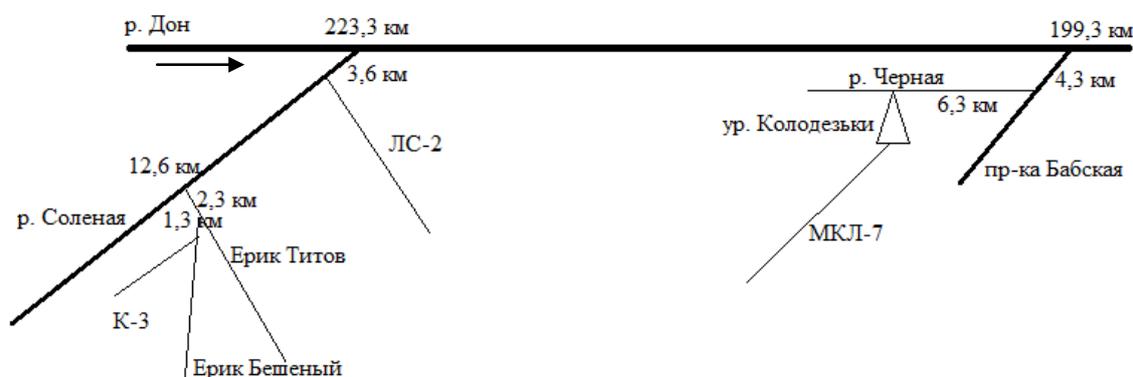


Рисунок 1 – Схема поступления коллекторно-дренажных вод Семикаракорского филиала ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» в водные объекты на водохозяйственном участке 05.01.03.010

Все указанные выпуски коллекторно-дренажных вод осуществляют свой сброс в малые водные объекты водохозяйственного участка 05.01.03.010.

Через выпуск № 5 из коллектора БГ-МС-4 осуществляется сброс коллекторно-дренажных вод в пруд Костылевский, который также является малым водным объектом (расход воды – $0,26 \text{ м}^3/\text{с}$). Схема поступления коллекторно-дренажных вод Семикаракорского филиала ФГБУ «Управе-

ние «Ростовмелиоводхоз» в водные объекты на водохозяйственном участке 05.01.03.009 представлена на рисунке 2.

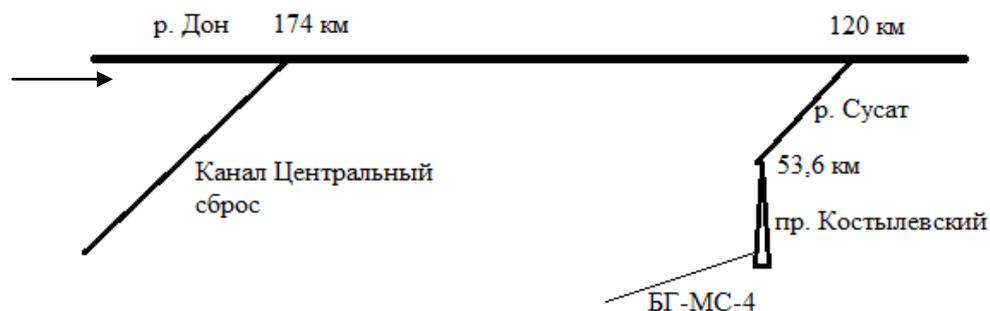


Рисунок 2 – Схема поступления коллекторно-дренажных вод Семикаракорского филиала ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» в водные объекты на водохозяйственном участке 05.01.03.009

Подземные воды в районе исследования, по данным режимных наблюдений за период 2009–2013 гг., относятся к сульфатно-гидрокарбонатному типу по анионному составу с преобладанием катионов натрия, кальция и магния. Минерализация колеблется в пределах 1,11–3,35 г/дм³. Динамика внутригодовых колебаний уровней грунтовых вод за представленный период наблюдений имеет максимум в весенний период (апрель-май) и минимум в осенний (сентябрь-октябрь) [9]. Из загрязняющих компонентов в грунтовых водах отмечается периодическое повышение содержания нитратов, железа, кремния, нефтепродуктов в районе г. Семикаракорска [9]. Данные о составе грунтовых вод приведены в таблице 1 [9].

Таблица 1 – Минерализация и ионный состав грунтовых вод в г. Семикаракорске и на прилегающей территории

| Минерализация | Ионный состав, мг/дм ³ | | | | | | | Жесткость, мг-экв./дм ³ | рН | СН ₄ , мкл/л |
|---------------|-----------------------------------|------------------|-----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------------|---------------|-------------------------|
| | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | HCO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | | | |
| 1,11–3,35 | 32– 432 | 46– 325 | 108– 613 | < 1– 32 | 393– 1793 | 213– 1136 | 97– 814 | 14,6–27,0 | 6,88– 8,27 | < 0,1– 106,0 |

Для оценки уровня загрязнения природных вод использована методика оценки качества воды по коэффициенту предельной загрязненности ($K_{ПЗ}$), предложенная В. В. Шабановым [10, 11].

Показатель предельной загрязненности выражается в безразмерном виде ($K_{ПЗ}$):

$$K_{\text{ПЗ}} = \frac{1}{N} \sum_i^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} - 1, \quad (1)$$

где N – количество i -х веществ, используемых для оценки показателя, шт.;

C_i – концентрация i -го вещества в воде, мг/дм³;

ПДК_i – предельно допустимая концентрация i -го вещества ($\text{ПДК}_{\text{р.х}}$), мг/дм³ [12].

Показатель предельной загрязненности в размерном виде, выраженный в единицах объема воды:

$$W_{\text{ПЗ}} = W_{\text{р}} \cdot K_{\text{ПЗ}},$$

где $W_{\text{р}}$ – объем фактического речного стока, м³/с.

Формула (1) связана с возможностью оценки качества воды через интегральный показатель ИЗВ – индекс загрязнения воды:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{N} \sum_i^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}.$$

Таким образом, $K_{\text{ПЗ}} = \text{ИЗВ} - 1$, т. е. уровень загрязнения воды несколькими веществами (N) оценим через показатель кратности сверхнормативного загрязнения.

Для определения класса качества воды использована шкала оценки качества и состояния водных объектов (по В. В. Шабанову) [10, 11]. Классификация качества воды по гидрохимическим показателям приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Классификация качества воды по гидрохимическим показателям

| Показатель | Класс качества воды | | | | | |
|--|-----------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------|------------------|------------------------|
| | 1-й (очень чистая) | 2-й (чистая) | 3-й (умеренно загрязненная) | 4-й (загрязненная) | 5-й (грязная) | 6-й (очень грязная) |
| БПК ₅ , мгО/дм ³ | 0,5–1,0 | 1,1–1,9 | 2,0–2,9 | 3,0–3,9 | 4,0–10,0 | > 10 |
| ИЗВ | ≤ 0,2 | 0,2–1 | 1–2 | 2–4 | 4–6 | > 6 |
| $K_{\text{ПЗ}}$ | ≤ –0,8 | –0,8...0 | 0–1 | 1–3 | 3–5 | > 5 |

Сульфат-ионы образуют малорастворимые соли с катионами кальция и магния, обуславливающими жесткость воды. Определение содержания

свободных сульфат-ионов в водной среде производили по формуле [13]:

$$AP = [SO_4^{2-}] - [Ca^{2+}] - [Mg^{2+}].$$

Исходными данными для расчета являлись протоколы экоаналитической лаборатории Ростовской гидрогеолого-мелиоративной партии – филиала ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз».

Результаты и обсуждения. В результате анализа сводных данных выявлено, что концентрации веществ в местах выпусков дренажных и сбросных вод из коллекторов по исследуемым водным объектам в период с 2009 по 2012 г. мало отличались от фоновых концентраций и соответствовали природному солевому фону рассматриваемой территории. Данные анализов за 2019 г. показали резкий скачок во всех водных объектах по содержанию сульфатов, кальция и магния, что требует дополнительных исследований для выявления причин этого. Данные об ионном составе вод исследуемых приемников сточных вод (далее – СВ) приведены в таблицах 3–6.

Таблица 3 – Динамика концентраций загрязняющих веществ в ерике Бешеном

| Показатель | Единица измерения | Фоновая концентрация ¹ | В месте сброса СВ по годам | | | | | Характеристика погрешности значений |
|------------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------------|------|------|-------|-------|-------------------------------------|
| | | | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2019 | |
| 1 рН | ед. рН | 7,645 | 7,66 | 7,71 | 7,70 | 7,70 | 7,60 | ±0,2 |
| 2 Взвешенные вещества | мг/дм ³ | 6,435 | 5,8 | 5,6 | 5,1 | 6,4 | 5,07 | ±1,83 |
| 3 Кальций | мг/дм ³ | 127,903 | 116 | 140 | 135 | 120 | 265,9 | ±33,5 |
| 4 Магний | мг/дм ³ | 50,143 | 54,7 | 63,6 | 54,4 | 57,4 | 142,7 | |
| 5 Натрий | мг/дм ³ | 328,525 | 350 | 441 | 418 | 366 | 377 | |
| 6 Хлориды | мг/дм ³ | 390,553 | 395 | 496 | 465 | 422 | 243,4 | ±23,0 |
| 7 Сульфаты | мг/дм ³ | 426,100 | 465 | 587 | 549 | 491 | 1680 | ±314,9 |
| 8 Минерализация | мг/дм ³ | 1,651 ² | 1543 | 1906 | 1781 | 1608 | 3128 | ±321,1 |
| 9 Фосфор фосфатов | мг/дм ³ | 0,090 | 0,09 | 0,12 | 0,09 | 0,109 | 0,01 | |
| 10 Железо общее | мг/дм ³ | 0,147 | 0,15 | 0,13 | 0,14 | 0,1 | 0,06 | ±0,02 |
| 11 Жесткость | мг/дм ³ | – | 10,4 | 12,3 | 11,1 | 10,8 | 25,19 | ±1,14 |
| 12 БПК _{полн} | мгО/дм ³ | 3,344 | 1,78 | 2,45 | 2,24 | 2,41 | 2,80 | ±0,56 |

¹ 500 м выше выпуска СВ № 1 – канал К-3; ² ПНД Ф 14.1:2:4.261-2010.

Таблица 4 – Динамика концентраций загрязняющих веществ в р. Соленой

| Показатель | Единица измерения | Фоновая концентрация ¹ | В месте сброса СВ по годам | | | | | Характеристика погрешности значений |
|------------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------------|------|------|-------|-------|-------------------------------------|
| | | | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2019 | |
| 1 рН | ед. рН | 7,983 | 7,81 | 7,80 | 7,83 | 7,73 | 7,73 | ±0,2 |
| 2 Взвешенные вещества | мг/дм ³ | 5,930 | 6,5 | 5,5 | 5,5 | 5,6 | 4,93 | ±1,41 |
| 3 Кальций | мг/дм ³ | 99,200 | 117 | 98,6 | 102 | 112 | 280,6 | ±32,6 |
| 4 Магний | мг/дм ³ | 40,913 | 45,0 | 44,7 | 38,0 | 43,2 | 150,2 | |
| 5 Натрий | мг/дм ³ | 219,425 | 255 | 228 | 219 | 253 | 328,8 | |
| 6 Хлориды | мг/дм ³ | 203,688 | 201 | 196 | 168 | 205 | 248,2 | ±24,9 |
| 7 Сульфаты | мг/дм ³ | 372,715 | 460 | 391 | 335 | 438 | 1621 | ±282,6 |
| 8 Минерализация | мг/дм ³ | 1,177 ² | 1279 | 1082 | 1053 | 1212 | 3071 | ±302,4 |
| 9 Фосфор фосфатов | мг/дм ³ | 0,072 | 0,1 | 0,12 | 0,12 | 0,121 | 0 | |
| 10 Железо общее | мг/дм ³ | 0,111 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,09 | 0,06 | ±0,02 |
| 11 Жесткость | мг/дм ³ | – | 9,6 | 8,63 | 8,27 | 9,2 | 26,35 | ±1,4 |
| 12 БПК _{полн} | мгО/дм ³ | 2,655 | 2,02 | 2,90 | 2,82 | 3,08 | 3,04 | ±0,79 |

¹ 500 м выше выпуска № 2 – канал ЛС-2; ² ПНД Ф 14.1:2:4.261-2010.

Таблица 5 – Динамика концентраций загрязняющих веществ в урочище Колодезьки

| Показатель | Единица измерения | Фоновая концентрация ¹ | В месте сброса СВ по годам | | | | | Характеристика погрешности значений |
|------------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------|------|------|-------|-------------------------------------|
| | | | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2019 | |
| 1 рН | ед. рН | 7,845 | 7,79 | 7,8 | 7,73 | 7,76 | 7,68 | ±0,2 |
| 2 Взвешенные вещества | мг/дм ³ | 7,006 | 5,8 | 5,4 | 5,6 | 6,0 | 4,95 | ±1,44 |
| 3 Кальций | мг/дм ³ | 111,640 | 124 | 127 | 132 | 129 | 267,5 | ±31,7 |
| 4 Магний | мг/дм ³ | 45,953 | 47,1 | 48,6 | 46,5 | 44,4 | 147,1 | |
| 5 Натрий | мг/дм ³ | 387,275 | 226 | 223 | 234 | 216 | 375 | |
| 6 Хлориды | мг/дм ³ | 355,25 | 148 | 152 | 156 | 150 | 250 | ±23,6 |
| 7 Сульфаты | мг/дм ³ | 443,95 | 520 | 518 | 551 | 502 | 1685 | ±311,8 |
| 8 Минерализация | мг/дм ³ | 1,595 ² | 1228 | 1219 | 1261 | 1182 | 3170 | ±319,3 |
| 9 Фосфор фосфатов | мг/дм ³ | 0,051 | 0,08 | 0,096 | 0,08 | 0,09 | 0 | |
| 10 Железо общее | мг/дм ³ | 0,177 | 0,19 | 0,13 | 0,14 | 0,09 | 0,08 | ±0,02 |
| 11 Жесткость | мг/дм ³ | – | 10,1 | 10,5 | 10,5 | 10,2 | 25,3 | ±1,39 |
| 12 БПК _{полн} | мгО/дм ³ | 7,514 | 2,10 | 2,32 | 2,52 | 3,42 | 3,05 | ±0,79 |

¹ 500 м выше выпуска СВ № 3 – канал МКЛ-7, 2,8 км от устья; ² ПНД Ф 14.1:2:4.261-2010.

Таблица 6 – Динамика концентраций загрязняющих веществ в Костылевском пруду

| Показатель | Единица измерения | Фоновая концентрация ¹ | В месте сброса СВ по годам | | | | | Характеристика погрешности значений |
|------------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------------|------|-------|------|-------|-------------------------------------|
| | | | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2019 | |
| 1 рН | ед. рН | 7,87 | 7,91 | 7,96 | 7,84 | 7,9 | 7,83 | ±0,2 |
| 2 Взвешенные вещества | мг/дм ³ | 5,597 | 5,4 | 5,1 | 5,3 | 5,7 | 4,95 | ±1,56 |
| 3 Кальций | мг/дм ³ | 90,413 | 78,6 | 93,1 | 91,6 | 86,8 | 305,6 | ±31,7 |
| 4 Магний | мг/дм ³ | 41,113 | 40,4 | 44,7 | 45,6 | 46,2 | 170,3 | |
| 5 Натрий | мг/дм ³ | 139,010 | 124 | 149 | 150 | 151 | 392,7 | |
| 6 Хлориды | мг/дм ³ | 89,178 | 83,3 | 86,9 | 89,4 | 88,6 | 278,3 | ±24,2 |
| 7 Сульфаты | мг/дм ³ | 396,225 | 331 | 424 | 430 | 440 | 1885 | ±273,4 |
| 8 Минерализация | мг/дм ³ | 928,702 ² | 758 | 881 | 907 | 894 | 3529 | ±303,5 |
| 9 Фосфор фосфатов | мг/дм ³ | 0,024 | 0,07 | 0,03 | 0,023 | 0,02 | 0 | |
| 10 Железо общее | мг/дм ³ | 0,095 | 0,12 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,06 | ±0,01 |
| 11 Жесткость | мг/дм ³ | – | 7,37 | 8,43 | 8,4 | 8,15 | 29,3 | ±1,38 |
| 12 БПК _{полн} | мгО/дм ³ | 2,555 | 2,21 | 2,57 | 2,68 | 2,74 | 2,63 | ±0,62 |

¹ 500 м вправо от выпуска СВ № 5 – канал БГ-МС-4, 2,5 км к юго-востоку от х. Костылевка; ² ПНД Ф 14.1:2:4.261-2010.

Для оценки экологического состояния малых водных объектов – приемников коллекторно-дренажных СВ с целью учета пространственно-временных процессов, повлиявших на изменение качества вод, рассчитан коэффициент предельного загрязнения в исследуемых водных объектах в месте выпуска дренажных и сбросных вод за период 2009–2012 гг. и за 2019 г. (таблица 7).

Таблица 7 – Коэффициент предельной загрязненности воды в водных объектах в месте выпуска коллекторно-дренажных сточных вод

| Наименование водного объекта | Коэффициент предельной загрязненности К _{ПЗ} | | Класс качества воды | | Значение БПК _{полн} , мгО/дм ³ | |
|------------------------------|---|-------|----------------------------|-------------------|--|------|
| | 2009–2012 | 2019 | 2009–2012 | 2019 | 2009 | 2019 |
| Ерик Бешеный | 0,43 | 1,54 | 3-й, умеренно загрязненная | 4-й, загрязненная | 1,78 | 2,8 |
| р. Соленая | 0,108 | 1,595 | 3-й, умеренно загрязненная | 4-й, загрязненная | 2,02 | 3,04 |
| Урочище Колодезьки | 0,178 | 1,765 | 3-й, умеренно загрязненная | 4-й, загрязненная | 2,10 | 3,05 |
| Пруд Костылевский | 0,011 | 1,712 | 2-й, чистая | 4-й, загрязненная | 2,21 | 2,63 |

Рассчитаны концентрации свободных сульфат-ионов в водных средах рассматриваемых водных объектов и установлена их динамика за период 2009–2019 гг. (рисунок 3).

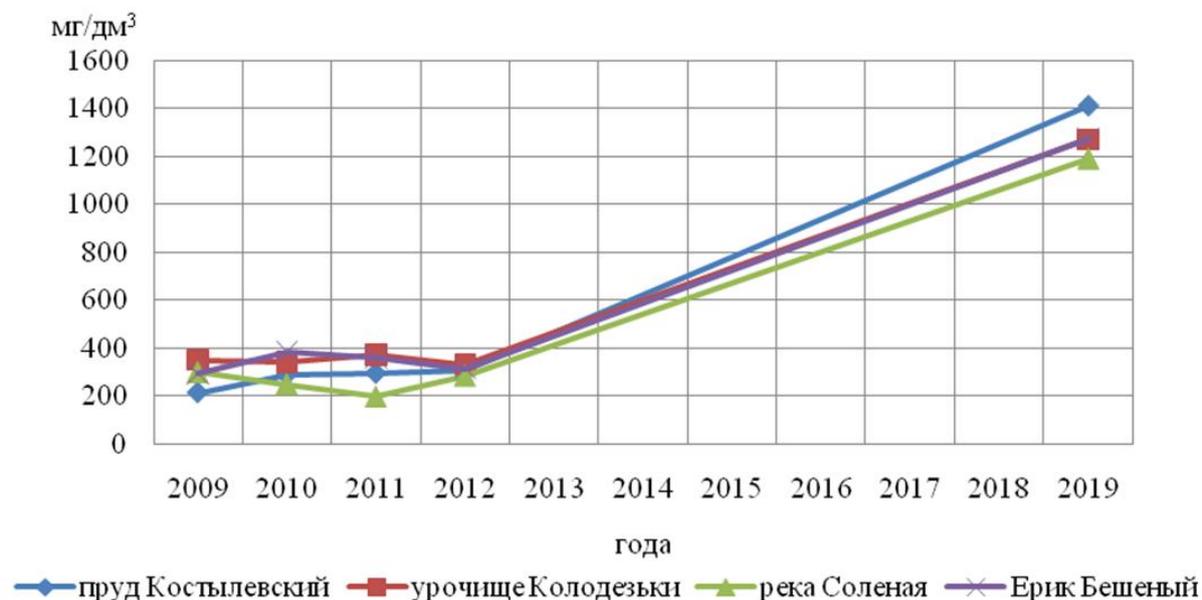


Рисунок 3 – Динамика концентраций свободных сульфат-ионов в малых водных объектах

Необходимо отметить повсеместное повышение показателя $\text{БПК}_{\text{полн}}$ с 2009 по 2019 г., что указывает на увеличение концентрации легко окисляемых органических соединений. При этом растет значение $K_{\text{ПЗ}}$ за счет роста концентраций ионов, формирующих ионно-солевой состав вод. Следовательно, определяющим фактором качества природных вод в месте выпуска дренажно-сбросных вод является химический состав последних.

Заключение. Данные анализов за 2019 г. показали увеличение во всех малых водных объектах содержания сульфатов, кальция и магния, что требует дополнительных исследований для выявления причин. Установлено, что примерно 25 % сульфат-ионов связываются катионами кальция и магния в малорастворимые соли.

Отмечено повышение показателя $\text{БПК}_{\text{полн}}$, что указывает на увеличение концентрации легко окисляемых органических соединений.

На этом фоне наблюдается увеличение в разы коэффициента пре-

дельной загрязненности вод $K_{ПЗ}$ за счет роста ионов, формирующих ионно-солевой состав вод, в результате чего ухудшилось качество воды в малых водных объектах и все они перешли в разряд загрязненных.

Сохранение антропогенной нагрузки на рассматриваемые малые водные объекты на современном уровне будет способствовать их деградации и ухудшению состояния территориальной экосистемы.

Список использованных источников

1 Ольгаренко, В. И. Основные направления совершенствования эксплуатации гидромелиоративных систем в современных условиях / В. И. Ольгаренко // Актуальные проблемы эксплуатации гидромелиоративных систем. – Новочеркасск, 1998. – С. 25–29.

2 Аладинская, А. Р. Охрана окружающей среды от негативного воздействия хозяйственной деятельности: науч. моногр. / А. Р. Аладинская, Т. Ю. Анопченко, И. А. Афонина. – Новосибирск: СибАК, 2015. – 260 с.

3 Щедрин, В. Н. Основные правила и положения эксплуатации мелиоративных систем и сооружений, проведения водоучета и производства эксплуатационных работ / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов. – Ч. 1. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 395 с.

4 Васильев, С. М. Влияние поверхностного стока урбанизированных территорий на химический состав коллекторно-сбросных вод / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко, А. А. Кисиль // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 1(29). – С. 31–48. – Режим доступа: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec529-field6.pdf.

5 Guidelines for drinking-water quality: Recommendations / World Health Organization. – Geneva, 1983. – 271 p.

6 Witkowski, A. J. Groundwater Vulnerability Assessment and Mapping: IAH-Selected Papers. V. 11 / A. J. Witkowski, A. Kowalczyk, J. Vrba. – London: Taylor and Francis, 2007. – 260 p.

7 Stansfury, M. Irrigation and water quality United States perspective / M. Stansfury // Trans. 14th cong. irrigate and drainage. – 1998. – 1(13). – P. 585–594.

8 Безднина, С. Я. Качество воды для орошения. Принципы и методы оценки / С. Я. Безднина. – М.: Рома, 1997. – 185 с.

9 Масштабы подтопления, режим и качество грунтовых вод застроенных территорий юга Ростовской области / А. М. Никаноров, О. Б. Барцев, Д. Н. Гарькуша, Е. А. Зубков // Вестник Южного научного центра. – 2015. – Т. 2, № 3. – С. 66–80.

10 Шабанов, В. В. Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем / В. В. Шабанов, В. Н. Маркин. – М.: МГУП, 2009. – 154 с.

11 Вершинская, М. Е. Эколого-водохозяйственная оценка водосбора и водных объектов в бассейне Иртыша / М. Е. Вершинская, В. В. Шабанов, В. Н. Маркин // Природообустройство. – 2008. – № 2. – С. 50–57.

12 Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 г. № 552 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: docs.cntd.ru/document/420389120, 2019.

13 Динамика ионного состава и кислотные свойства атмосферных осадков При-

казанского региона (Республика Татарстан) / В. З. Латыпова, О. Г. Яковлева, Е. А. Ми-
накова, Г. Н. Жданова, С. Д. Захаров // Ученые записки Казанского государственного
университета. Естественные науки. – 2005. – Т. 147, кн. 3. – С. 141–150.

References

1 Ol'garenko V.I., 1998. *Osnovnyye napravleniya sovershenstvovaniya ekspluatatsii gidromeliorativnykh sistem v sovremennykh usloviyakh* [The main directions of improving the irrigation systems operation under modern conditions]. *Aktual'nye problemy ekspluatatsii gidromeliorativnykh sistem* [Contemporary Issues of Hydroreclamation Systems Operation]. Novocherkassk, pp. 25-29. (In Russian).

2 Aladinskaya A.R., Anopchenko T.Yu., Afonina I.A., 2015. *Okhrana okruzhayushchey sredy ot negativnogo vozdeystviya khozyaystvennoy deyatel'nosti: nauchnaya monografiya* [Environment Protection from the Negative Impact of Economic Activity: scientific monograph]. Novosibirsk, SibA K Publ., 260 p. (In Russian).

3 Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Slabunov V.V., 2013. *Osnovnye pravila i polozheniya ekspluatatsii meliorativnykh sistem i sooruzheniy, provedeniya vodoucheta i proizvodstva ekspluatatsionnykh rabot* [Basic Rules and Regulations of Operation of Reclamation Systems and Structures, Maintaining Water Recording and Production of Operational Works]. Part 1, Novocherkassk, Helikon Publ., 395 p. (In Russian).

4 Vasiliev S.M., Domashenko Yu.E., Kisil' A.A., 2018. [Influence of the surface runoff of urbanized territories on the chemical composition of sewage]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 1(29), pp. 31-48, available: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec529-field6.pdf. (In Russian).

5 Guidelines for drinking-water quality: Recommendations. World Health Organization. Geneva, 1983, 271 p.

6 Witkowski A.J., Kowalczyk A., Vrba J., 2007. Groundwater Vulnerability Assessment and Mapping: IAH-Selected Papers. V. 11, London, Taylor and Francis Publ., 260 p.

7 Stansfury M., 1998. Irrigation and water quality United States perspective. Trans. 14th cong. irrigate and drainage, no. 1(13), pp. 585-594.

8 Bezdina S.Ya., 1997. *Kachestvo vody dlya orosheniya. Printsipy i metody otsenki* [Quality of Water for Irrigation. Principles and Methods of Assessment]. Moscow, Roma Publ., 185 p. (In Russian).

9 Nikanorov A.M., Bartsev O.B., Gar'kusha D.N., Zubkov E.A., 2015. *Masshtaby podtopleniya, rezhim i kachestvo gruntovykh vod zastroyennykh territoriy yuga Rostovskoy oblasti* [The extent of flooding, regime and quality of groundwater in the built-up territories of the southern Rostov region]. *Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra* [Bull. of the Southern Scientific Center], vol. 2, no. 3, pp. 66-80. (In Russian).

10 Shabanov V.V., Markin V.N., 2009. *Metod otsenki kachestva vod i sostoyaniya vodnykh ekosistem* [Method for Assessing Water Quality and the State of Aquatic Ecosystems]. Moscow, MGUP Publ., 154 p. (In Russian).

11 Vershinskaya M.E., Shabanov V.V., Markin V.N., 2008. *Ekologicheskaya i vodokhozyaystvennaya otsenka vodosbora i vodnykh ob'ektov v bassejne Irtysya* [Ecological and water management assessment of the catchment and water bodies in the Irtysh basin]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 2, pp. 50-57. (In Russian).

12 *Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob'ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob'ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya* [On the Approval of Water Quality Standards for Water Bodies of Fishery Importance, Including Standards for Maximum Permissible Concentrations of Harmful Substances in the Waters of Water Bodies of Fishery Importance]. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of 13 December, 2016, no. 552, available: docs.cntd.ru/document/420389120 [accessed 2019]. (In Russian).

13 Latypova V.Z., Yakovleva O.G., Minakova E.A., Zhdanova G.N., Zakharov S.D., 2005. *Dinamika ionnogo sostava i kislotnye svoystva atmosferykh osadkov Prikazanskogo regiona (Respublika Tatarstan)* [Dynamics of ionic composition and acidic properties of atmospheric precipitation in the Kazan area region (Republic of Tatarstan)]. *Uchenye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye nauki* [Proceed. of Kazan State University. Natural Sciences], vol. 147, b. 3, pp. 141-150. (In Russian).

Дрововозова Татьяна Ильинична

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: заведующая кафедрой экологических технологий природопользования

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственной аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: tid70.drovovozova@yandex.ru

Drovovozova Tatyana Ilinichna

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Head of the Chair of Environmental Technologies of Nature Management

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: tid70.drovovozova@yandex.ru

Манжина Светлана Александровна

Ученая степень: кандидат технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Manzhina Svetlana Aleksandrovna

Degree: Candidate of Technical Science

Title: Associate Professor

Position: Senior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru