

УДК 626.82

Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев

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

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ОТ ИОННОГО СОСТАВА ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ СТОКОВ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ ЗАПАДНОГО МАНЫЧА

Целью работы является установление зависимых связей между ионным составом дренажно-сбросных стоков и общей минерализацией для определения специфических значений исследуемых показателей, способствующих идентификации источника поступления загрязнителей. Актуальность работы заключается в выявлении возможности получения идентифицирующих зависимостей, позволяющих с высокой степенью достоверности разграничить ответственность водопотребителей, осуществляющих сбросы с орошаемых массивов правобережья Западного Маныча. В результате исследований установлены закономерности между общей минерализацией и основными ионами в стоках. Они являются специфичными для дренажно-сбросных стоков, сформировавшихся в пределах территориальных геоморфологических единиц – в пойме, на первой или второй террасах правобережья реки Западный Маныч, с характерным для них литологическим разрезом, гидрохимическими условиями и почвенным покровом. Для водных вытяжек почв и застойных грунтовых вод связь между характеристиками химического состава проявляется слабее, что может быть объяснено отсутствием перемешивания вод или осреднения почв на рассматриваемой территории. В ходе исследований отмечено, что закономерности в общем содержании растворенных солей и ионов в стоках коллекторов слабее, чем в отдельных группах внутрихозяйственных дрен. Использование идентифицирующих зависимостей на практике позволит выработать единые требования к организации оценки динамики загрязнения стоков и получать достоверную информацию о территориальном нахождении источников поступления загрязняющих веществ.

Ключевые слова: дренажно-сбросной сток, минерализация, ионный состав, корреляционная зависимость, оросительная система, водоприемник.

Yu. Ye. Domashenko, S. M. Vasilyev

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

IDENTIFICATION OF DEPENDENCIES OF MINERALIZATION FROM ION COMPOSITION OF DRAINAGE-WASTEWATER DISCHARGES ON RIGHT BANK OF WEST MANYCH

The aim of research is to establish dependences between the ion composition of drainage-wastewater runoff and general mineralization to determine the specific values of the parameters studied to help identify the source of pollutants. The timeliness of the work lies in detection of the possibility for identifying dependencies, allowing to distinguish to a high degree of accuracy between responsibility of water users engaged in wastewater discharges from irrigated areas of the right bank of the West Manych. As a result of studies correlations between total mineralization and major ions in discharges are determined. They are specific for the drainage-wastewater runoff formed within the territorial geomorphologic units – in the

floodplain on the first and second terraces of the right bank of the river West Manych, with a typical lithological section, hydrochemical conditions and soil cover. For soil water extracts and stagnant groundwater relationship between the characteristics of the chemical composition is weaker, that can be explained by the lack of water mixing or homogenization of soil on the territory in question. It was noted during investigation that regularities in general content of dissolved salts and ions in the wastewater collectors are weaker than in separate groups of in-farm drains. The use of identifying dependencies in practice will allow developing common requirements for the organization of pollution runoff dynamics assessment and obtaining reliable information on the territorial finding of sources of polluting substances.

Keywords: drainage wastewater discharge, salinity, ion composition, correlation, irrigation system, water intake.

Введение. Экологически безопасное ведение орошения возможно при максимально полном контроле процессов загрязнения на агроландшафтах. Осуществление такого контроля затруднено по причине фрагментарности информации о перемещении загрязнений в слое почвы и подстилающих породах, резкого сокращения пунктов, осуществляющих мониторинг за химическим составом дренажно-сбросных стоков.

Увеличение нагрузки на естественные водоприемники до пределов, превышающих их самоочистительную способность, приводит к нарушению их функционирования, чрезвычайно высокому загрязнению и деградации [1, 2].

Агропромышленный комплекс Российской Федерации является одним из крупнейших потребителей водных ресурсов, особенно в мелиоративном секторе. Использование пресной воды в целях орошения сельскохозяйственных культур в аридной зоне приводит к формированию внушительных объемов стоков, которые выносят в растворенном виде большое количество самых различных веществ, нанося непоправимый урон водотокам, снижая и без того незначительные запасы доступных для изъятия водных ресурсов. Объемы дренажно-сбросных стоков фактически не контролируются и не учитываются, несмотря на то, что существующая в России законодательная база предусматривает применение штрафных санкций за сброс неочищенных стоков в водные объекты.

Мероприятия по восстановлению сети мониторинга дренажно-

сбросных стоков могут рассматриваться в качестве одного из возможных решений данной проблемы [3–5]. В этой связи следует отметить, что в структурных подразделениях эксплуатирующих мелиоративных организаций в настоящее время отсутствуют соответствующие службы [4], и восстановление в прежних масштабах сети постов наблюдений невыполнимо.

Для решения поставленной проблемы и снижения затрат на содержание сети наблюдений целесообразно провести исследования и получить идентифицирующие зависимости, позволяющие с высокой степенью достоверности определять химический состав загрязнений и с учетом их специфики разграничить ответственность водопотребителей, осуществляющих сбросы с орошаемых массивов.

Материалы и методы. Химические анализы стоков выполнялись в эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ» по соответствующим общепринятым методикам. В пробах на вынос минеральных удобрений определялись биогенные соединения: минеральный фосфор, нитриты, нитраты, аммоний, бихроматная окисляемость. Суммарный вынос биогенных соединений в водный объект оценивался на основе данных конкретных участков орошаемой территории по величине средней концентрации, определяемой по формуле:

$$C_{\text{cp}} = \frac{\sum_i^n C_1 \cdot q_1 \cdot F_1 + \sum_i^n C_2 \cdot q_2 \cdot F_2 + \dots + \sum_i^n C_n \cdot q_n \cdot F_n}{\sum_i^n q_1 \cdot F_1 + \sum_i^n q_2 \cdot F_2 + \dots + \sum_i^n q_n \cdot F_n}, \quad (1)$$

где C_{cp} – средняя концентрация компонентов в дренажно-сбросном стоке устьевом створе сбросного коллектора, мг/дм³;

C_1, C_2, \dots, C_n – концентрация компонента в дренажно-сбросном стоке с участков площадью F_1, F_2, \dots, F_n , мг/дм³;

q_1, q_2, \dots, q_n – соответствующие модули стока, л/га.

Для получения значений концентраций выносимых стоком компо-

нентов использовались данные наблюдений на действующих объектах – аналогах, характеризующихся однотипностью природно-мелиоративных и организационно-хозяйственных условий.

Метрологические проблемы, связанные с исследованиями в области методики выявления загрязняющих веществ в стоках, наиболее полно освещены в работах В. В. Налимова, И. Г. Зедгинидзе и др. [6–8]. Суть их сводится к минимизации воздействия ошибок измерения на результаты экспериментальных исследований. В частности, отмечается, что при любых измерениях, проводимых одними и теми же методами и с помощью одних и тех же приборов, имеют место случайные ошибки, связанные с действием неучтенных факторов. В. В. Налимовым показано, что случайные ошибки независимых измерений подчиняются нормальному закону распределения.

Результат испытаний признавался аномальным и исключался из дальнейших расчетов с риском 5 %, если полученное значение табулированного критерия ξ превышало табличное, соответствующее данному количеству измерений n и принятой надежности.

При подсчете рассматриваемых средних из массивов данных концентраций исключались чрезмерно высокие и чрезмерно низкие показатели концентрации. Появление таких концентраций, как правило, вытекает из недочетов при отборе, подготовке и химическом анализе проб. Исключение непредставительных значений концентраций проводилось согласно стандарту [7], при уровне значимости $\alpha = 0,01$. Определение довольно высокого уровня значимости основывалось на гипотезе о том, что информация в анализируемых выборках подчинена закону нормального распределения. Оценка существенности и несущественности сравниваемых концентраций веществ производилась с помощью статистического критерия u^* Уилксона – Манна – Уитни [8] и по соответствующим номограммам [9, 10].

Если количество значений в большой выборке превышает число во-

семь ($m^* > 8$), то оценка различия концентраций анализируемых выборок проводится по нормальному закону распределения:

$$z = \frac{u^* - \frac{m^*n^*}{2} - \frac{1}{2}}{\sqrt{\frac{m^*n^*(m^*+n^*+1)}{12}}} = \frac{u^* - 0,5(m^*n^*+1)}{0,298\sqrt{m^*n^*(m^*+n^*+1)}}, \quad (2)$$

где z – относительная значимость исследуемого фактора.

Статистическая связь между оцениваемыми параметрами принималась значимой в том случае, если полученный коэффициент корреляции составляет 5 % [11].

Результаты и обсуждение. Исследования, проведенные на территориях, обслуживаемых Донским магистральным каналом, свидетельствуют о том, что в условиях орошения преобладает интенсивность нисходящих токов почвенных растворов. Следовательно, при наличии искусственного дренажа объем солей, удаляемый коллекторно-дренажным стоком, должен превышать объем солей, поступивших на территорию.

Но на изучаемых территориях происходят процессы интенсивного засоления и деградации почв, несмотря на чрезмерное поступление органических и минеральных веществ с дренажно-сбросным стоком в поверхностные водоемы.

За период 2014–2015 гг. были обработаны данные химических анализов образцов, отобранных из стоков, которые поступают по дренажной сети в Веселовское водохранилище, реку Западный Маныч, лиманы Шахаевский и Западенский, озеро Большое и другие водоприемники (рисунки 1–4).

На диаграммах отмечено запаздывание выноса минеральных веществ на 3–5 месяцев. Химический состав рассматриваемых стоков варьируется от менее токсичной по солевому составу сульфатной и хлоридно-кальциевой группы до более токсичного сульфатно-хлоридного класса натриевой и магниевой группы, но в основном преобладают стоки более ток-

сичного сульфатно-хлоридного класса натриевой группы. Объемы стока за год в различных коллекторах варьируются от 547,0 до 1485,0 тыс. м³.

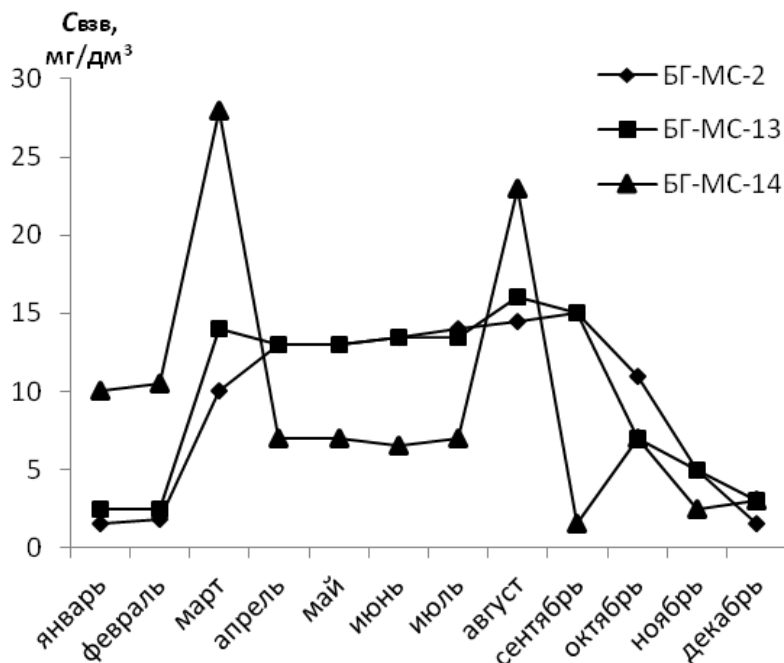


Рисунок 1 – Вынос взвешенных веществ (в мг/дм³) стоком БГ-МС-2, БГ-МС-13, БГ-МС-14 (источник орошения – Донской магистральный канал, водоприемник – р. Зап. Маныч), по данным наблюдений за 2014 г.

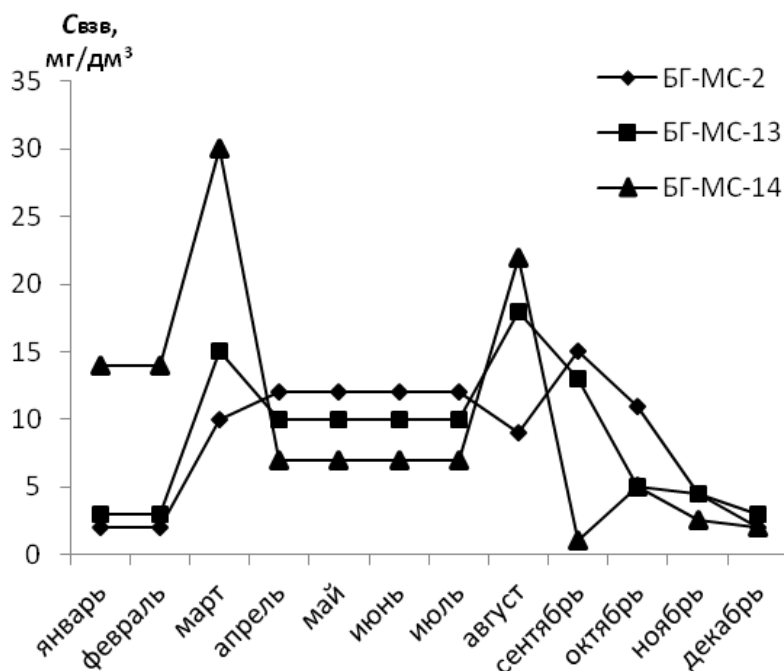


Рисунок 2 – Вынос взвешенных веществ (в мг/дм³) стоком БГ-МС-2, БГ-МС-13, БГ-МС-14 (источник орошения – Донской магистральный канал, водоприемник – р. Зап. Маныч), по данным наблюдений за 2015 г.

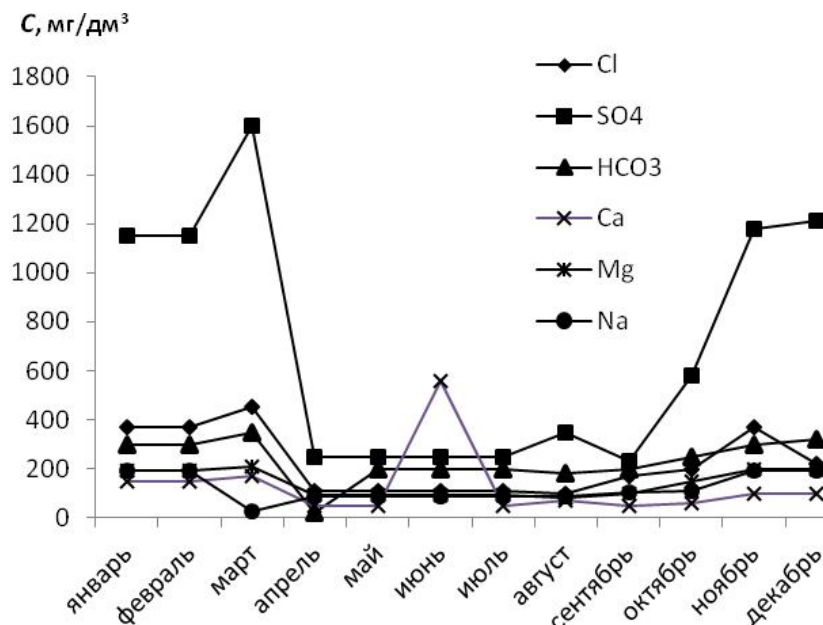


Рисунок 3 – Концентрация ионов (в мг/дм³) в стоке БГ-МС-2 (источник орошения – Донской магистральный канал, водоприемник – р. Зап. Маныч), по данным наблюдений за 2014 г.

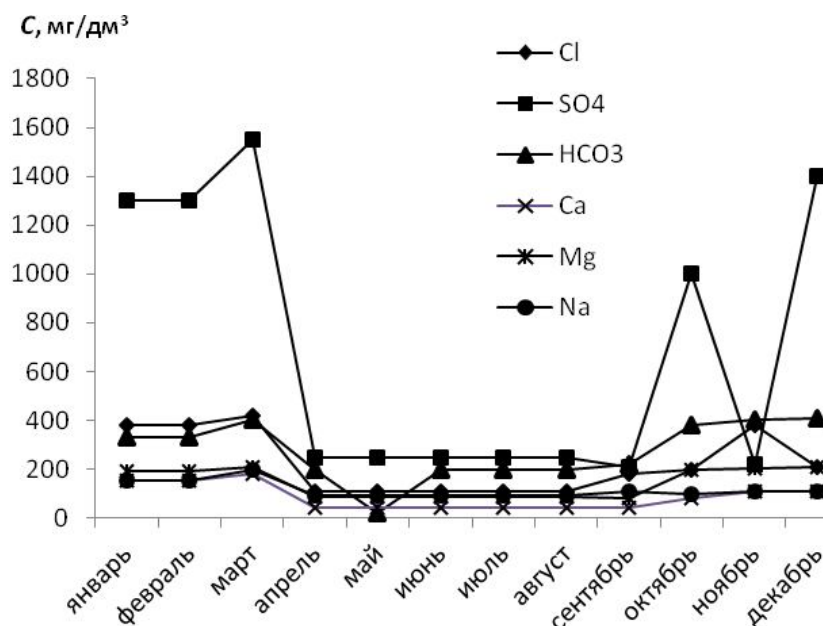


Рисунок 4 – Концентрация ионов (в мг/дм³) в стоке БГ-МС-13 (источник орошения – Донской магистральный канал, водоприемник – р. Зап. Маныч), по данным наблюдений за 2015 г.

В ходе полевых исследований и камеральной обработки выявлена высокая степень зависимости между минерализацией изучаемых стоков и основными ионами. При проведении отдельных обработок она близка к функциональной (рисунок 5).

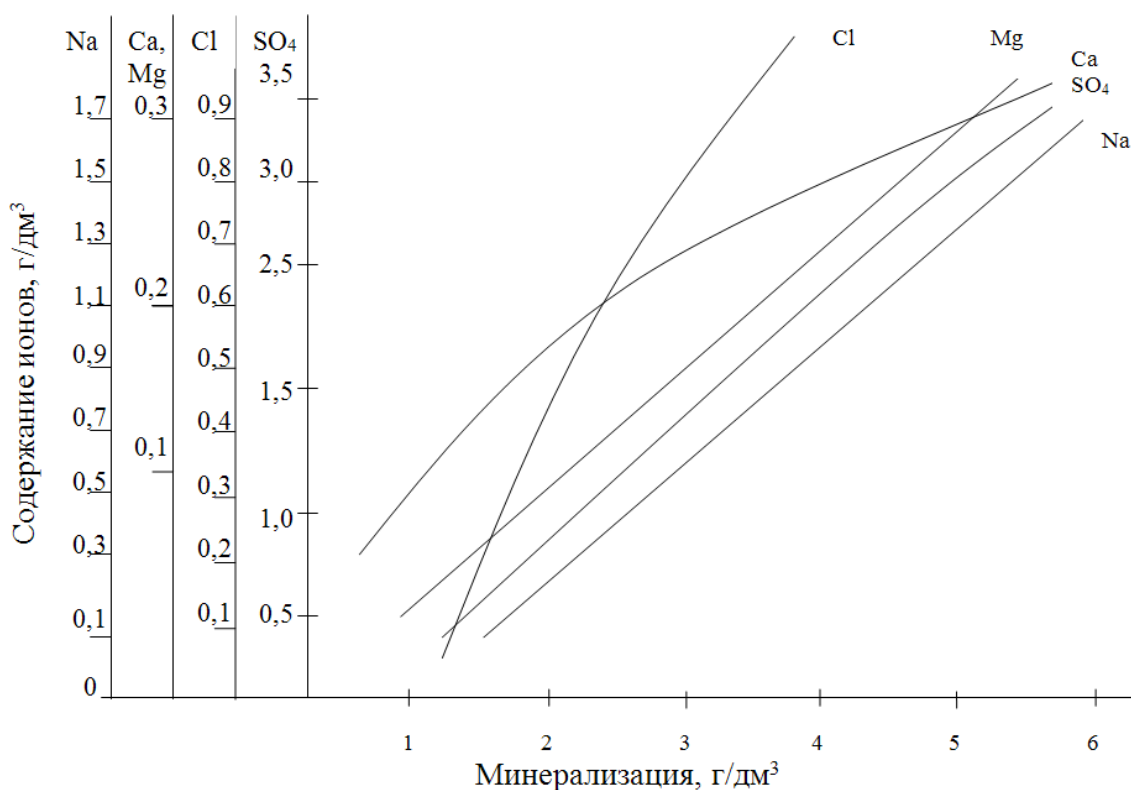


Рисунок 5 – Графоаналитическая интерпретация связей минерализации стока с содержанием в нем ионов

Результаты обрабатывались с учетом аппроксимации зависимостей в отношении ионов солей и их суммой. При этом учитывалось отклонение точек, отражающих результаты химических анализов от соединяющей их линии. Полученные связи минерализации стока с содержанием в нем основных изучаемых ионов (Cl, SO₄, Na, Mg и Ca) характеризуются значениями R^2 : 0,98; 0,96; 0,97; 0,92; 0,76 соответственно.

В результате анализа данных получены численные значения показателей, которые характеризуют степень аппроксимации исследуемых зависимостей. Математическая обработка позволила получить описывающие их аналитические уравнения регрессии.

При реализации исследований были установлены корреляционные связи, которые существуют в отношении минерализации и ионного состава. Они являются специфичными для дренажно-сбросных стоков, сформировавшихся в пределах территориальных геоморфологических единиц: в пойме, на первой или второй террасах правобережья реки Западный Ма-

ныч, с характерным для них литологическим разрезом, гидрохимическими условиями и почвенным покровом.

Для водных вытяжек почв и застойных грунтовых вод связь между характеристиками химического состава проявляется слабее, что может быть объяснено отсутствием перемешивания или осреднением почв на рассматриваемой территории. В ходе исследований выявлено, что данная связь в стоках магистральных или межхозяйственных дрен слабее, чем в отдельных группах внутрихозяйственных дрен.

Порядка 87 % взятых из стоков проб относятся к IV классу опасности для орошения, а оставшаяся часть – к III классу [12]. По нормативам рыбного хозяйства состав вредных веществ в сбросных и коллекторно-дренажных стоках превышает предельно допустимые концентрации. Пестициды в этих водах не обнаружены. Содержание фосфатов, соединений меди, нитритов и нитратов находится в пределах норм. По данным наблюдений, минерализация стока в вегетационный период (с мая по сентябрь) снижается до 3,1 г/дм³ по сравнению с зимним периодом, но сток солей является максимальным – от 3400 до 6700 т в месяц (в среднем на коллектор) (рисунок 6). Такой разброс и содержание органических и минеральных веществ в коллекторах объясняется несогласованной хозяйственной деятельностью сельскохозяйственных предприятий. Обособленность деятельности хозяйств носит негативный характер с экологических позиций также и в связи со сбросами вод в каждый коллектор несколькими предприятиями одновременно. Но, с другой стороны, эта обособленность предопределяет индивидуальность формирования химического состава загрязнителей в дренажном стоке, что фактически является решением одной из поставленных в данной работе задач.

Довольно высокая степень зависимости получена в отношении дренажных стоков, менее тесная связь – для водных вытяжек. Коэффициенты детерминации для Cl, SO₄, Na, Mg, Ca равны 0,90–0,95; для HCO₃ – 0,78.

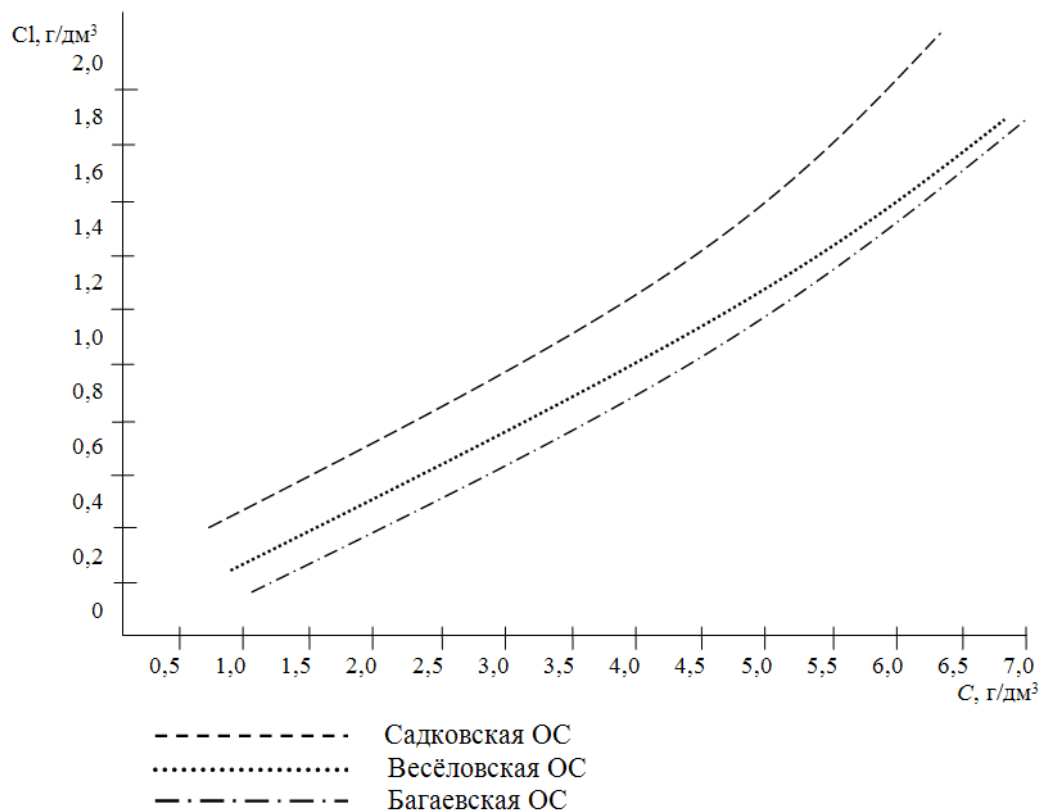


Рисунок 6 – Графоаналитическая связь минерализации стока с содержанием хлора (2015 г.)

Выявленные зависимости позволяют при наличии информации о минерализации стока весьма точно рассчитывать наличие всех шести ионов. Полученные уравнения для дренажно-сбросных стоков Багаевской ОС имеют следующий вид:

$$Cl = 0,415 \cdot l^{0,251} \cdot C - 0,45; \quad (3)$$

$$SO_4 = 0,46 \cdot (C + 2,9)^{1,07} - 1,4; \quad (4)$$

$$Na = 0,039 \cdot (C + 1,392)^{1,7} + 0,04; \quad (5)$$

$$Ca = 0,345 \cdot (C + 0,079)^{0,36} - 0,195; \quad (6)$$

$$Mg = 0,159 \cdot \ln C - 0,016, \quad (7)$$

где C – минерализация стока, г/дм³.

Определить химический состав стоков возможно и по хлору, содержащемуся в них.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что между

потенциальной способностью воды к осолонцеванию (критерий Антипова-Каратаева) и минерализацией стоков существует корреляционное соотношение не ниже 0,9.

Следует отметить, что тесные, близкие к функциональным связи (при исключении ошибок в химических анализах), присущи водам, минерализация которых не ниже 0,9 г/дм³. В результате проведенного мониторинга и оценки данных наблюдается стабильность зависимостей концентрации натрия от минерализации стоков в течение последних четырех лет исследований (рисунок 7).

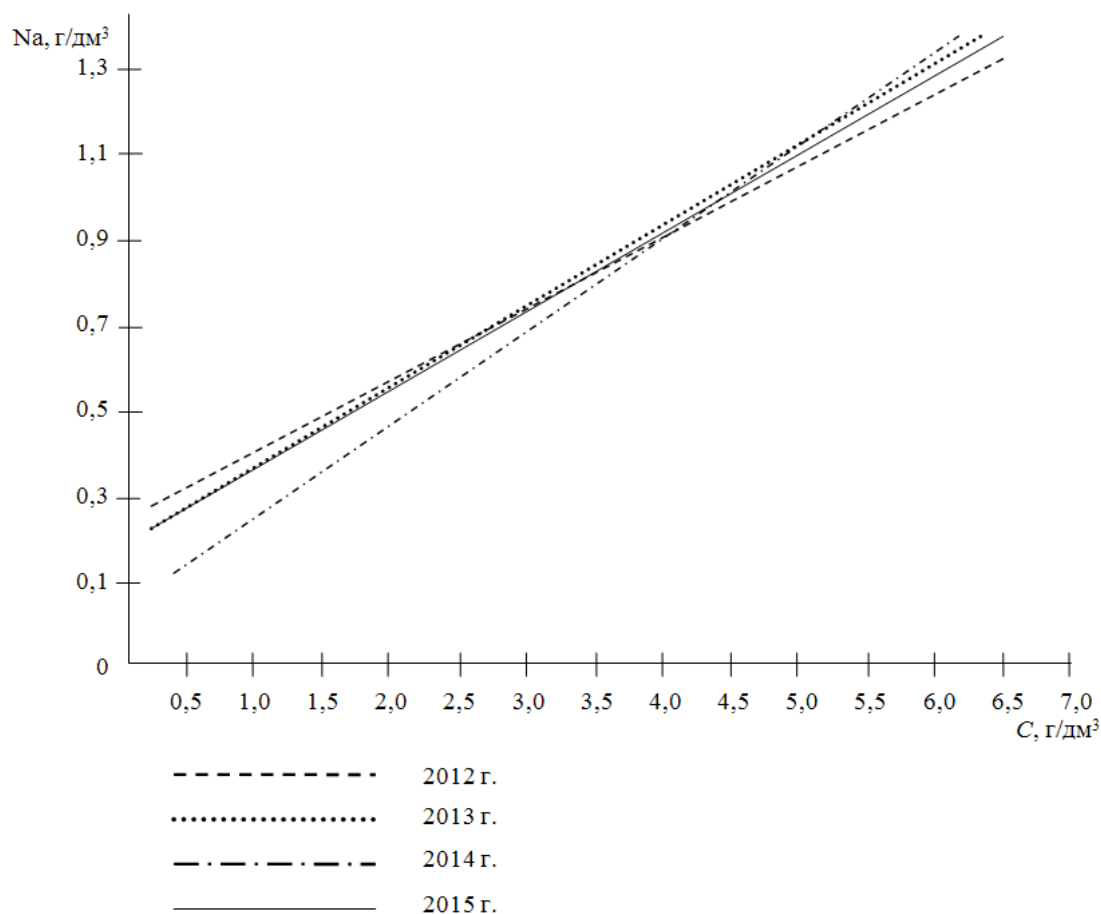


Рисунок 7 – Характер изменения содержания Na в зависимости от минерализации стока за период с 2012 по 2015 г.

$$2012 \text{ г.} - Na = 3,987 / 0,067 C - 4,25; \quad (8)$$

$$2013 \text{ г.} - Na = 5,24 / 0,027 C - 5,94; \quad (9)$$

$$2014 \text{ г.} - Na = 6,01 / 0,082 C - 6,11; \quad (10)$$

$$2015 \text{ г.} - Na = 9,12 / 0,043 C - 8,87. \quad (11)$$

На исследуемых системах в течение ряда лет наблюдается незначительная корректировка изучаемых зависимостей (рисунок 8).

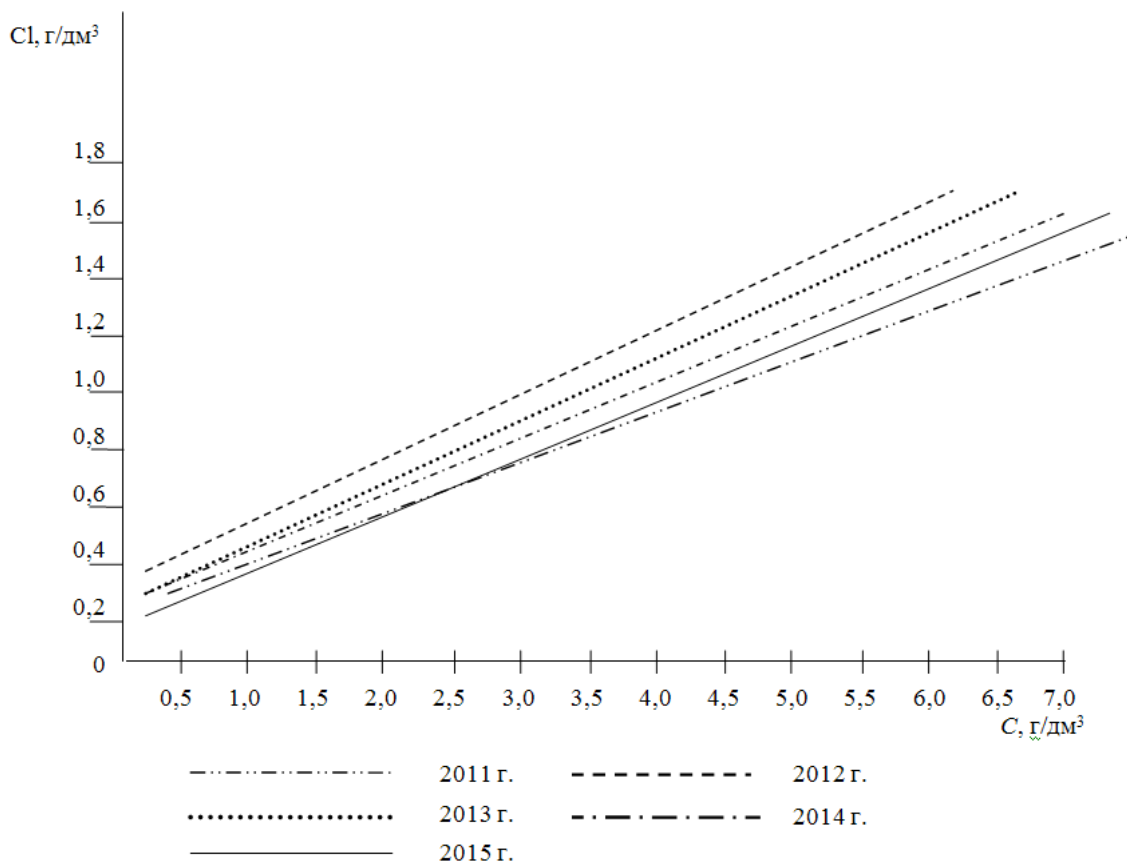


Рисунок 8 – Характер изменения содержания Cl в зависимости от минерализации за период с 2011 по 2015 г.

$$\begin{aligned}
 2011 \text{ г.} & - Cl = 7,91 \cdot C^{0,053} - 7,892; \\
 2012 \text{ г.} & - Cl = 0,344 \cdot (C + 0,349) - 0,2; \\
 2013 \text{ г.} & - Cl = 1,9 \cdot C^{0,142} - 1,93; \\
 2014 \text{ г.} & - Cl = 2,49 \cdot C^{0,101} - 2,487; \\
 2015 \text{ г.} & - Cl = 0,197 \cdot (C - 0,05)^{1,2} + 0,079.
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

Закономерный характер зависимостей между минерализацией стока и концентрацией в нем хлора свидетельствует о процессах формирования химического состава дренажно-сбросных стоков при возобновлении орошения полей агроландшафта после реконструкции орошаемых участков.

Выводы. По результатам исследований выявлено, что:

- установление зависимых связей между ионным составом дренажно-

сбросных стоков и общей минерализацией для определения специфических значений исследуемых показателей позволяет территориально идентифицировать источник поступления загрязнителей;

- закономерные соотношения ионов по мере изменения общей концентрации солей дают возможность рассчитывать по минерализации стока его химический состав и охарактеризовать мелиоративные свойства орошаемого массива, что позволяет оперировать минерализацией как общим химическим показателем свойств стока;

- в процессе формирования химического состава стоков происходит уменьшение доли хлора в ионах, определяющих минерализацию воды; аналогичный процесс наблюдается и с натрием, но выражен в четыре раза слабее;

- другая ситуация складывается в отношении ионов сульфата, кальция и магния, удельный вес которых в рассматриваемый промежуток времени закономерно возрастал, и отмечалась примерная стабилизация исследуемой зависимости;

- использование идентифицирующих зависимостей на практике позволит обеспечить выработку единых требований к организации оценки динамики загрязнения стоков и получать достоверную информацию об источниках загрязнения.

Список использованных источников

1 Методические указания по учету стока и выноса растворенных веществ дренажно-сбросными водами с орошаемых территорий / В. Н. Щедрин [и др.]; ФГНУ «РосНИИПМ». – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2003. – 27 с.

2 Капустян, А. С. Качество дренажно-сбросных вод оросительных систем / А. С. Капустян, Л. В. Юченко, О. А. Старостина // Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2003. – Ч. 1. – С. 160–164.

3 Айдаров, И. П. Орошение и предупреждение засоления почв / И. П. Айдаров // Мелиорация и водное хозяйство. – 1994. – № 3. – С. 31–34.

4 Васильев, С. М. Водопользование на оросительных системах: проблемы и современные подходы к планированию / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко, М. А. Ляшков // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 55. – С. 49–52.

5 Домашенко, Ю. Е. Экономическое обоснование повторного использования воды на сельскохозяйственных полях орошения / Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 9(131). – С. 57–61.

6 Налимов, В. В. Применение математической статистики при анализе вещества / В. В. Налимов. – М.: Физматгиз, 1980. – 430 с.

7 ГОСТ Р ИСО 5479-2002. Статистические методы. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения. – Введ. 2002-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 31 с.

8 Зедгинидзе, И. Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем / И. Г. Зедгинидзе. – М.: Наука, 1976. – 390 с.

9 Методические указания. Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков: РД 52.24.622-2001: утв. Росгидрометом 01.01.01: введ. в действие с 01.01.02. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 83 с.

10 ПНД Ф 14.1:24.135-98. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации элементов в пробах питьевой, природных, сточных вод и атмосферных осадков методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой // Техэксперт 2015 [Электронный ресурс]. – ИС «Техэксперт: Интранет», 2015.

11 Химмельблау, Д. Анализ процессов статистическими методами [пер. с англ.] / Д. Химмельблау. – М.: Мир, 1973. – 957 с.

12 Безднина, С. Я. Качество воды для орошения: принципы и методы оценки / С. Я. Безднина. – М.: Изд-во «Рома», 1997. – 185 с.

References

1 Shchedrin V.N. [et al.] 2003. *Metodicheskie ukazaniya po uchetu stoka i vynosa rastvorenykh veshchestv drenazhno-sbrosnymi vodami s oroshaemykh territoriy* [Guidance on runoffs recording and the removal of dissolved substances by drainage-discharge waters from irrigated areas: FGNU “RosNIIPM”]. Moscow, CSTI “Meliovodinform” Publ., 27 p. (In Russian).

2 Kapustyan A.S., Yuchenko L.V., Starostin O.A. 2003. *Kachestvo drenazhno-sbrosnykh vod orositelnykh sistem* [The quality of drainage wastewater of irrigation systems]. *Sovremennye problemy melioratsii zemel, puti i metody ikh resheniya* [Modern problems of land reclamation, ways and methods of their solution. FGNU “RosNIIPM”]. Novocherkassk, P. 1, pp. 160-164. (In Russian).

3 Aydarov I.P. 1994. *Oroshenie i preduprezhdenie zasolennosti pochv* [Irrigation and prevention of soil salinity]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management]. no. 3, pp. 31-34. (In Russian).

4 Vasiliev S.M., Domashenko Yu.Ye., Lyaschkov M.A. 2014. *Vodopolzovanie na orositelnykh sistemakh: problemy i sovremennye podkhody k planirovaniyu* [Water use in irrigation systems: problems and contemporary approaches to planning]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya: sbornik statey* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture: coll. scientific articles. FGBNU “RosNIIPM”]. Novocherkassk, RosNIIPM, vol. 55, pp. 49-52. (In Russian).

5 Domashenko Yu.Ye., Vasiliev S.M. 2015. *Ekonomicheskoe obosnovanie povtornogo ispolzovaniya vody na selskokhozyaystvennykh polyakh orosheniya* [The economic justification for water reuse in agricultural irrigation fields]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agrarian University]. no. 9(131), pp. 57-61. (In Russian).

6 Nalimov V.V. 1980. *Primenenie matematicheskoy statistiki pri analize veshchestva*

[Application of mathematical statistics in the substance analysis]. Moscow, Fizmatgiz Publ., 430 p. (In Russian).

7 GOST R ISO 5479-2002. *Statisticheskie metody. Proverka odkloneniya raspredeleniya veroyatnostey ot normalnogo raspredeleniya* [Statistical methods. Checking of the deviation of probability distribution from the normal one]. Moscow, Publ. Standards, 2002, 31 p. (In Russian).

8 Zedginidze I.G. 1976. *Planirovanie eksperimenta dlya issledovaniya mnogokomponentnykh sistem* [Experimental Design for the study of multicomponent systems]. Moscow, Nauka Publ., 390 p. (In Russian).

9 *Metodicheskie ukazaniya. Provedenie raschetov fonovykh kontsentratsiy khimicheskikh veshchestv v vode vodotokov* [Guidelines. Calculations of background concentrations of chemicals in water streams: RD 52.24.622-2001]. Saint-Petersburg, Gidrometeoizdat Publ., 2001, 83 p. (In Russian).

10 PND F 14.1: 24.135-98. *Kolichestvennyy khimicheskiy analiz vod. Metodika vypolneniya izmereniy massovoy kontsentratsii elementov v probakh pitevoy, prirodnykh stochnykh vod i atmosferykh osadkov metodom atomno-emissionnoy spektrometrii s induktivno svyazannoy plazmoy* [Quantitative chemical analysis of water. Methods of measurement of mass concentration of elements in samples of drinking, natural, waste water and precipitation by atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma]. Techexpert 2015 [electronic resource]. IS "Tehexpert: Intranet", 2015. (In Russian).

11 Himmelblau, D. 1973. *Analiz protsessov statisticheskimi metodami* [Process Analysis by Statistical Methods. Transl. from English.] Moscow, Mir Publ., 957 p. (In Russian).

12 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).

Домашенко Юлия Евгеньевна

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: начальник отдела

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: domachenko_u@list.ru

Domashenko Yuliya Yevgenyevna

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Head of the Department

Affiliation: Russian Research Institute of Land Improvement Problems

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

E-mail: domachenko_u@list.ru

Васильев Сергей Михайлович

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: заместитель директора по науке

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

Vasilyev Sergey Mikhailovich

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Deputy Director of Science

Affiliation: Russian Research Institute of Land Improvement Problems

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

E-mail: rosniipm@yandex.ru