

УДК 504.4.06

DOI: 10.31774/2658-7890-2020-3-31-42

А. П. Суровикина, А. В. Слабунова

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

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДИФФУЗНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Цель: анализ влияния природно-климатических факторов на перенос диффузного загрязнения в водные объекты (ВО). **Методы.** Методологическая основа исследований, посвященных данной теме, заключается в аналитическом обзоре научных трудов российских авторов, посвященных проблеме воздействия факторов на загрязнение водных объектов. Изучение данного вопроса проводилось с применением систематического и теоретического анализа научной литературы, методов графического представления информации, сопоставления и систематизации. **Результаты.** В статье определены основные естественные природно-климатические факторы влияния на загрязнение вод, их прямое и косвенное взаимодействие между собой в аспекте диффузионного загрязнения с сельскохозяйственных территорий. **Выводы.** Образование диффузионного загрязнения водных объектов во многом зависит от особенностей водосборов, функционирующих как гидрологическая система, представляющая собой тесную взаимосвязь между гидрологическими процессами, обеспечивающими пути переноса загрязняющих веществ (ЗВ), и средами (вода и почва), являющимися резервуарами, в которых происходят химические и биологические процессы. Можно выделить следующие природно-климатические факторы, оказывающие влияние на формирование диффузионного стока: характеристики атмосферных осадков, температурный режим на территории водосбора, ветровой режим, показатели снегозапасов, характеристики почвогрунтов. Учет природно-климатических условий в аспекте диффузионного загрязнения ВО позволяет разработать комплексный подход и систему мониторинга диффузионного загрязнения ВО в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности.

Ключевые слова: фактор; диффузное загрязнение; водосбор; влияние; загрязняющие вещества.

A. P. Surovikina, A. V. Slabunova

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

IMPACT OF NATURAL AND CLIMATIC FACTORS ON DIFFUSE POLLUTION OF WATER BODIES

Purpose: analysis of impact of natural and climatic factors on the diffuse pollution transfer to water bodies. **Methods.** The methodological basis of research devoted to this topic is an analytical review of scientific works of Russian authors devoted to the problem of the factors' impact on water body pollution. The study of this issue was carried out using a systematic and theoretical analysis of scientific literature, methods of graphical presentation of information, comparison and systematization. **Results.** The main natural climatic factors influencing water pollution, their direct and indirect interaction with each other in the aspect of diffusion pollution from agricultural areas are determined. **Conclusions.** The formation of the



water body diffusion pollution largely depends on the catchment features, functioning as a hydrological system, which is a close relationship between hydrological processes that provide ways for the transfer of pollutants, and media (water and soil), which are reservoirs where chemical and biological processes occur. The following natural and climatic factors that influence the formation of diffusion runoff can be distinguished: characteristics of atmospheric precipitation, temperature regime in the catchment area, wind regime, snow storage indicators, soil-ground characteristics. Taking into account the natural and climatic conditions in the aspect of diffusion pollution of water bodies allows developing an integrated approach and a system for monitoring the diffusion pollution of water bodies in the zones of intensive agricultural activity.

Key words: factor; diffuse pollution; catchment; impact; pollutants.

Введение. Экологическое состояние водных экосистем – актуальный вопрос в настоящее время. В 2012 г. в рамках Водной стратегии [1] была принята федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах» [2], предусматривающая сохранение и восстановление водных объектов до состояния, обеспечивающего экологически благоприятные условия жизни населения.

В рамках данной программы вклад диффузного (рассредоточенного по водосбору) загрязнения от неточечных источников, до сих пор не вошедшего в систему контроля, мониторинга и охраны, сложно оценить и контролировать. Исследование диффузного загрязнения любого ВО неизбежно охватывает совокупность процессов взаимодействия поверхностных и подземных вод на водосборной территории с режимом природно-климатического и антропогенного влияния.

При изучении проблемы диффузионного загрязнения ВО, согласно Л. Д. Ратковичу и др. [3], принято подразделять факторы, влияющие на диффузионный сток, на климатические и подстилающей поверхности водосброса. Невозможно оставить без внимания тот момент, что на него влияет множество факторов, но решающим в большинстве случаев являются природно-климатические условия. Ведь любая природно-климатическая зона индивидуальна и имеет существенные отличия в формировании диффузного загрязнения ВО разных регионов России. И только непосредственный учет влияния зональных природно-климатических условий в со-

вокупности с антропогенным воздействием на стокообразующие факторы может обеспечить проведение комплексных исследований процессов загрязнения ВО с целью разработки системы высокоэффективного использования природных вод в сельском хозяйстве и других отраслях.

Индивидуальный и всесторонний учет влияния природно-климатических факторов в аспекте диффузионного загрязнения водосборов будет более верным и рациональным решением при изучении данного вопроса, поскольку ведет к уменьшению затрат, получению достоверной информации о качестве и количестве диффузионного загрязнении и разработке системы наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния ВО.

Оценить воздействие природно-климатических факторов на формирование рассредоточенных источников загрязнения довольно сложно из-за многостороннего (прямого и косвенного) влияния на его характеристики многочисленных процессов. И к настоящему времени они недостаточно исследованы [4].

Природно-климатические условия, на наш взгляд, являются основным фактором, имеющим решающее значение в формировании режимов водосбора (гидрологического, гидрохимического). Ведь диффузное загрязнение ВО во многом определяется функционированием водосборов как гидрологических систем [5]. Формирующие сток процессы и природно-климатические факторы (осадки, инфильтрация, фильтрация, эвапотранспирация и т. д.) играют главенствующую роль в переносе большинства биогенных веществ, что, в свою очередь, влечет за собой эвтрофирование ВО [6–9].

Материалы и методы. Методологическая основа исследований, посвященных данной теме, заключается в аналитическом обзоре научных трудов российских авторов, посвященных проблеме воздействия факторов на загрязнение ВО. Изучение данного вопроса проводилось с применением систематического и теоретического анализа научной литературы, методов графического представления информации, сопоставления и систематизации.

Результаты. С учетом изложенного сформулированы естественные природно-климатические факторы, определяющие режим вымывания диффузным стоком загрязняющих веществ из почвы и вследствие этого поступления их в ВО (рисунок 1).

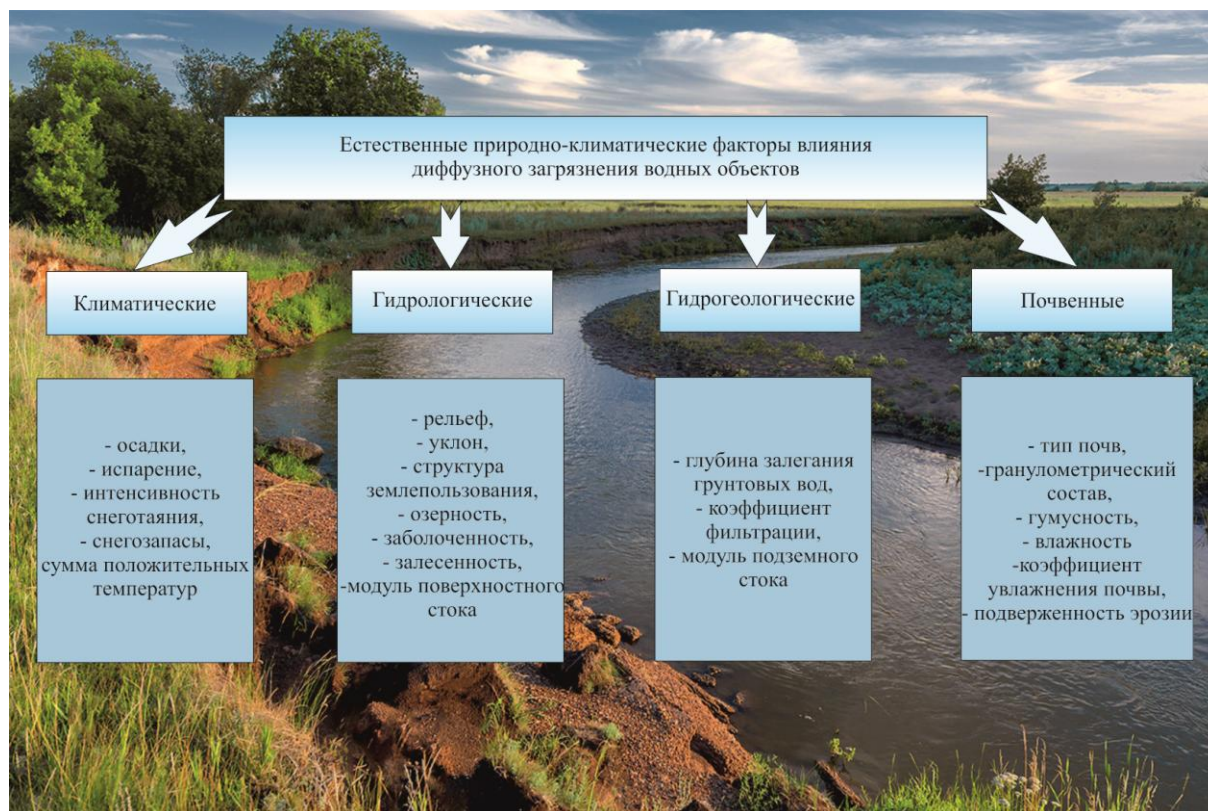


Рисунок 1 – Природно-климатические факторы

Так какое же непосредственное влияние оказывают в совокупности природно-климатические факторы на количественные и качественные характеристики диффузионного загрязнения ВО?

Во-первых, формирование диффузного стока напрямую зависит от климатических факторов. Так, например, количество осадков и сумма положительных температур напрямую воздействуют на испаряемость. Чем выше температурный режим (как воздуха, так и почвы) и чем больше осадков, тем быстрее начинается процесс испарения с поверхности почвы.

Если более внимательно рассматривать вышеизложенное, можно отметить, что период времени перед выпадением, а также интенсивность атмосферных осадков напрямую влияет на количество примесей, сконцен-

трированных в диффузном стоке. Данное явление объясняется тем, что загрязнение стока напрямую зависит от загрязненности воздуха и количества смытых веществ с почвы [10]. В свою очередь, взвесенесущая способность диффузионного стока тем выше, чем выше интенсивность атмосферных осадков. Увеличение периода времени без выпадения атмосферных осадков повышает объем примесей на всей территории водосбора.

Также можно выделить такой фактор, как равномерность и интенсивность выпадения атмосферных осадков, так, чем больше данные показатели, тем больше объем диффузионного стока [11]. Данное явление обосновывается быстрым насыщением почвы водой и уменьшением ее впитывающей способности.

Во-вторых, изучая диффузионное загрязнение конкретного водосбора, первоначально выделяют его физико-географические характеристики [12]. Так, к данным характеристикам можно отнести: гидрогеологические условия водосбора, географическое положение водосбора, наличие растительного покрова, почвенные и геоморфологические условия и т. д.

Гидрологические условия – основной фактор, влияющий на характеристики пополнения (питания) рек на территории водосбора. Соответственно, при наличии больших уклонов водосбора увеличивается скорость диффузионного стока, что влечет за собой повышение негативного влияния от эрозионных процессов. Также большое влияние на увеличение развития эрозионных процессов оказывает раздробленность водосбора гидрографической сетью вследствие увеличения интенсивности стока с поверхности почвы.

Второй важный фактор гидрологических условий – это фазы гидрологического режима ВО. Необходимость учета данного фактора в зависимости от территориального расположения исследуемого водосбора заключается в расчете объема диффузного стока, выявлении путей поступления ЗВ (не только поверхностный, но и подземный сток) в ВО, определении временного интервала проведения исследований.

Основные фазы гидрологического режима на примере Ростовской области представлены на рисунке 2.



Рисунок 2 – Основные фазы гидрологического режима водных объектов Ростовской области

Знание гидрологического режима, в свою очередь, «облегчает» конкретные мероприятия по определению времени проведения исследований и выбору методик контроля, мониторинга диффузного загрязнения. Исходя из результатов изучения особенностей фаз гидрологического режима можно утверждать, что именно в весенний период (снеготаяние, половодье и дождевые паводки) [13] в ВО поступает основная, наиболее значительная масса биогенных веществ, поскольку почва еще находится в замерзшем состоянии, это обеспечивает высокий коэффициент поверхностного стока.

Так, например, при исследовании диффузного загрязнения р. Волги [14] выявлено, что более 55 % годового стока стекает в период половодья. Естественно, что и содержащиеся в почве ЗВ (ядохимикаты и пестициды)

вместе с талыми и дождевыми водами, просачиваясь через зону аэрации, поступают в грунтовые воды, тем самым загрязняя их, а при их разгрузке в летнюю межень – в ВО, приводя к ухудшению качества воды.

А. В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, Е. В. Полуэктов, Н. И. Балакай [15] установили зависимость между слоем стока талых вод и количеством смываемой почвы: «при слое стока до 5 мм смыв почвы на зяби может колебаться от 0,2 до 2,0 т/га, на посевах озимой пшеницы не превышает 0,3 т/га. Увеличение величины стока до 20 мм заметно увеличило количество смываемой почвы на зяби до 5–11 т/га, на посевах озимых – до 5 т/га. Резкий скачок в усилении процессов смыва наблюдался при слое стока от 40 до 60 мм».

В-третьих, немаловажный фактор в функционировании водосборной площади как геосистемы – почвенный покров. Такое свойство почвогрунтов водосборной площади, как водопроницаемость, напрямую оказывает влияние не только на поверхностный сток, но и на формирование подземного, что, в свою очередь, сказывается на эрозионной стойкости имеющихся почвогрунтов. Если более подробно разобрать вышеизложенное, структура и характеристики водопроницаемости лучше при условии, что почвогрунты более устойчивы к процессам эрозии, в свою очередь, чем меньше данные показатели, тем больше почвогрунты относятся к «неустойчивым».

Известен опыт применения модели CREAMS для анализа диффузного загрязнения и оценки состояния эвтрофирования залива Матсалу (Эстония) [16, 17]. Эта модель количественно описывает процессы проникновения, смыва и переноса ЗВ с осадками в почву в зависимости от класса почвы, ее структурности и влагоемкости [18].

При рассмотрении различных почвогрунтов отметим, что почвогрунты степной зоны [19] характеризуются повышенной водопроницаемостью, и также устойчивостью к развитию эрозионных процессов, что обусловлено высокой их гумусированностью. Одно из ведущих мест при организации мероприятий по снижению загрязнения ВО занимает лесная расти-

тельность. Также не последнюю роль в данных мероприятиях выполняют естественные угодья (луговые полосы), уменьшающие перемещение веществ с диффузионным стоком по поверхности [4].

Четвертым природно-климатическим фактором, выделенным на рисунке 1, являются гидрогеологические характеристики, которые непосредственно в той или иной степени связаны со всеми вышеперечисленными природно-климатическими факторами и оказывают непосредственное влияние на рассредоточенное загрязнение ВО.

Так, например, величина смыва при стоке талых вод существенно зависит от типа водосбора [20], глубина залегания грунтовых вод прямо пропорционально зависит от гидрологических условий водосбора и обуславливает перенос биогенных ЗВ в ВО с подземным стоком. Коэффициент фильтрации зависит от структурности почвы и ее водопроницаемости, которые в свою очередь обусловлены геосистемными и климатическими факторами.

Выводы. Образование диффузионного загрязнения ВО во многом зависит от особенностей водосборов, функционирующих как гидрологическая система, представляющая собой тесную взаимосвязь между гидрологическими процессами (осадки (в т. ч. и образующиеся в результате орошения), испарение, фильтрация, инфильтрация, эвапотранспирация, сток), обеспечивающими пути переноса ЗВ, и средами (вода и почва), являющимися резервуарами, в которых происходят химические и биологические процессы.

Можно выделить следующие природно-климатические факторы, оказывающие влияние на формирование диффузионного стока: характеристики атмосферных осадков (показатель кинетической энергии дождя, его скоростные характеристики, интенсивность, объем, временной период выпадения, вид), температурный режим на территории водосбора, ветровой режим, показатели снегозапасов, характеристики почвогрунтов.

Таким образом, учет природно-климатических условий в аспекте

диффузионного загрязнения ВО позволяет разработать комплексный подход и систему мониторинга диффузионного загрязнения ВО в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности.

Список использованных источников

1 Об утверждении Водной стратегии РФ на период до 2020 года: Распоряжение Правительства РФ от 27 августа 2009 г. № 1235-р: по состоянию на 17 апреля 2012 г. // Гарант Эксперт 2020 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2020.

2 О федеральной целевой программе «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах»: Постановление Правительства РФ от 19 апреля 2012 г. № 350: по состоянию на 2 июня 2020 г. // Гарант Эксперт 2020 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2020.

3 Факторы влияния диффузного загрязнения на водные объекты / Л. Д. Раткович, В. Н. Маркин, И. В. Глазунова, С. А. Соколова // Природообустройство. – 2016. – № 3. – С. 64–75.

4 Борисова, Г. Г. Геоэкологические основы управления диффузным стоком с сельскохозяйственных водосборов: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук: 25.00.36 / Борисова Галина Григорьевна. – Екатеринбург, 2002. – 46 с.

5 Ханкс, Р. Дж. Моделирование баланса почвенных вод / Р. Дж. Ханкс // Гидрогеологическое прогнозирование. – М.: Мир, 2008. – С. 27–53.

6 Changes in runoff and water quality in the catchment areas of the reservoirs / S. V. Dolgov, N. I. Koronkevich, E. A. Barabanova, S. I. Shaporenko, S. V. Yasinsky // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 321(1). – № 012036. – DOI: 10.1088/1755-1315/321/1/012036.

7 Коронкевич, Н. И. Сток с водосбора как источник диффузного загрязнения рек / Н. И. Коронкевич, С. В. Долгов // Вода и экология: проблемы и решения. – 2017. – № 4(72). – С. 103–110. – DOI: 10.23968/2305–3488.2017.22.4.103–110.

8 Оценка антропогенных воздействий на водные ресурсы России / Н. И. Коронкевич, Е. А. Барабанова, А. Г. Георгиади, С. В. Долгов, И. С. Зайцева, Е. А. Кашутина // Вестник Российской академии наук. – 2019. – Т. 89, № 6. – С. 603–614. – DOI: 10.31857/S0869-5873896603-614.

9 Mitigating agricultural diffuse pollution: Uncovering the evidence base of the awareness-behaviour-water quality pathway / M. Okumah, P. J. Chapman, J. Martin-Ortega, P. Novo // Water (Switzerland). – 2018. – Vol. 11(1). – № 29. – DOI: 10.3390/w11010029.

10 Михайлов, С. А. Диффузное загрязнение водных экосистем. Методы оценки и математические модели: аналит. обзор / С. А. Михайлов; СО РАН ГПНТБ, Ин-т вод. и экол. проблем. – Барнаул: День, 2000. – 130 с. – (Серия: Экология. Вып. 56).

11 Высоконадежные конструкции противотрационных облицовок каналов и водоемов с применением инновационных материалов / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, А. В. Ищенко, О. А. Баев; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2013. – 24 с. – Деп. в ВИНТИ РАН 13.01.14, № 7-В2014.

12 Чан, Ч. Т. Разработка методики обнаружения и картографирования изменений поверхностных водных объектов по материалам космических съемок: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.34 / Чан Чонг Туан. – М., 2016. – 24 с.

13 Слабунова, А. В. О проблеме диффузного загрязнения водных объектов / А. В. Слабунова, А. П. Суровикина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2020. – № 2(38). – С. 124–139. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=660&id=668>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2020-2-124-139.

14 Ясинский, С. В. Формирование гидрологического режима водосборов малых

равнинных рек: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук: 25.00.27 / Ясинский Сергей Владимирович. – М., 2009. – 55 с.

15 Условия формирования поверхностного стока. Прогноз причиняемого ущерба. Компенсационные мелиоративные мероприятия: монография / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, Е. В. Полуэктов, Н. И. Балакай. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 450 с.

16 Имитационное моделирование системы «водосбор – река – морской залив» / В. Р. Аасмяэ [и др.]; под ред. В. Крысановой, Х. Луйка. – Таллин: Валгус, 1989. – 428 с.

17 Светлосанов, В. А. Применение модели КРИМС в странах Европы и США / В. А. Светлосанов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 1984. – № 5. – С. 137–140.

18 Слабунова, А. В. К вопросу моделирования диффузного загрязнения водных объектов / А. В. Слабунова, А. П. Суровикина // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. / ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». – Солен. Займище, 2020. – С. 433–437. – DOI: 10.26150/PAFNC.2019.45.557-21-433-437.

19 Пивоварова, Е. Г. Влияние структуры почвенного покрова на интенсивность проявления деградационных процессов на почвах умеренно засушливой и колочной степи / Е. Г. Пивоварова, С. И. Грибов, Е. В. Кононцева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 11(124). – С. 37–43.

20 Полуэктов, Е. В. Эрозия и дефляция агроландшафтов Северного Кавказа / Е. В. Полуэктов. – Новочеркасск: Темп, 2003. – 297 с.

References

1 *Ob utverzhdenii Vodnoy strategii RF na period do 2020 goda* [On Approval of the Water Strategy of the Russian Federation for the Period up to 2020]. Order of the Government of the Russian Federation of 27 August, 2009, no. 1235-r, as of April 17, 2012. (In Russian).

2 *O federal'noy tselevoy programme "Razvitie vodokhozyaystvennogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii v 2012–2020 godakh"* [On the Federal Target Program "Development of the Water Management Complex of the Russian Federation in 2012–2020"]. Resolution of the Government of the Russian Federation of 19 April, 2012, no. 350, as of June 2, 2020. (In Russian).

3 Ratkovich L.D., Markin V.N., Glazunova I.V., Sokolova S.A., 2016. *Faktory vliyaniya diffuznogo zagryazneniya na vodnye ob"ekty* [Factors of influence of diffuse pollution on water bodies]. *Prirodoobustroystvo* [Nature Engineering], no. 3, pp. 64–75. (In Russian).

4 Borisova G.G., 2002. *Geoekologicheskie osnovy upravleniya diffuznym stokom s sel'skokhozyaystvennykh vodosborov. Avtoreferat diss. d-ra geogr. nauk* [Geoecological bases of management of diffuse runoff from agricultural catchments. Abstract of dr. geogr. sci. diss.]. Yekaterinburg, 46 p. (In Russian).

5 Hanks R.J., 2008. *Modelirovanie balansa pochvennykh vod* [Modeling the balance of soil waters]. *Gidrogeologicheskoe prognozirovanie* [Hydrogeological Forecasting]. Moscow, Mir Publ., pp. 27–53. (In Russian).

6 Dolgov S.V., Koronkevich N.I., Barabanova E.A., Shaporenko S.I., Yasinsky S.V., 2019. Changes in runoff and water quality in the catchment areas of the reservoirs. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 321(1), no. 012036, DOI: 10.1088/1755-1315/321/1/012036.

7 Koronkevich N.I., Dolgov S.V., 2017. *Stok s vodosbora kak istochnik diffuznogo zagryazneniya rek* [Runoff from the catchment as a source of diffuse river pollution]. *Voda i ekologiya: problemy i resheniya* [Water and Ecology: Problems and Solutions], no. 4(72), pp. 103–110, DOI: 10.23968/2305–3488.2017.22.4.103–110. (In Russian).

8 Koronkevich N.I., Barabanova E.A., Georgiadi A.G., Dolgov S.V., Zaitseva I.S., Kashutina E.A., 2019. *Otsenka antropogennykh vozdeystviy na vodnye resursy Rossii* [Assessment of anthropogenic impact on water resources in Russia]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk*

[Bull. of the Russian Academy of Sciences], vol. 89, no. 6, pp. 603-614, DOI: 10.31857/S0869-5873896603-614. (In Russian).

9 Okumah M., Chapman P.J., Martin-Ortega J., Novo P., 2018. Mitigating agricultural diffuse pollution: Uncovering the evidence base of the awareness-behaviour-water quality pathway. *Water (Switzerland)*, vol. 11(1), no. 29, DOI: 10.3390/w11010029.

10 Mikhailov S.A., 2000. *Diffuznoe zagryaznenie vodnykh ekosistem. Metody otsenki i matematicheskie modeli: analit. obzor* [Diffuse pollution of aquatic ecosystems. Assessment methods and mathematical models: analytical review]. SB RAS GPNTB, Institute of Water and Ecological Problems, Barnaul, Day Publ., 130 p. *Seriya: Ekologiya* [Series: Ecology. Iss. 56]. (In Russian).

11 Shchedrin V.N., Kosichenko Yu.M., Ishchenko A.V., Baev O.A., 2013. *Vysokonadezhnye konstruksii protivofil'tratsionnykh oblitsovok kanalov i vodoemov s primeneniem innovatsionnykh materialov* [Highly Reliable Design of Impervious Coatings of Canals and Reservoirs using Innovative Materials]. Novocherkassk, 24 p., deposited in VINITI RAN on 01.13.2014, no. 7-V2014. (In Russian).

12 Chan Ch.T., 2016. *Razrabotka metodiki obnaruzheniya i kartografirovaniya izmeneniy poverkhnostnykh vodnykh ob'ektov po materialam kosmicheskikh s"emok. Avtoreferat diss. kand. tekhn. nauk* [Developing the technique for detecting and mapping changes in surface water objects based on space survey. Abstract of cand. tech. sci. diss.]. Moscow, 24 p. (In Russian).

13 Slabunova A.V., Surovikina A.P., 2020. [On the problem of diffuse pollution of water bodies]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(38), pp. 124-139, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=660&id=668>, DOI: 10.31774/2222-1816-2020-2-124-139. (In Russian).

14 Yasinsky S.V., 2009. *Formirovanie gidrologicheskogo rezhima vodosborov malykh ravninnykh rek. Avtoreferat diss. d-ra geogr. nauk* [Modeling the hydrological regime of catchments of small plain rivers. Abstract of dr. geogr. sci. diss.]. Moscow, 55 p. (In Russian).

15 Shchedrin V.N., Balakay G.T., Poluektov E.V., Balakay N.I., 2016. *Usloviya formirovaniya poverkhnostnogo stoka. Prognoz prichinyayemogo ushcherba. Kompensatsionnye meliorativnye meropriyatiya: monografiya* [Conditions for Formation of Surface Runoff. Forecast of Damage. Compensatory Land Reclamation Measures: monograph]. Novocherkassk, RosNIIPM, 450 p. (In Russian).

16 Aasmäe V.R. [et al.], 1989. *Imitatsionnoe modelirovanie sistemy "vodosbor – reka – morskoy zaliv"* [Simulation Modeling of the "Catchment – River – Sea Bay" System]. Tallinn, Valgus Publ., 428 p. (In Russian).

17 Svetlosanov V.A., 1984. *Primenenie modeli KRIMS v stranakh Yevropy i SSHA* [The CRIMS model application in European countries and the USA]. *Vestnik rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Bull. of Russian Agricultural Science], no. 5, pp. 137-140. (In Russian).

18 Slabunova A.V., Surovikina A.P., 2020. *K voprosu modelirovaniya diffuznogo zagryazneniya vodnykh ob'ektov* [On the Issue of Modeling Diffuse Pollution of Water Bodies]. *Itogi i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: sb. materialov mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Results and Prospects for the Development of the Agro-Industrial Complex: Proc. International Scientific-Practical Conference]. FGBNU "PAFNIS RAS", Solenoe Zaymishche, pp. 433-437, DOI: 10.26150/PAFNC.2019.45.557-21-433-437. (In Russian).

19 Pivovarova E.G., Gribov S.I., Konontseva E.V., 2014. *Vliyanie struktury pochvennogo pokrova na intensivnost' proyavleniya degradatsionnykh protsessov na pochvakh umerenno zasushlivoy i kolochnoy stepi* [Influence of soil cover structure on the intensity of anthropogenic transformation on the soils of moderately arid and forest-outlier steppe]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bull. of Altai State Agrarian University], no. 11(124), pp. 37-43. (In Russian).

20 Poluektov E.V., 2003. *Eroziya i deflyatsiya agrolandshaftov Severnogo Kavkaza* [Erosion and Deflation of Agricultural Landscapes in the North Caucasus]. Novochoerkassk, Temp Publ., 297 p. (In Russian).

Суровикина Анастасия Петровна

Должность: младший 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

Surovikina Anastasiya Petrovna

Position: Junior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

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

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Слабунова Александра Васильевна

Ученая степень: кандидат технических наук

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

Slabunova Aleksandra Vasilyevna

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Senior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

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

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Поступила в редакцию 10.08.2020

После доработки 02.09.2020

Принята к публикации 07.09.2020