

Д. Г. Васильев, В. Ц. Челахов, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОДГОТОВЛЕННЫХ ДРЕНАЖНЫХ И СБРОСНЫХ ВОД НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ МАТРИЧНЫМ МЕТОДОМ

Цель: оценка воздействия подготовленных дренажных и сбросных вод на окружающую среду на основе матрицы Леопольда. **Материалы и методы.** Для оценки воздействия усовершенствованной технологии подготовки дренажных и сбросных вод для целей орошения используется матричный метод, основанный на матрице Леопольда. Она представляет собой контрольный список, содержащий качественную информацию о взаимосвязях «причина – следствие», и может выступать в качестве источника информации о результатах. **Результаты.** Применение подготовленных дренажных и сбросных вод должно быть обосновано оценкой воздействия на окружающую среду, которая должна включать анализ экологических последствий намечаемой деятельности с применением результатов этого анализа в планировании, проектировании и реализации предлагаемых технических решений. По уровню воздействия на окружающую среду проект реализации использования подготовленных дренажных и сбросных вод для орошения сельскохозяйственных угодий относится к категории А, так как в состав комплекса агропредприятия входят сооружения для очистки сточных вод. Установлено, что максимальное значение имеют следующие позиции: деструкция почвенного профиля (33 балла), гидромодуль поверхностного стока (21 балл), уровень грунтовых вод (20 баллов), соли жесткости и тяжелых металлов (20 баллов). Значительное воздействие от деятельности испытывают следующие объекты техноагрэкосистем: плодородный слой почвы (18 баллов), агроландшафты (19 баллов), грунтовые воды (13 баллов), засоление подземных вод (13 баллов), оросительные мелиорации (11 баллов), засоление и осолонцевание (11 баллов). **Выводы:** полученная общая сила воздействия имеет величину, близкую к нижней границе, поэтому можно утверждать, что орошение подготовленными дренажными и сбросными водами будет экологически безопасным.

Ключевые слова: дренажные воды; матрица Леопольда; орошение; оценка воздействия на окружающую среду; сбросные воды; черноземы.

D. G. Vasilyev, V. Ts. Chelakhov, Yu. Ye. Domashenko, S. M. Vasilyev
Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF THE TREATED DRAINAGE AND WASTEWATERS BY MATRIX METHOD

Purpose: the environment impact assessment of the treated drainage and wastewaters by the Leopold matrix. **Materials and methods.** To assess the impact of the improved technology for the drainage and waste water treatment for irrigation purposes, a matrix method based on the Leopold matrix is used. It is a checklist containing high-quality information on the cause-effect relationship, and can act as a source of information about the results. **Results.** The use of treated drainage and waste water should be justified by an environmental impact assessment, which should include an analysis of the environmental consequences



of the proposed activity using the results of this analysis in the planning, design and implementation of the proposed technical solutions. According to the level of environmental impact, the project for the implementation of the use of treated drainage and waste water for irrigation of agricultural land belongs to category A, since the complex of the agricultural enterprise includes wastewater treatment facilities. It has been stated that the following items are of maximum importance: destruction of the soil profile (33 points), surface runoff hydromodule (21 points), groundwater table (20 points), hardness salts and heavy metals soils (20 points). The following objects of techno-agroecosystems experience a significant impact: fertile soil layer (18 points), agrolandscapes (19 points), groundwater (13 points), groundwater salinization (13 points), irrigation land reclamation (11 points), salinization and alcalination (11 points). **Conclusions:** the obtained total impact force has a value close to the lower boundary, therefore, it can be claimed that irrigation with treated drainage and waste water will be environmentally safe.

Key words: drainage water; Leopold matrix; irrigation; environmental impact assessment; waste water; black soil.

Введение. Приоритетным направлением развития оросительных мелиораций являются безотходные экологически чистые технологии, которые позволят внедрить в производственный процесс средства мониторинга и защиты природной среды, тем самым предотвратить угрозы экологических катастроф.

Для рационализации использования водных ресурсов необходимо строительство мелиоративных систем с эффективной коллекторно-дренажной и оросительной сетью закрытого типа, применение инновационной техники и технологий полива, внедрение прогрессивных мелиоративных приемов, позволяющих равномерно распределять влагу по профилям почвы [1–3]. Для исключения риска загрязнения поверхностных водотоков на современных оросительных системах применяют противотрационные мероприятия, отдают предпочтение закрытым системам с повторным использованием дренажно-сбросных вод в оросительных мелиорациях [4, 5].

Укрупненные расчеты показывают, что потенциальная площадь земледельческих полей орошения для доочистки и использования сточных вод может составить 10–12 млн га, это может исключить сброс в водотоки не менее 40–50 км³/год данной категории вод [6].

Применение подготовленных дренажных и сбросных вод должно быть обосновано оценкой воздействия на окружающую среду, включающей в себя анализ экологических последствий намечаемой деятельности

с применением результатов этого анализа в планировании, проектировании и реализации предлагаемых технических решений [7].

Целью работы является оценка воздействия подготовленных дренажных и сбросных вод на окружающую среду на основе матрицы Леопольда.

Научная новизна работы заключается в том, что при подготовке дренажных и сбросных вод использована усовершенствованная технология, включающая двухэтапную очистку: удаление механических примесей и нефтепродуктов на коалесцентных модулях и избытка солей (на второй стадии) в сорбционном блоке, содержащем три сорбционных слоя (С-ВЕРАД, цеолит, кварц).

Материалы и методы. Для оценки воздействия усовершенствованной технологии подготовки дренажных и сбросных вод для целей орошения используется матричный метод, основанный на матрице Леопольда. Она представляет собой контрольный список, содержащий качественную информацию о взаимосвязях «причина – следствие», и может выступать в качестве источника информации о результатах [8–10].

При проведении оценки воздействия на окружающую среду для анализа степени возможных изменений будет применен показатель приоритетности воздействия, который установлен исходя из степени воздействия и важности объекта воздействия.

Для составления матрицы Леопольда необходимо проставить в каждой клетке степень воздействия на объект техноагроэкосистемы. Степень воздействия устанавливается согласно шкале от 0 до 3 баллов:

- 1) 0 баллов – воздействие отсутствует;
- 2) 1 балл – воздействие слабое;
- 3) 2 балла – воздействие среднее;
- 4) 3 балла – воздействие сильное.

В таблицах 1 и 2 определим перечень компонентов и объектов воздействий в результате деятельности по использованию подготовленных дренажных и сбросных вод и объекты окружающей среды.

Таблица 1 – Перечень компонентов воздействий в результате деятельности по использованию подготовленных дренажных и сбросных вод

| | |
|---|--|
| Воздействие в результате деятельности по использованию подготовленных дренажных и сбросных вод | |
| А) Видоизменение режима | |
| Компоненты воздействия: деструкция почвенного профиля, колебания уровней грунтовых вод, увеличение гидромодуля поверхностного стока | |
| Б) Изменение агроландшафта | |
| Компоненты воздействия: строительство очистных сооружений, создание инфраструктуры (линий электропередач, автомобильных дорог), прокладка трубопровода, земляные работы | |
| В) Загрязнение биосферы | |
| Компоненты воздействия: соли жесткости и тяжелые металлы, минеральные и органические удобрения, пестициды и гербициды | |
| Г) Отходы | |
| Компоненты воздействия: размещение отходов, хранение удобрений, пестицидов и др. | |

Таблица 2 – Объекты техноагроэкосистемы

| | |
|-----------------------------------|---|
| Объект техноагроэкосистемы | |
| А) Земля, недра, воды | Литосфера: плодородный слой почвы, агроландшафты |
| | Гидросфера: оросительная вода, грунтовые и поверхностные воды |
| | Атмосфера: газообразные выбросы, пыль |
| | Процессы: водная эрозия, переувлажнение, уплотнение и оседание |
| Б) Растительный и животный мир | Флора: естественный травостой, кустарники, виды, занесенные в Красную книгу России |
| | Фауна: насекомые, птицы, млекопитающие, виды, занесенные в Красную книгу России |
| В) Природно-антропогенные объекты | Использование земли: дикая природа, оросительные мелиорации, земледелие |
| | Социальные потребности: заповедники, пейзажи, эстетичность ландшафта |
| | Экологические риски: засоление и осолонцевание, подкисление почв, засоление подземных вод |

Результаты и обсуждение. При обосновании применения сточных вод для орошения необходимо учитывать их происхождение, условия формирования, специфику производства. Анализ химического состава сточных вод является одним из основных этапов использования их с целью орошения сельскохозяйственных угодий [11].

Согласно «Методическому пособию по экологической оценке инвестиционных проектов...» [12] по уровню воздействия на окружающую среду проект реализации использования подготовленных дренажных и

сбросных вод для орошения сельскохозяйственных угодий относится к категории А, так как в состав комплекса агропредприятия входят сооружения для очистки сточных вод. Поэтому данная деятельность может спровоцировать необратимые экологические последствия.

Проведем интегральную оценку воздействия на окружающую среду путем составления матрицы Леопольда (таблица 3).

Количественные параметры воздействия описывают матрицу в целом. Реализация данной матрицы позволяет при проведении сравнительной оценки силы воздействия матриц, которые характеризуют один и тот же период жизнедеятельности проекта, сделать вывод о степени загрязнения окружающей среды в нужный момент.

Анализируя результаты расчета степени воздействия на компоненты техноагроэкосистемы, можно сделать вывод, что максимальное значение имеют следующие позиции: деструкция почвенного профиля (33 балла), гидромодуль поверхностного стока (21 балл), уровень грунтовых вод (20 баллов), соли жесткости и тяжелых металлов (20 баллов). Наименьшее воздействие оказывают следующие компоненты: прокладка трубопровода, организация инфраструктуры, размещение отходов, что можно объяснить краткосрочностью воздействия данных компонентов на окружающую среду и рекультивационными мероприятиями, проводимыми на этапе строительства и эксплуатации агропредприятия.

Рассматривая степень воздействия объектов техноагроэкосистемы на окружающую среду, установили, что значительное воздействие от деятельности испытывают плодородный слой почвы (18 баллов), агроландшафты (19 баллов), грунтовые воды (13 баллов), засоление подземных вод (13 баллов), оросительные мелиорации (11 баллов), засоление и осолонцевание (11 баллов). Наименьшая степень воздействия наблюдается на атмосферу, виды флоры и фауны, занесенные в Красную книгу России, заповедники и пейзажи.

Таблица 3 – Матрица Леопольда

| Объект техноагрэкосистемы | | | Воздействие | | | | | | | | | | Суммарная степень воздействия по объектам ($\sum w$) | |
|---------------------------|------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------|------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------|--|--------------------------------------|
| | | | А) Видоизменение режима | | | Б) Изменение агроландшафта | | | В) Загрязнение биосферы | | | Г) Отходы | | |
| | | | Деструкция почвенного профиля | Уровень грунтовых вод | Гидромодуль поверхностного стока | Строительство очистных сооружений | Инфраструктура | Прокладка трубопровода | Соли жесткости и тяжелые металлы | Минеральные и органические удобрения | Пестициды и гербициды | Размещение отходов | | Хранение удобрений, пестицидов и др. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | | |
| А) Земля, недра, воды | Литосфера | Плодородный слой почвы | 3 | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 18 |
| | | Агроландшафты | 3 | 0 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 19 |
| | Гидросфера | Оросительная вода | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 10 |
| | | Грунтовые воды | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 13 |
| | | Поверхностные воды | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 | 11 |
| | Атмосфера | Газообразные выбросы | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | | Пыль | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 7 |
| | Процессы | Водная эрозия | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 |
| | | Переувлажнение | 3 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| Уплотнение и оседание | | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | |

Продолжение таблицы 3

| 1 | | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
|-----------------------------------|---|---|---|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Б) Растительный и животный мир | Флора | Естественный травостой | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| | | Кустарники | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 |
| | | Виды, занесенные в Красную книгу России | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| | Фауна | Насекомые | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| | | Птицы | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Млекопитающие | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | Виды, занесенные в Красную книгу России | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| В) Природно-антропогенные объекты | Использование земли | Дикая природа | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 |
| | | Оросительные мелиорации | 3 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 11 |
| | | Земледелие | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 8 |
| | Социальные потребности | Заповедники | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Пейзажи | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Эстетичность ландшафта | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 5 |
| | Экологические риски | Засоление и осолонцевание | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 11 |
| | | Подкисление почв | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 10 |
| | | Засоление подземных вод | 2 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 13 |
| | Суммарная степень воздействия по компонентам воздействия ($\sum w$) | | | 33 | 20 | 21 | 12 | 9 | 6 | 20 | 18 | 18 | 10 | 12 | 179 |

Определим значимость воздействий из выражения:

$$Z = \frac{100}{n},$$

где n – количество значимых ячеек в таблице ($v \neq 0$), шт.

Согласно матрице Леопольда, представленной таблице 3, количество значимых ячеек составляет 172 шт.

Общая сила воздействия определяется из выражения:

$$I = Z \sum_{i=1}^n v_i,$$

где v – степень воздействия, представленная в таблице 3.

Тогда в соответствии с данной матрицей, описывающей влияние орошения сельскохозяйственных угодий подготовленными дренажными и сбросными водами, общая сила воздействия будет равна:

$$I = \frac{100}{172} \cdot 179 = 104,1 \text{ балла.}$$

Полученная общая сила воздействия имеет величину, близкую к нижней границе, поэтому можно утверждать, что орошение подготовленными дренажными и сбросными водами будет экологически безопасным.

Заключение

1 Применение подготовленных дренажных и сбросных вод должно быть обосновано оценкой воздействия на окружающую среду, которая должна включать анализ экологических последствий намечаемой деятельности с применением результатов этого анализа в планировании, проектировании и реализации предлагаемых технических решений.

2 Установлено, что максимальное воздействие оказывается на следующие компоненты техноагроэкосистемы: деструкция почвенного профиля (33 балла), гидромодуль поверхностного стока (21 балл), уровень грунтовых вод (20 баллов), соли жесткости и тяжелых металлов (20 баллов).

3 Значительное воздействие от деятельности испытывают следующие объекты техноагроэкосистем: плодородный слой почвы (18 баллов),

агроландшафты (19 баллов), грунтовые воды (13 баллов), засоление подземных вод (13 баллов), оросительные мелиорации (11 баллов), засоление и осолонцевание (11 баллов).

4 Полученная общая сила воздействия имеет величину, близкую к нижней границе, поэтому можно утверждать, что орошение подготовленными дренажными и сбросными водами будет экологически безопасным.

Список использованных источников

1 О мелиорации земель: Федеральный закон от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ: по состоянию на 5 апреля 2016 г. // Техэксперт 2018 [Электронный ресурс]. – Кодекс, 2020.

2 Щедрин, В. Н. Концептуальное обоснование разработки стратегии научно-технического обеспечения развития мелиорации земель в России / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, С. М. Васильев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 4(24). – С. 1–21. – Режим доступа: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec441-field6.pdf.

3 Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России: монография / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, С. М. Васильев, Г. Т. Балакай, Г. А. Сенчуков, Е. И. Шкуланов; под общ. ред. В. Н. Щедрина. – М.: Мелиоводинформ, 2009. – 342 с.

4 Приходченко, А. В. Концептуальный подход к решению проблемы утилизации дренажного стока оросительных систем аридной зоны / А. В. Приходченко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2016. – Т. 46, № 65. – С. 102–109.

5 Бородычев, В. В. Утилизация дренажного стока с орошаемых земель: исходные требования к разработке процесса / В. В. Бородычев, И. И. Конторович // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 3(23). – С. 83–101. – Режим доступа: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec430-field6.pdf.

6 Львович, А. И. Некоторые вопросы охраны поверхностных вод от загрязнения / А. И. Львович // Гидротехника и мелиорация. – 1970. – № 3. – С. 94–99.

7 Данилова, Н. В. Оценка воздействия на окружающую среду: имплементация международно-правовых требований в российское законодательство / Н. В. Данилова, С. А. Каримова // Международное право [Электронный ресурс]. – 2015. – № 2. – С. 110–121. – Режим доступа: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=14154. – DOI: 10.7256/2306-9899.2015.2.14154.

8 Оценка современного и прогнозного состояния природной среды: методы, тенденции, последствия / под ред. И. И. Букс, Л. Т. Мяч. – М.: Гидрометеиздат: Моск. отд-ние, 1990. – 155 с.

9 Приложение математических моделей к анализу эколого-экономических систем / П. М. Брусиловский [и др.]; отв. ред. И. А. Башалханов, В. А. Батурин; АН СССР, Сиб. отд-ние, Вост.-Сиб. фил. – Новосибирск: Наука: Сиб. отд-ние, 1988. – 212 с.

10 Олех, Т. М. Модель обобщенной оценки воздействия на окружающую среду в проектах / Т. М. Олех, В. Д. Гогунский, С. В. Руденко // Управление развитием сложных систем. – 2013. – Т. 15. – С. 53–59.

11 Гольдберг, В. М. Практическое пособие по охране подземных вод при орошении сточными водами / В. М. Гольдберг, В. В. Ивлеев, Р. П. Воробьева. – М.: Изд-во Ин-та дружбы народов им. П. Лумумбы, 1995. – 152 с.

12 Методическое пособие по экологической оценке инвестиционных объектов. – М.: УМЦ Госкомэкологии России, 2000. – 45 с.

References

1 *O melioratsii zemel'* [On Land Reclamation]. Federal Law of RF of 10 January, 1996, no. 4-FZ, as of April 5, 2016. 2020. (In Russian).

2 Schedrin V.N., Balakai G.T., Vasiliev S.M., 2016. [The conceptual basis of the strategy development for scientific and technical support of land reclamation development in Russia]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 4(24), pp. 1-21, available: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec441-field6.pdf. (In Russian).

3 Shchedrin V.N., Kosichenko Yu.M., Vasiliev S.M., Balakai G.T., Senchukov G.A., Shkulanov E.I., 2009. *Problemy i perspektivy ispol'zovaniya vodnykh resursov v agropromyshlennom komplekse Rossii: monografiya* [Problems and Prospects for Water Resources Use in Agricultural Sector of Russia: monograph]. Moscow, Meliovodinform Publ., 342 p. (In Russian).

4 Prihodchenko A.V., 2016. *Kontseptual'nyy podkhod k resheniyu problemy utilizatsii drenazhnogo stoka orositel'nykh sistem aridnoy zony* [Conceptual approach to the problem of drainage water disposal of irrigation systems in arid zone]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bull. of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture], vol. 46, no. 65, pp. 102-109. (In Russian).

5 Borodychev V.V., Kontorovich I.I., 2016. [Drainage runoff disposal from irrigated lands: basic requirements for design process]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 3(23), pp. 83-101, available: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec430-field6.pdf. (In Russian).

6 L'vovich A.I., 1970. *Nekotorye voprosy okhrany poverkhnostnykh vod ot zagryazneniya* [Some issues of surface water protection from pollution]. *Gidrotehnika i melioratsiya* [Water Engineering and Land Reclamation], no. 3, pp. 94-99. (In Russian).

7 Danilova N.V., Karimova S.A., 2015. *Otsenka vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu: implementatsiya mezhdunarodno-pravovykh trebovaniy v rossiyskoe zakonodatel'stvo* [Environmental impact assessment: implementation of international legal requirements in Russian legislation]. *Mezhdunarodnoe pravo* [International Law], no. 2, pp. 110-121, available: https://nbpublish.com/library_read_article.php?Id=14154, DOI: 10.7256/2306-9899.2015.2.14154. (In Russian).

8 Bucks I.I., Myach L.T., 1990. *Otsenka sovremennogo i prognoznogo sostoyaniya prirodnoy sredy: metody, tendentsii, posledstviya* [Evaluation of the Current and Forecast State of the Environment: Methods, Trends, Consequences]. Moscow, Gidrometeoizdat Publ., Moscow Department, 155 p. (In Russian).

9 Brusilovsky P.M. [et al.], Bashalkhanov V.A., Baturin V.A., 1988. *Prilozhenie matematicheskikh modeley k analizu ekologo-ekonomicheskikh sistem* [Application of mathematical models to the analysis of environmental and economic systems]. USSR Academy of Sciences, Siberian Department, East-Siberian Branch, Novosibirsk, Science: Siberian Department, 212 p. (In Russian).

10 Olekh T.M., Gogunsky V.D., Rudenko S.V., 2013. *Model' obobshchennoy otsenki vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu v proektakh* [Model of a generalized environmental impact assessment in projects]. *Upravlenie razvitiem slozhnykh sistem* [Management of Complex Systems Development], vol. 15, pp. 53-59. (In Russian).

11 Gol'dberg V.M., Ivlev V.V., Vorob'yova R.P., 1995. *Prakticheskoe posobie po okhrane podzemnykh vod pri oroshenii stochnymi vodami* [Practical Guide for Groundwater Protection during Wastewater Irrigation]. Moscow, Institute of Friendship of Peoples named after P. Lumumba Publ., 152 p. (In Russian).

12 *Metodicheskoe posobie po ekologicheskoy otsenke investitsionnykh ob"ektov* [Methodological Rationale for Environmental Assessment of Investment Objects]. Moscow, UMC Goskomekologii Rossii, 2000, 45 p. (In Russian).

Васильев Дмитрий Геннадьевич

Должность: аспирант

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: dim-vasilev@ya.ru

Vasilyev Dmitriy Gennadyevich

Position: Postgraduate Student

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

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

E-mail: dim-vasilev@ya.ru

Челахов Василий Царукович

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

Chelakhov Vasiliy Tsarukovich

Degree: Candidate of Technical Sciences

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

Домашенко Юлия Евгеньевна

Ученая степень: доктор технических наук

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

Domashenko Yuliya Yevgenyevna

Degree: Doctor of Technical Sciences

Position: Deputy Director of Science

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

Васильев Сергей Михайлович

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: профессор

Должность: первый заместитель директора

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 Mikhaylovich

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Professor

Position: First Deputy Director

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