

Д. В. Грушко, Р. С. Масный, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗАКРЫТЫХ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Цель: оценка экологической безопасности при строительстве и эксплуатации закрытой осушительной системы. **Материалы и методы.** Оценка экологически оправданных рисков позволит определить степень воздействия системы «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема» на окружающую среду, что будет способствовать созданию эффективных механизмов для оценки экологичности организационно-технологических решений во время строительства и эксплуатации осушительной сети. Основными критериями при экологической оценке с помощью экологических допусков должны выступать в первую очередь предельно допустимые значения воздействий отдельных элементов системы «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема» на окружающую среду и технологическое обеспечение технического процесса. При оценке экологической безопасности рассматриваемой системы будет применен метод системного анализа, который основывается на разработке математических моделей, описывающих экологические процессы, происходящие в окружающей среде. **Результаты.** Для обоснования экологической безопасности при строительстве и эксплуатации осушительной системы необходимо соблюдать следующее условие: нормативное значение экологического допуска, установленного для критерия мониторинговых наблюдений, не должно превышать совокупность критериев по экологической безопасности системы «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема» и технического обеспечения технологического процесса ($\Delta n_M < (\Delta n_T \leq \Delta n_{\Sigma})$). **Выводы.** Таким образом, основной задачей оценки экологической безопасности системы «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема» является создание таких технико-технологических условий, при которых значение экологической нагрузки будет минимальным.

Ключевые слова: агроэкосистема; системный анализ; строительство; осушительная система; экологическая устойчивость; эксплуатация.

D. V. Grushko, R. S. Masnyi, Yu. Ye. Domashenko, S. M. Vasilyev
Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

ENVIRONMENTAL SAFETY ASSESSMENT AT CONSTRUCTING SUBSURFACE DRAINAGE SYSTEMS

Purpose: environmental safety assessment during the construction and operation of a subsurface drainage system. **Materials and methods.** Assessment of environmentally sound risks will determine the impact of the system “drainage system – soil profile – accepted technology – agroecosystem” on the environment, which will contribute to the creation of effective mechanisms for assessing the environmental friendliness of organizational and technolo-



gical solutions during the construction and operation of the drainage network. The main criteria for environmental assessment using environmental tolerances should be, first of all, the maximum permissible values of the impact of individual elements of the system “drainage system – soil profile – accepted technology – agroecosystem” on the environment and technological support of the technical process. When assessing the environmental safety of the system under consideration, the method of system analysis will be applied, which is based on the development of mathematical models describing environmental processes occurring in the environment. **Results.** To substantiate environmental safety during the construction and operation of the drainage system, the following condition must be observed: the regulation value of the environmental tolerance determined for the criterion of monitoring observations should not exceed the set of criteria for the environmental safety of the system “drainage system – soil profile – accepted technology – agroecosystem” and technical support of technological process ($\Delta n_M < (\Delta n_T \leq \Delta n_E)$). **Conclusions.** Thus, the main task of assessing the ecological safety of the “drainage system – soil profile – accepted technology – agroecosystem” system is to create such technical and technological conditions under which the ecological load value will be minimal.

Key words: agroecosystem; system analysis; construction; drainage system; environmental sustainability; operation.

Введение. Применение осушительных систем в условиях Ростовской области обусловлено прежде всего внесением избыточного количества оросительной воды и фильтрацией воды из каналов, которая может достигать 50 % и более от общего количества забираемой для орошения в систему воды.

Один из основных эффектов закрытых осушительных систем – снижение содержания токсичных солей в активном слое почвогрунтов до значений, безопасных для развития растений. Поэтому является обоснованным при определенных экологических рисках строительство дренажных систем закрытого типа широкотраншейным или узкотраншейным способами.

Технологии строительства, применяемые при организации закрытой осушительной дренажной сети, способствуют ухудшению общей экологической ситуации и снижению продуктивности сельскохозяйственных культур на орошаемых землях за счет засыпки траншей с дренажными трубами бульдозерами [1, 2].

Мелиоративные работы на сельскохозяйственных угодьях, включая организацию закрытых осушительных систем, прежде всего нацелены на максимально возможное использование природно-ресурсного потен-

циала агроландшафта с условием поддержания экологического баланса окружающей среды. Создание закрытых осушительных систем должно основываться на принципах экологической безопасности [3].

Целью работы является оценка экологической безопасности при строительстве и эксплуатации закрытой осушительной системы.

Материалы и методы. Оценка экологической безопасности объекта позволяет определить экологическую устойчивость агроэкосистем в комплексе с социальной и экономической. Данный комплексный подход к экологической оценке позволит выявить, насколько будет изменен общий эколого-социально-экономический потенциал в результате намечаемой деятельности [4–8].

При разработке механизма обеспечения экологически безопасного строительства и эксплуатации закрытой осушительной системы будут учитываться следующие требования:

- чувствительность, выражающаяся в тесном взаимодействии параметров искусственной экосистемы «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема»;

- алгоритмическая разрешимость, т. е. должно иметься простое логическое решение;

- многофункциональность, позволяющая осуществлять выбор эффективных экологически сбалансированных технологических решений в системе «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема».

При оценке экологической безопасности рассматриваемой системы будет применен метод системного анализа, который основывается на разработке математических моделей, описывающих экологические процессы, происходящие в окружающей среде.

Результаты и обсуждения. Каждый элемент в системе «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема»

ма» должен обладать определенным набором характеристик отдельных ее элементов, а именно управляемостью и стадийностью.

1 Управляемость. Каждый элемент при реализации природоохран-ных мероприятий в системе «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема» должен отвечать экологическим нормам. При этом параметры внутри системы могут быть и не управляемыми и в свою очередь разделяться на случайные, имеющие известные законы распределения (метеорологические, гидрогеологические, гидрологические и т. д.), и случайные, характеризующиеся только установленной областью изменения (агроландшафты, динамичность экосистем) [6, 9, 10].

2 Стадийность. На каждом этапе реализации заданной системы должен учитываться экологический допуск, а именно [6, 10]:

- на стадии инженерных изысканий $\Delta f_{из} = Z(\mathcal{E}_{из}, T_{из}, M_{из})$;
- на стадии проектирования $\Delta f_{п} = Z(\mathcal{E}_{п}, T_{п}, M_{п})$;
- на стадии строительства $\Delta f_{с} = Z(\mathcal{E}_{с}, T_{с}, M_{с})$;
- на стадии эксплуатации $\Delta f_{э} = Z(\mathcal{E}_{э}, T_{э}, M_{э})$,

где Δf – экологический допуск на различных стадиях реализации рассматриваемой системы;

Z – функция, зависящая от условий экологической безопасности системы «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема», технологического обеспечения технологического процесса и мониторинговых наблюдений;

\mathcal{E} – критерий экологической безопасности системы «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема» на различных стадиях ее реализации;

T – критерий технического обеспечения технологического процесса на различных стадиях реализации заданной системы;

M – критерий мониторинговых наблюдений на различных стадиях реализации заданной системы.

Рассмотренные функции находятся в зависимости от факторов среды, таких как:

- предельно допустимые значения воздействий отдельных элементов системы «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема» на окружающую среду. Основными видами воздействия при организации осушительной системы являются нарушение плодородного слоя ($f_{пл}$), изменение режима грунтовых вод ($f_{гр}$), миграция загрязняющих веществ в почвенном профиле ($f_{зв}$), выбросы загрязняющих веществ от работы автотранспорта ($f_{ва}$), шумовое загрязнение ($f_{ш}$);

- техническое обеспечение технологического процесса, выражающееся в установлении коэффициента надежности применяемых машин и механизмов при организации осушительной сети;

- организация авторского надзора и строительного контроля на всех этапах реализации работ, которые удовлетворяют требованиям точности η и достоверности P используемых методов контроля.

Основным условием оптимального экологического нормирования Δf_n в системе «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема» является обеспечение условия:

$$\Delta f_n(\Delta n_{\mathcal{E}}, \Delta n_T, \Delta n_M),$$
$$\Delta_{\mathcal{E}} \rightarrow \mathcal{E}, \Delta_T \rightarrow T, \Delta_M \rightarrow M,$$

где $\Delta n_{\mathcal{E}}, \Delta n_T, \Delta n_M$ – нормативные значения экологического допуска, установленные соответственно для критериев экологической безопасности системы «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема», технологического обеспечения технологического процесса и мониторинговых наблюдений;

$\Delta_{\mathcal{E}}, \Delta_T, \Delta_M$ – частные допуски, формирующиеся в результате дополнительных исследований влияния отдельных факторов внутри системы.

Нормативные значения экологических допусков для отдельных критериев системы устанавливаются из выражений:

$$\Delta n_{\text{Э}} = \frac{\Delta_{\text{Э}}}{K_{\text{Э}}}, K_{\text{Э}} > 1,$$

$$\Delta n_{\text{Т}} = \frac{\Delta_{\text{Т}}}{K_{\text{Т}}}, K_{\text{Т}} > 1,$$

$$\Delta n_{\text{М}} = \frac{\Delta_{\text{М}}}{K_{\text{М}}}, K_{\text{М}} > 1,$$

где $K_{\text{Э}}, K_{\text{Т}}, K_{\text{М}}$ – коэффициенты запаса соответственно критериев экологической безопасности системы «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема», технологического обеспечения технического процесса и мониторинговых наблюдений.

В результате анализа можно сказать, что нормативные значения экологического допуска имеют значительные расхождения, поэтому целесообразно использовать алгоритм замещения, который должен как можно точнее предсказывать колебания допустимых значений. В связи с этим экологический допуск системы «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема» может быть определен как средневзвешенное значение по известным составляющим, т. е. учитывать только те негативные воздействия, которые возможно численно оценить.

Поэтому для того, чтобы обосновать экологическую безопасность при строительстве и эксплуатации осушительной системы, необходимо соблюдать следующее условие:

$$\Delta n_{\text{М}} < (\Delta n_{\text{Т}} \leq \Delta n_{\text{Э}}).$$

Создание экологически сбалансированной системы «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема» возможно лишь при соответствии заданным природоохранным критериям, которые обеспечивают создание экологически эффективных мелиоративных объектов.

Выводы. Оценка экологически оправданных рисков позволит определить степень воздействия системы «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема» на окружающую среду, что будет способствовать созданию эффективных механизмов оценки экологичности организационно-технологических решений во время строительства и эксплуатации осушительной сети. Основными критериями при экологической оценке с помощью экологических допусков должны выступать в первую очередь предельно допустимые значения воздействий отдельных элементов системы «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема» на окружающую среду и технологическое обеспечение технического процесса, что будет способствовать принятию решений, направленных на достижение максимального значения экологической эффективности принимаемых решений при минимальном значении экологической нагрузки. Для обоснования экологической безопасности при строительстве и эксплуатации осушительной системы необходимо соблюдать следующее условие: нормативное значение экологического допуска, установленного для критерия мониторинговых наблюдений, не должно превышать совокупность критериев по экологической безопасности системы «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема» и технического обеспечения технологического процесса ($\Delta n_M < (\Delta n_T \leq \Delta n_Э)$). Таким образом, основной задачей оценки экологической безопасности системы «осушительная система – почвенный профиль – принятая технология – агроэкосистема» является создание таких технико-технологических условий, при которых значение экологической нагрузки будет минимальным.

Список использованных источников

1 Левчиков, А. А. Дренаж на орошаемых землях в XXI веке. Новый взгляд на научные основы процесса строительства и использования глубокого дренажа на орошаемых землях. Как преодолеть мировой кризис продуктов питания / А. А. Левчиков. – М.: МГУП, 2011. – 129 с.

2 Моисеенко, Е. В. Влияние осушительной мелиорации в Калининградской об-

ласти на экологическую устойчивость территории / Е. В. Моисеенко // Лучшая научно-практическая работа. – 2020. – С. 37–43.

3 Кирейчева, Л. В. Экологические принципы создания совершенных мелиоративных систем / Л. В. Кирейчева // Природообустройство. – 2017. – № 5. – С. 70–75.

4 Лapidус, А. А. Математическая модель оценки обобщенного показателя экологической нагрузки при возведении строительного объекта / А. А. Лapidус, А. Ю. Бережный // Вестник МГСУ. – 2012. – № 3. – С. 149–153.

5 Куликова, Е. Ю. Выработка критериев экологической безопасности применения технологий и способов строительства коммунальных подземных сооружений / Е. Ю. Куликова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2002. – № 1. – С. 49–52.

6 Куликова, Е. Ю. Критерии экологической оптимизации городского подземного строительства по показателю качества принятой технологии / Е. Ю. Куликова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2006. – № 1. – С. 18–21.

7 Куликова, Е. Ю. Обеспечение экологической устойчивости при освоении подземного пространства мегаполисов / Е. Ю. Куликова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № S1. – С. 495–516.

8 Родионов, В. З. Причины возникновения накопленного в прошлом экологического ущерба от осушительных мелиораций в Нечерноземной зоне РФ / В. З. Родионов // Региональная экология. – 2017. – № 4. – С. 91–100.

9 Мазур, И. И. Основы охраны окружающей среды при строительстве нефтегазовых объектов / И. И. Мазур, В. Н. Шишов. – М.: Недра, 1992. – 150 с.

10 Мазур, И. И. Курс инженерной экологии / И. И. Мазур, О. И. Молдаванов. – М.: Высш. шк., 1999. – 447 с.

References

1 Levchikov A.A., 2011. *Drenazh na oroshaemykh zemlyakh v XXI veke. Novyy vzglyad na nauchnye osnovy protsessa stroitel'stva i ispol'zovaniya glubokogo drenazha na oroshaemykh zemlyakh. Kak preodolet' mirovoy krizis produktov pitaniya* [Drainage in irrigated lands in the XXI century. A new look at the scientific foundations of the construction process and the use of deep drainage in irrigated lands. How to overcome the global food crisis]. Moscow, MGUP Publ., 129 p. (In Russian).

2 Moiseenko E.V., 2020. *Vliyanie osushitel'noy melioratsii v Kaliningradskoy oblasti na ekologicheskuyu ustoychivost' territorii* [Influence of drainage reclamation on ecological sustainability of the territory in Kaliningrad region]. *Luchshaya nauchno-prakticheskaya rabota* [The Best Scientific and Practical Work], pp. 37-43. (In Russian).

3 Kireicheva L.V., 2017. *Ekologicheskie printsipy sozdaniya sovershennykh meliorativnykh sistem* [Ecological principles of creating advanced reclamation systems]. *Prirodoobuстройство* [Environmental Engineering], no. 5, pp. 70-75. (In Russian).

4 Lapidus A.A., Berezny A.Yu., 2012. *Matematicheskaya model' otsenki obobshchennogo pokazatelya ekologicheskoy nagruzki pri vozvedenii stroitel'nogo ob'ekta* [Mathematical model designated for the assessment of the integrated environmental load produced by a building project]. *Vestnik MGSU* [Bull. of MGSU], no. 3, pp. 149-153. (In Russian).

5 Kulikova E.Yu., 2002. *Vyrabotka kriteriev ekologicheskoy bezopasnosti primeneniya tekhnologiy i sposobov stroitel'stva kommunal'nykh podzemnykh sooruzheniy* [Development of environmental safety criteria for the application of technologies and methods of construction of communal underground structures]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal)* [Mining Information and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)], no. 1, pp. 49-52. (In Russian).

6 Kulikova E.Yu., 2006. *Kriterii ekologicheskoy optimizatsii gorodskogo podzemnogo*

stroitel'stva po pokazatelyu kachestva prinyatoy tekhnologii [Criteria for environmental optimization of urban underground construction in terms of the quality of the adopted technology]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal)* [Mining Information and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)], no. 1, pp. 18-21. (In Russian).

7 Kulikova E.Yu., 2018. *Obespechenie ekologicheskoy ustoychivosti pri osvoenii podzemnogo prostranstva megapolisov* [Environmental sustainability in the development of urban underground space in megacities]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal)* [Mining Information and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)], no. S1, pp. 495-516. (In Russian).

8 Rodionov V.Z., 2017. *Prichiny vozniknoveniya nakoplenno v proshlom ekologicheskogo ushcherba ot osushitel'nykh melioratsiy v Nechernozemnoy zone RF* [Causes of the occurrence of past (accumulated) environmental damage from drainage meliorations in the Non-Chernozem zone of the Russian Federation]. *Regional'naya ekologiya* [Regional Ecology], no. 4, pp. 91-100. (In Russian).

9 Mazur I.I., Shishov V.N., 1992. *Osnovy okhrany okruzhayushchey sredy pri stroitel'stve neftegazovykh ob'ektov* [Fundamentals of Environmental Protection During the Construction of Oil and Gas Facilities]. Moscow, Nedra Publ., 150 p. (In Russian).

10 Mazur I.I., Moldavanov O.I., 1999. *Kurs inzhenernoy ekologii* [Course of Engineering Ecology]. Moscow, Higher School Publ., 447 p. (In Russian).

Грушко Денис Владимирович

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: rosniipm@yandex.ru

Grushko Denis Vladimirovich

Position: Graduate Student

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

Масный Роман Степанович

Ученая степень: кандидат военных наук

Должность: врио 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

Masnyi Roman Stepanovich

Degree: Candidate of Military Sciences

Position: Acting Director

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

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 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 Mikhaylovich

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Professor

Position: First 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

Поступила в редакцию 25.08.2020

После доработки 26.08.2020

Принята к публикации 04.09.2020