МЕЛИОРАЦИЯ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Научная статья

УДК 626.862:626.82

doi: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-1-18

Оценка потенциала дренажного стока в России для использования в целях увлажнения с применением осушительно-увлажнительных систем

Антон Леонидович Кожанов¹, Андрей Андреевич Кириленко²,
Денис Владимирович Грушко³

^{1, 2, 3}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹KozhanovAnton1983@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4240-1967>

²Andreykirilenko96@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2868-3774>

³gdv141183@gmail.com

Аннотация. Цель: оценка потенциала дренажного стока в России для использования в целях увлажнения с применением осушительно-увлажнительных систем. **Материалы и методы.** Информационную основу исследований составили материалы, полученные от федеральных государственных бюджетных учреждений по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению, в разрезе отводимого объема дренажного стока с осушительных, осушительно-увлажнительных и осушительно-оросительных систем двойного регулирования водного режима почв, а также данные ежегодного мониторинга. Для обработки данных показателей дренажного стока использовались следующие программные продукты: Microsoft Excel, ArcGIS, MathCAD. Для анализа полученных данных об объеме дренажного стока и графического материала использовались общенаучные методы. **Результаты.** При количественной оценке объема дренажного стока и его минерализации возникали осложнения, связанные с недостатком, а в некоторых случаях с отсутствием данных о дренажном стоке с мелиоративных систем. По полученным данным были определены 22 региона с эксплуатирующимися осушительными мелиоративными системами. Для каждой мелиоративной системы был установлен объем дренажного стока, общая площадь осушенных земель. Выявлены регионы с наибольшим, достаточным и незначительным объемами стока. По отдельным регионам были получены и проанализированы данные о минерализации дренажного стока. **Выводы.** В результате анализа выявлено, что практически на 50 % территорий, обслуживаемых осушительными системами, возможно проводить увлажнение дренажным стоком в полном объеме всех обслуживаемых площадей с аккумулярованием в регулирующих емкостях, по остальным регионам необходим дополнительный забор воды из водоисточника. Показатели минерализации дренажного стока составляют 0,22–1,60 г/л, на некоторых системах доходят до 2,1–4,7 г/л, что говорит о возможности использования в орошении сельскохозяйственных культур на различных типах почв и для рыборазведения.

Ключевые слова: мелиоративная система, осушительная система, осушительно-увлажнительная система, дренажный сток, объем стока, осушение, увлажнение

LAND RECLAMATION, RECULTIVATION AND LAND PROTECTION

Original article

Drainage runoff potential assessment in Russia for humidification purposes with drainage-watering application systems

Anton L. Kozhanov¹, Andrey A. Kirilenko², Denis V. Grushko³

^{1, 2, 3}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

¹KozhanovAnton1983@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4240-1967>

²Andreykirilenko96@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2868-3774>

³gdv141183@gmail.com

Abstract. Purpose: to assess the drainage runoff potential in Russia for humidification purposes using drainage-watering systems. **Materials and methods.** The informational basis of the research was made up of information received from federal state budgetary institutions on land reclamation and agricultural water supply, in the context of the diverted drainage runoff volume from drainage, drainage-watering and drainage-irrigation systems of double soil water regime control as well as data from annual monitoring. The following software products Microsoft Excel, ArcGIS, MathCAD were used to process the data on drainage runoff indicators. General scientific methods were used to analyze the data obtained on drainage runoff volume and graphic material. **Results.** When quantifying the drainage runoff volume and its mineralization, complications associated with a shortage, and in some cases with a lack of data on drainage runoff from reclamation systems arose. Based on the data received, 22 regions with operating drainage reclamation systems were identified. For each reclamation system, the drainage runoff volume and the total area of drained lands were determined. The regions with the largest, sufficient and insignificant volumes runoff have been identified. For some regions, data on the salinity of the drainage runoff were obtained and analyzed. **Conclusions.** As a result of analysis it was revealed that almost 50 % of the territories served by drainage systems can be moistened with drainage runoff in full volume of all serviced areas with accumulation in regulating tanks; in the rest of the regions additional water withdrawal from the water source is required. Indicators of drainage runoff salinity are 0.22–1.60 g/l, in some systems they reach 2.1–4.7 g/l, which indicates the possibility of using agricultural crops in irrigation on various types of soils and for fish farming.

Keywords: reclamation system, drainage system, drainage and watering system, drainage runoff, runoff volume, drainage, humidification

Введение. Существенное значение в развитии агропромышленного комплекса в гумидной зоне РФ имеет повышение эффективности использования природных ресурсов за счет повторного использования дренажного стока на осушительно-увлажнительных системах.

В большинстве регионов, где имеются осушительные системы, и несмотря на то, что даже территория Западной Сибири и Нечерноземная зона РФ относятся к гумидной зоне и имеют высокие показатели осадков, одновременно с осушением имеется потребность и в увлажнении, когда наблюдается дефицит осадков в вегетационный период. Для увлажнения данных территорий возможно использование накопленного дренажного

стока с применением осушительно-увлажнительных систем, в состав которых необходимо ввести различные регулирующие емкости [1–5].

Регулирующие емкости могут быть выполнены в виде прудов-накопителей, бассейнов регулирования, водохранилищ как в единичном количестве, так и в нескольких, в зависимости от объема дренажного стока, топографии местности и принятых способов увлажнения, с применением схемы, предложенной в работе В. Н. Щедрина и др. [6], либо иных схем расположения. В свою очередь помимо основного назначения – аккумуляирования дренажного стока – регулирующие емкости будут выполнять еще и другие функции по улучшению качества поливной воды, такие как отстаивание, прогрев [7] для последующего применения при увлажнении сельскохозяйственных культур.

Расчет регулирующих емкостей дренажного стока рассмотрен в работе И. В. Глазуновой и Л. В. Кирейчевой [8]. Согласно данной методике для определения объема и количества накопителей нужно знать объем воды, необходимый для увлажнения, объем стока, а также его минерализацию. Показатели минерализации обязательны для определения необходимости разбавления слабоминерализованной водой и ее объема.

Для применения дренажного стока, отводимого с мелиоративных систем, различными учеными были даны рекомендации по использованию дренажных вод для увлажнения, что подтверждается научными и практическими исследованиями различных авторов [9–12].

Применением для увлажнения дренажного стока для экономии водных ресурсов путем его перераспределения занимаются не только в России, но и в других странах [13, 14].

В работах по исследованию возможности применения вод дренажного стока для увлажнения также рассматриваются и вопросы оценки его пригодности в зависимости от конкретных условий местности. Данные во-

просы, кроме того, включают исследование минерализации и содержания в воде химических элементов [9, 15–18].

Проанализировав вышеприведенные работы, приходим к выводу, что в настоящее время необходимо провести сбор и анализ имеющихся данных об объемах безвозвратно отводимого дренажного стока с находящихся на балансе управлений по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению мелиоративных систем (осушительных, осушительно-увлажнительных, осушительно-оросительных систем двойного регулирования) и его минерализации для дальнейшего определения возможных площадей осушенных земель и возможности их увлажнения в засушливые периоды.

Поэтому целью данных исследований является оценка потенциала дренажного стока в России для использования в целях увлажнения с применением осушительно-увлажнительных систем, заключающаяся в анализе данных об объеме и минерализации дренажного стока, отводимого с мелиоративных систем, для последующего определения зон РФ, в которых возможно повторное использование дренажного стока для увлажнения осушенных массивов.

Материалы и методы. Информационную основу для научных исследований составили материалы, полученные от федеральных государственных бюджетных учреждений (ФГБУ) по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению, в разрезе отводимого объема дренажного стока с осушительных, осушительно-увлажнительных и осушительно-оросительных систем двойного регулирования водного режима почв, а также данные ежегодного мониторинга, сведения о минерализации.

Для обработки данных об объеме и минерализации дренажного стока использовались следующие программные продукты: Microsoft Excel, ArcGIS, MathCAD. Для анализа полученных данных об объеме дренажного стока и графического материала использовались общенаучные методы.

Оценка пригодности воды для увлажнения на осушительно-увлажнительных системах проведена по общей минерализации воды (по С. Я. Бездниной, А. Н. Костякову).

Согласно С. Я. Бездниной, для тяжелых слабопроницаемых почв допустимое содержание – до 2,0 г/л, оно доходит до 5,0–6,0 г/л для легких песчаных и супесчаных хорошо дренируемых почв [19].

В соответствии с А. Н. Костяковым допустимое для увлажнения содержание растворимых солей в оросительной воде должно составлять 1,0–1,5 г/л, для хорошо проницаемых почв с глубоким залеганием водопора и достаточным количеством осадков для естественной промывки возможно использование воды с минерализацией до 5,0–6,0 г/л [20].

Результаты и обсуждение. В процессе количественной оценки объема дренажного стока и его минерализации возникали осложнения, связанные с недостатком, а в некоторых случаях с отсутствием данных о дренажном стоке с мелиоративных систем. На основе систематических наблюдений (данных мониторинга ФГБУ «Управления...») за дренажными водами и полученных данных по запросам были определены 22 региона с эксплуатируемыми осушительными мелиоративными системами. Для каждой мелиоративной системы был установлен объем дренажного стока и общая площадь осушенных земель. Данные о минерализации были получены по пяти регионам (из них по девяти системам ФГБУ «Управление «Башмелиоводхоз», по пяти системам ФГБУ «Управление «Воронежмелиоводхоз», по двум системам ФГБУ «Управление «Омскмелиоводхоз», по одной системе ФГБУ «Управление «Новгородмелиоводхоз» и по восьми филиалам ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз»).

Для иллюстрирования данных о распределении дренажного стока в пределах территории России состав осушительных мелиоративных систем конкретной организации (ФГБУ «Управление...») с исходным объемом стока был привязан к соответствующему округу и субъекту РФ (рисунок 1).

**Рисунок 1 – Распределение дренажного стока с осушительных
мелиоративных систем в пределах территории Российской Федерации**

Среди федеральных округов, в пределах которых имеются эксплуатирующиеся мелиоративные системы (по полученным данным), выделены: Северо-Западный, Дальневосточный, Центральный, Сибирский, Уральский, Южный и Приволжский. Областная градация (относительно субъектов РФ) по объему дренажного стока в рамках 2019 г. представлена на рисунке 2.

Субъекты в зависимости от объема дренажного стока разделили на семь групп (предельных значений): 1) 29–1450 тыс. м³, 2) 1450–5400 тыс. м³, 3) 5400–26260 тыс. м³, 4) 26260–96252 тыс. м³, 5) 96252–154527 тыс. м³, 6) 154527–1366658 тыс. м³, 7) 1366658–4191321 тыс. м³.

Таким образом, среди регионов России наибольшими значениями дренажного стока отличаются Ленинградская (1366658,3 тыс. м³), Калининградская области (4191321 тыс. м³) и Краснодарский край (2841236 тыс. м³). Среди регионов России с достаточными значениями объема дренажного стока выявлены республики Башкортостан (54400 тыс. м³) и Мордовия (67520 тыс. м³), Омская (5400 тыс. м³), Новгородская (4687 тыс. м³), Тюменская (20205 тыс. м³), Кировская (15589 тыс. м³), Курганская (120971 тыс. м³), Курская (154527 тыс. м³), Псковская (21241,5 тыс. м³) области. Незначительный объем стока наблюдается в Воронежской (156 тыс. м³), Иркутской (1450 тыс. м³), Томской (865 тыс. м³), Тульской (95,75 тыс. м³), Брянской (29,04 тыс. м³), Ростовской (373 тыс. м³) областях и Забайкальском крае (777,1 тыс. м³).

Проанализировав данные об объеме дренажного стока с осушительных систем ФГБУ «Управление «Башмелиоводхоз», можно сделать вывод, что объема дренажного стока даже в маловодообеспеченный 2019 г. будет достаточно для увлажнения всех обслуживаемых площадей осушительных систем (8,747 тыс. га). Так, при норме водопотребления 1800 м³/га (взята средняя по кормовым, зерновым культурам и овощам согласно

ГОСТ Р 58331.3-2019¹) имеется возможность орошать более 30 тыс. га, что говорит о возможности расширения площадей увлажнения по любой системе более чем в 2–3 раза либо накопления излишка дренажного стока в регулирующих емкостях.

Анализ минерализации дренажного стока за 2015–2019 гг. по ФГБУ «Управление «Башмелиоводхоз» (рисунок 3) показал, что она колеблется от 0,22 до 1,42 г/л, это говорит о возможности повторного использования дренажного стока для увлажнения осушенной территории. В связи с тем, что имеются еще и излишки дренажного стока с низкой минерализацией, возможно его использование для развития рыбной отрасли с созданием необходимых комплексов гидротехнических сооружений.

Проанализировав полученные данные об объеме дренажного стока с осушительных систем ФГБУ «Управление «Воронежмелиоводхоз», можно сделать вывод, что объема дренажного стока будет недостаточно для увлажнения обслуживаемых площадей осушительных систем (4,2 тыс. га). Так, при норме водопотребления 2000 м³/га (взята средняя по свекле, капусте, кукурузе на зерно согласно ГОСТ Р 58331.3-2019) имеется возможность орошать не более 78 га, что говорит о необходимости дополнительного забора воды из водоисточника при создании осушительно-увлажнительных систем.

Минерализация дренажного стока за 2015–2019 гг. по ФГБУ «Управление «Воронежмелиоводхоз» (рисунок 4) находится в пределах 1,1–1,5 г/л, что говорит о возможности повторного использования дренажного стока для увлажнения осушенной территории.

¹ГОСТ Р 58331.3-2019. Системы и сооружения мелиоративные. Водопотребность для орошения сельскохозяйственных культур. Общие требования. Введ. 2019-07-01. М.: Стандартинформ, 2019. 27 с.

Рисунок 2 – Объем дренажного стока с эксплуатирующихся осушительных мелиоративных систем в пределах субъектов Российской Федерации

Рисунок 3 – Динамика минерализации дренажного стока за 2015–2019 гг. по осушительным системам ФГБУ «Управление «Башмелиоводхоз»

Рисунок 4 – Динамика минерализации дренажного стока за 2015–2019 гг. по осушительным системам ФГБУ «Управление «Воронежмелиоводхоз»

Обработав полученные проектные данные об объеме дренажного стока с осушительных систем по ФГБУ «Управление «Омскмелиоводхоз», можно сделать вывод, что объема дренажного стока достаточно для увлажнения площадей, обслуживаемых осушительными системами (3,185 тыс. га). Так, при норме водопотребления 1500 м³/га (взята средняя по кормовым, кукурузе на силос, картофелю, капусте поздней, зерновым культурам согласно ГОСТ Р 58331.3-2019) имеется возможность орошать около 3,6 тыс. га. Это говорит о возможности незначительного расширения площадей увлажнения либо накопления излишка дренажного стока в регулирующих емкостях.

Минерализация дренажного стока за 2015–2019 гг. по ФГБУ «Управление «Омскмелиоводхоз» (рисунок 5) находится в пределах 4,5–4,7 г/л.

При данной минерализации имеется возможность повторного использования дренажного стока для увлажнения территорий с легкими песчаными и супесчаными хорошо дренируемыми почвами и достаточным количеством осадков для естественной промывки, либо необходимо раз-

бавление пресными водами, либо направить на развитие рыбной отрасли или создание накопителей, использующихся для пожаротушения.

Рисунок 5 – Динамика минерализации дренажного стока за 2015–2019 гг. по осушительным системам ФГБУ «Управление «Омскмелиоводхоз» и «Управление «Новгородмелиоводхоз»

Оценка полученных данных об объеме дренажного стока с осушительной системы по ФГБУ «Управление «Новгородмелиоводхоз» показала, что объема дренажного стока достаточно для увлажнения обслуживаемой системой площади (0,649 тыс. га). Так, при норме водопотребления от 1000 до 2000 м³/га (взята средняя по зерновым культурам, а также максимальная по овощам и картофелю согласно ГОСТ Р 58331.3-2019) имеется возможность увлажнять около 2,343–4,687 тыс. га, что больше площади осушения в 4–7 раз. Поэтому можно сделать вывод о возможности расширения площадей увлажнения и накопления излишка дренажного стока в регулирующих емкостях.

Минерализация дренажного стока на данной системе составляет от 1 до 2 г/л, что говорит о возможности повторного использования дренажного стока для увлажнения территорий как с тяжелыми слабопроница-

емыми почвами, так и со средними и легкими песчаными и супесчаными хорошо дренируемыми почвами.

Обработав данные об объеме дренажно-сбросного стока с осушительных систем по ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз» в разрезе филиалов, можно сделать вывод, что объема дренажно-сбросного стока достаточно для увлажнения всех площадей осушительных систем при возделывании овощных и зерновых культур в следующих филиалах: Калининский, Красноармейский, Крымский, Петровско-Анастасиевский, Темрюкский и Черноерковский, а также для накопления излишка в регулирующих емкостях. В филиалах Абинский, Краснодарский, Северский объема дренажного стока недостаточно для увлажнения всех осушаемых территорий. При выращивании риса объема дренажного стока будет недостаточно.

Минерализация дренажного стока по филиалам ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз» (рисунок 6) находится в пределах 0,9–1,6 г/л и выходит за эти пределы только в Темрюкском филиале (от 2,1 до 3,7 г/л), что говорит о возможности повторного использования дренажного стока для увлажнения практически по всем филиалам.

Рисунок 6 – Динамика минерализации дренажного стока за 2016–2019 гг. по филиалам ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз»

Выводы. В результате исследований и анализа полученных данных об объемах дренажного стока выявлено, что практически на 50 % территорий, обслуживаемых осушительными системами, возможно проводить увлажнение дренажным стоком в полном объеме всех обслуживаемых площадей с аккумулярованием в регулирующих емкостях, по остальным регионам необходим дополнительный забор воды из водоемисточника.

На большинстве осушительных систем, в которых объем стока превышает объем воды, необходимый для увлажнения, имеется возможность дополнительного накопления дренажного стока в различных регулирующих емкостях (пруды-накопители, бассейны-накопители и др.) для его дальнейшего применения в целях пожаротушения в пожароопасных регионах и рыбозаведения.

Показатели минерализации дренажного стока на большинстве анализируемых систем находятся в пределах нормы для использования в орошении сельскохозяйственных культур на различных типах почв и составляют 0,22–1,60 г/л, за исключением некоторых систем, на которых минерализация находится в пределах 2,1–4,7 г/л.

Важным моментом в вопросе использования излишка дренажного стока является возможность создания регулирующих емкостей в виде водохранилищ или прудов, применяемых для рыбозаведения, на мелиоративных системах, у которых объем дренажного стока превышает потребный объем воды для увлажнения, с созданием необходимых комплексов сооружений.

Список источников

1. Яценко К. В., Килиди Х. И. Использование дренажного стока для целей орошения на осушительно-увлажнительной системе // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. ст. по материалам X Всерос. конф. молодых ученых, посвящ. 120-летию И. С. Косенко. Краснодар, 2017. С. 1026–1207.
2. Васильев С. М., Кожанов А. Л. Моделирование процесса проектирования элементов осушительной части мелиоративной системы двойного регулирования водного режима // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2019. № 1(01). С. 113–128. URL: http://www.rosniipm-sm1.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec16-field12.pdf (дата обращения: 10.02.2021).

3. Пыленок П. И., Сидоров И. В., Гавриков А. М. Оценка площади увлажнения осушаемых земель дренажным стоком // Современные проблемы мелиорации и водного хозяйства: материалы междунар. науч.-практ. конф. 2009. Т. 2. С. 147–151.

4. Возможности реализации рециклинга на осушительно-увлажнительных системах гумидной зоны / В. П. Максименко, Е. Б. Стрельбицкая, А. П. Соломина, Н. В. Айриян // Природообустройство. 2016. № 2. С. 87–94.

5. Кожанов А. Л. Обзор осушительно-увлажнительных систем с максимальным использованием возобновляемых природных ресурсов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 2(33). С. 105–123. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1051> (дата обращения: 16.03.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-154-169.

6. Пат. 2353088 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 G 25/00. Оросительная система с использованием прудов-накопителей / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Швайко Г. Н., Кожанов А. Л.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2007124078/12; заявл. 26.06.07; опубл. 27.04.09, Бюл. № 12. 3 с.

7. Пат. 2324332 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 G 25/00. Оросительная система / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Бородычев В. В., Салдаев А. М., Кожанов А. Л.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2006134366/12; заявл. 27.09.06; опубл. 20.05.08, Бюл. № 14. 3 с.

8. Кирейчева Л. В., Глазунова И. В. Методика расчета прудов-накопителей дренажного стока для локальных участков орошения // Природообустройство. 2012. № 5. С. 30–34.

9. Дрововозова Т. И., Паненко Н. Н., Манжина С. А. Оценка пригодности воды из открытых коллекторов Семикаракорского района Ростовской области для орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 3(39). С. 154–169. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1144> (дата обращения: 12.03.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-2-105-123.

10. Безднина С. Я., Овчинникова Е. В. Технологическая схема замкнутых систем водопользования в мелиорации // Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования: материалы юбилейн. междунар. науч.-практ. конф. (Костяковские чтения). М., 2007. Т. 2. С. 93–98.

11. Кожанов А. Л. Моделирование процесса компоновки функциональных модулей осушительной системы двустороннего действия // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 4(72). С. 24–31.

12. Пыленок П. И. Основы гидромелиоративного рециклинга // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 5. С. 57–61.

13. Characteristics of drainage water quality and loading from paddy field under cyclic irrigation and its management options / N. Hatcho, K. Kurihara, Y. Matsuno, H. Horino // Journal of Water Resource and Protection. 2018. Vol. 10, № 1. P. 73–84. DOI: 10.4236/jwarp.2018.101005.

14. Assessment of wastewater reuse effects on nutrient loads from paddy field using field-scale water quality model / S. M. Kim, S. J. Im, S. W. Park, J. J. Lee, B. L. Benham, T. I. Jang // Environmental Modeling & Assessment. 2008. № 13. P. 305–313. <https://doi.org/10.1007/s10666-007-9093-7>.

15. Стрельбицкая Е. Б., Соломина А. П., Губин В. К. Пригодность дренажных вод для орошения сельскохозяйственных культур на мелиоративных системах двустороннего регулирования влажности почв // Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Москва, 24–25 окт. 2018 г. / ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова. М., 2019. С. 414–422.

16. Стрельбицкая Е. Б., Соломина А. П. Сорбционно-фильтрующие сооружения в технологиях очистки дренажного стока гидромелиоративных систем Нечерноземной зоны Российской Федерации // Природообустройство. 2020. № 4. С. 28–36. DOI: 10.26897/1997-6011/2020-4-28-36.

17. Болотин А. Г., Генералов В. И. Использование вод дренажного стока для орошения сельскохозяйственных культур // Проблемы водосберегающего орошения и мелиорации почв. 1994. С. 29–42.

18. Шевченко В. А., Максименко В. П., Губин В. К. Капельное орошение с использованием дренажных вод на осушительно-увлажнительных гидромелиоративных системах // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 39. С. 212–215.

19. Безднина С. Я. Качество воды для орошения. Принципы и методы оценки. М.: РОМА, 1997. 186 с.

20. Костяков А. Н. Основы мелиораций. М., 2014. 746 с.

References

1. Yashchenko K.V., Kilidi Kh.I., 2017. *Ispol'zovanie drenazhnogo stoka dlya tseley orosheniya na osushitel'no-uvlazhnitel'noy sisteme* [The use of drainage runoff for irrigation purposes on the drainage-irrigation system]. *Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: sb. st. po materialam X Vseros. konf. molodykh uchenykh, posvyashch. 120-letiyu I. S. Kosenko* [Scientific Support of the Agro-Industrial Complex: Collection of Articles on Proc. of X All Russian Conference of Young Scientists Dedicated to the 120th Anniversary of I.S. Kosenko]. Krasnodar, pp. 1026-1207. (In Russian).

2. Vasiliev S.M., Kozhanov A.L., 2019. [Modeling the design process of drainage elements of reclamation system of double water regime regulation]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo*, no. 1(01), pp. 113-128, available: http://www.rosniipm-sm1.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec16-field12.pdf [accessed 10.02.2021]. (In Russian).

3. Pylenok P.I., Sidorov I.V., Gavrikov A.M., 2009. *Otsenka ploshchadi uvlazhneniya osushaemykh zemel' drenazhnym stokom* [Estimation of the area of humidification of drained lands by drainage runoff]. *Sovremennye problemy melioratsii i vodnogo khozyaystva: materialy mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konferentsii* [Current Problems of Land Reclamation and Water Management: Proc. of the International Scientific-Practical Conference], vol. 2, pp. 147-151. (In Russian).

4. Maksimenko V.P., Strelbitskaya E.B., Solomina A.P., Ayriyan N.V., 2016. *Vozmozhnosti realizatsii retsiklinga na osushitel'no-uvlazhnitel'nykh sistemakh gumidnoy zony* [Possibilities for implementation of recycling on drainage-watering systems of the humid zone]. *Prirodoobustroystvo* [Nature Engineering], no. 2, pp. 87-94. (In Russian).

5. Kozhanov A.L., 2020. [Review of drainage-watering systems with the maximum use of renewable natural resources]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(33), pp. 105-123, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1051> [accessed 16.03.2021], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-154-169. (In Russian).

6. Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Shvayko G.N., Kozhanov A.L., 2009. *Orositel'naya sistema s ispol'zovaniyem prудov-nakopiteley* [Irrigation System Using Storage Ponds]. Patent RF, no. 2353088. (In Russian).

7. Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Borodychev V.V., Saldaev A.M., Kozhanov A.L., 2008. *Orositel'naya sistema* [Irrigation System]. Patent RF, no. 2324332. (In Russian).

8. Kireicheva L.V., Glazunova I.V., 2012. *Metodika rascheta prудov-nakopiteley drenazhnogo stoka dlya lokal'nykh uchastkov orosheniya* [The calculation method of storage ponds of drain flows for local irrigated areas]. *Prirodoobustroystvo* [Nature Engineering], no. 5, pp. 30-34. (In Russian).

9. Drovovozova T.I., Panenko N.N., Manzhina S.A., 2020. [Assessment of water availability from open reservoirs for irrigation of Semikarakorsk district Rostov region]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 3(39), pp. 154-169, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1144> [accessed 12.03.2021], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-2-105-123. (In Russian).

10. Bezdina S.Ya., Ovchinnikova E.V., 2007. *Tekhnologicheskaya skhema zamknutykh sistem vodopol'zovaniya v melioratsii* [Technological scheme of closed water use systems in land reclamation]. *Problemy ustoychivogo razvitiya melioratsii i ratsional'nogo prirodopol'zovaniya: materialy yubileynoy mezhdunarodnoy nauchno-prakt. konferentsii (Kostyakovskie chteniya)* [Problems of Sustainable Development of Land Reclamation and Rational Nature Management: Proc. of the Anniversary International Scientific-Practical Conference (Kostyakov Readings)]. Moscow, vol. 2, pp. 93-98. (In Russian).

11. Kozhanov A.L., 2018. *Modelirovanie protsessa komponovki funktsional'nykh moduley osushitel'noy sistemy dvustoronnego deystviya* [Modeling of the process of assembling functional modules of a double-acting drainage system]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(72), pp. 24-31. (In Russian).

12. Pylenok P.I., 2019. *Osnovy gidromeliorativnogo retsiklinga* [Fundamentals of irrigation and drainage recycling]. *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 5, pp. 57-61. (In Russian).

13. Hatcho N., Kurihara K., Matsuno Y., Horino H., 2018. Characteristics of drainage water quality and loading from paddy field under cyclic irrigation and its management options. *Journal of Water Resource and Protection*, vol. 10, no. 1, pp. 73-84, DOI: 10.4236/jwarp.2018.101005.

14. Kim S.M., Im S.J., Park S.W., Lee J.J., Ben I., 2008. Assessment of wastewater reuse effects on nutrient loads from paddy field using field-scale water quality model. *Environmental Modeling & Assessment*, no. 13, pp. 305-313, <https://doi.org/10.1007/s10666-007-9093-7>.

15. Strelbitskaya E.B., Solomina A.P., Gubin V.K., 2019. *Prigodnost' drenazhnykh vod dlya orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na meliorativnykh sistemakh dvustoronnego regulirovaniya vlazhnosti pochv* [Suitability of drainage water for irrigation of agricultural crops on reclamation systems of two-sided regulation of soil moisture]. *Melioratsiya zemel' – neot'emlemaya chast' vosstanovleniya i razvitiya APK Nechernozemnoy zony Rossiyskoy Federatsii: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Land Reclamation is an Integral Part of Restoration and Development of Agro-industrial Complex of the Non-Chernozem Zone of the Russian Federation: Proc. of the International Scientific-Practical Conference]. Moscow, VNIIGiM named after A.N. Kostyakov, pp. 414-422. (In Russian).

16. Strelbitskaya E.B., Solomina A.P., 2020. *Sorbtsionno-fil'truyushchie sooruzheniya v tekhnologiyakh ochistki drenazhnogo stoka gidromeliorativnykh sistem Nechernozemnoy zony Rossiyskoy Federatsii* [Sorption-filtering structures in technologies for drainage flow treatment of hydromeliorative systems in the Non-Black Earth Zone of the Russian Federation]. *Prirodoobustroystvo* [Nature Engineering], no. 4, pp. 28-36, DOI: 10.26897/1997-6011/2020-4-28-36. (In Russian).

17. Bolotin A.G., Generalov V.I., 1994. *Ispol'zovanie vod drenazhnogo stoka dlya orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Use of drainage runoff water for agricultural crops irrigation]. *Problemy vodosberegayushchego orosheniya i melioratsii pochv* [Problems of Water Saving Irrigation and Land Reclamation], pp. 29-42. (In Russian).

18. Shevchenko V.A., Maksimenko V.P., Gubin V.K., 2018. *Kapel'noe oroshenie s ispol'zovaniem drenazhnykh vod na osushitel'no-uvlazhnitel'nykh gidromeliorativnykh sistemakh* [Drip irrigation with the use of drainage water on drainage and humidification irrigation]

systems]. *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya* [Bull. of the International Academy of Agrarian Education], no. 39, pp. 212-215. (In Russian).

19. Bezdina S.Ya., 1997. *Kachestvo vody dlya orosheniya. Printsipy i metody otsenki* [Water Quality for Irrigation. Principles and Methods of Assessment]. Moscow, ROMA Publ., 186 p. (In Russian).

20. Kostyakov A.N., 2014. *Osnovy melioratsiy* [Basics of Land Reclamation]. Moscow, 746 p. (In Russian).

Информация об авторах

А. Л. Кожанов – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук;

А. А. Кириленко – младший научный сотрудник;

Д. В. Грушко – аспирант.

Information about the authors

A. L. Kozhanov – Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences;

A. A. Kirilenko – Junior Researcher;

D. V. Grushko – Postgraduate Student.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 22.03.2021; одобрена после рецензирования 01.06.2021; принята к публикации 04.06.2021.

The article was submitted 22.03.2021; approved after reviewing 01.06.2021; accepted for publication 04.06.2021.