

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Обзорная статья

УДК 632.125:631.6

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-2-101-122

Диагностические показатели оценки деградации орошаемых пашни и пастбищ

Светлана Александровна Манжина¹, Лидия Михайловна Докучаева²

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

¹manz.svetlana@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9322-0843>

²dokuchaeva_lm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-4831-7640>

Аннотация. Цель: определение диагностических элементов и индикативных показателей, характеризующих развитие деградационных процессов в различных типах почв орошаемых пашни и пастбищ. **Материалы и методы.** Материалами для исследования послужили справочные данные и базы данных, собранные с участием различных научно-исследовательских институтов нашей страны, принятые в стране нормативно-методические документы, а также публикации отечественных и зарубежных авторов. В качестве методов использован комплексный и ретроспективный анализ, синтез и дедукция. **Обсуждение.** Классификация почв по видам и уровню деградации имеет смысл в контексте определения необходимости проведения мероприятий по сохранению и восстановлению почвенного плодородия. С учетом специфичности и разнообразия типов и видов такого объекта оценки, как почва, необходим тщательный учет правильности градации каждого индикативного показателя. В качестве примера: анализируя методики оценки почв по степени солонцеватости, отметили, что уровневые градации варьируются в зависимости от типа почв. В работе приведена таблица с основными диагностическими показателями оценки степени деградации орошаемых пашни и пастбищ. Форма таблицы принята на основе имеющихся нормативно-методических документов с изменениями и дополнениями в показателях. **Выводы.** На основании проведенного анализа параметры оценки степени деградации земель сельскохозяйственного назначения сформированы в три группы, исходя из очередности их обнаружения: первичные (оценочные), основные, дополнительные. Выделены основные диагностические показатели и их градации, позволяющие с допустимой достоверностью установить уровень, вид и оценить причины деградации почв сельскохозяйственных земель.

Ключевые слова: деградация почв, уровни деградаций, виды деградации, орошаемые пашни и пастбища, степень солонцеватости, основные показатели, дополнительные показатели

Для цитирования: Манжина С. А., Докучаева Л. М. Диагностические показатели оценки деградации орошаемых пашни и пастбищ // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 2. С. 101–122. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-101-122>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Review article

Diagnostic indicators for assessing irrigated arable land and pastures degradation

Svetlana A. Manzhina¹, Lidiya M. Dokuchayeva²

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

¹manz.svetlana@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9322-0843>

²dokuchaeva_lm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-4831-7640>

Abstract. Purpose: determination of diagnostic elements and indicative figures characterizing the degradation processes development in various types of soils of irrigated arable land and pastures. **Materials and methods.** Reference data and databases collected by various research institutes of our country, normative and methodological documents adopted in the country, as well as publications of domestic and foreign authors served as materials for the study. Complex and retrospective analysis, synthesis and deduction were used as methods. **Discussion.** The classification of soils by type and level of degradation makes sense in the context of determining the need for measures to preserve and restore soil fertility. Taking into account the specificity and diversity of types and kinds of such an object of assessment as soil, it is necessary to carefully consider the correctness of each indicative factor gradation. An example is: when analyzing the methods for assessing soils by the degree of alkalinity, it was noted that the level gradations vary depending on the type of soil. The table with main diagnostic indicators for assessing the degradation degree of irrigated arable land and pastures is presented in the paper. The form of the table was adopted on the basis of existing regulatory and methodological documents with amendments and additions in the indicators. **Conclusions.** Based on the analysis, the parameters for assessing the degree of degradation of agricultural land are formed into three groups, based on the order of their discovery: primary (estimated), basic, additional. The main diagnostic indicators and their gradations which make it possible to establish the level, type and evaluate the reasons of soil degradation of agricultural lands with acceptable reliability are identified.

Keywords: soil degradation, levels of degradation, types of degradation, irrigated arable lands and pastures, degree of alkalinity, main indicators, additional indicators

For citation: Manzhina S. A., Dokuchayeva L. M. Diagnostic indicators for assessing irrigated arable land and pastures degradation. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(2):101–122. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-101-122>.

Введение. В настоящее время около 40 % мировых земельных ресурсов, используемых для сельского хозяйства во всем мире, классифицируется как деградированные или серьезно деградированные, по оценочным данным, порядка 70 % верхнего слоя почвы, необходимого для произрастания растений, исчезло [1–3].

Для предотвращения утраты почвенных ресурсов и их плодородия необходимо своевременно выявлять деградационные процессы, что позволит выбрать компенсирующие или мелиоративные мероприятия. Оценка деградации сельскохозяйственных почв в мировой практике производится как по основным показателям, определяющим их экологическое благополучие, особенно в контексте возможности эмиссии и миграции веществ в сопре-

дельные среды, химической и биохимической активности присутствующих в них веществ, так и по агрохимическим показателям, определяющим почвенное плодородие и условия питания растений [4–11].

В Российской Федерации действует оценка состояния грунтов и почв по следующим утвержденным документам:

- ГОСТ 25100-2020 «Грунты. Классификация» «устанавливает общую классификацию грунтов, применяемую при производстве инженерных изысканий, проектировании и строительстве зданий и сооружений и распространяется на все грунты»;

- Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель¹ «предназначена для использования органами системы Минприроды России и Роскомзема при определении размеров ущерба от деградации почв и земель всех категорий основного целевого назначения» (далее «Методика определения...»);

- Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель² «предназначены для выявления деградированных и загрязненных земель путем обследований предприятиями, организациями и лицами, получившими лицензии на эти обследования в органах Минприроды России и Роскомзема» (далее – «Методические рекомендации...»);

- Методические указания по проведению комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий³ «предназначены

¹Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель / разработ.: В. Н. Шептухов, Т. В. Решетина, И. Г. Платонов, А. В. Мякокин, А. А. Жиров, А. Б. Беликов, М. Г. Лыков, И. И. Карманов, Б. А. Зимовец, Б. В. Виноградов, П. Н. Березин, И. И. Гудима. М., 1994. 31 с.

²Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель [Электронный ресурс]: утв. Роскомземом России 28.12.94, Минприроды России 15.02.95, Минсельхозпродом России 26.01.95. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902101153> (дата обращения: 19.01.2022).

³Методические указания по проведению комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий / разработ.: М. А. Флоринский, А. Н. Поляков, А. В. Павлихина, М. И. Лунев, А. В. Кузнецов, В. В. Исаев, М. М. Овчаренко, П. Г. Максимов. М.: Центр НТИПР, 1994. 97 с.

для специалистов проектно-изыскательских центров и станций агрохимической службы, районных и хозяйственных агрохимических лабораторий, коллективных сельскохозяйственных предприятий и крестьянских (фермерских) хозяйств»;

- Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения⁴ «предназначены для специалистов хозяйств всех категорий, органов управления сельским хозяйством, Государственной агрохимической службы, Государственной службы защиты растений, органов сертификации, научных работников, преподавателей средних и высших сельскохозяйственных учебных заведений».

В российском правовом поле перечень показателей, характеризующих состояние плодородия почв по основным природно-сельскохозяйственным зонам страны, определен в сборнике отраслевых стандартов ОСТ 10 294-2002 – ОСТ 10 297-2002⁵.

В соответствии с действующей методической документацией оценка степени деградации является составной частью мониторинга земель. Выявление деградации, особенно на начальных стадиях ее проявления, и идентификация вида и уровня развития негативного процесса призваны способствовать принятию адекватных мер и проведению мероприятий по сохранению плодородия почв сельскохозяйственного назначения. Однако полный анализ почв может быть не только трудоемкой процедурой, но и экономически невыгодным для сельхозтоваропроизводителя. Иными

⁴Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения [Электронный ресурс]: утв. Министром сел. хоз-ва Рос. Федерации 24.09.03, Президентом Рос. акад. с.-х. наук 17.09.03 / разраб.: В. Г. Сычев [и др.]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200076297> (дата обращения: 19.01.2022).

⁵Сборник отраслевых стандартов ОСТ 10 294-2002 – ОСТ 10 297-2002. Показатели состояния плодородия почв по основным природно-сельскохозяйственным зонам Российской Федерации. М.: Росинформагротех, 2002. 44 с.

словами, необходима унификация оценки путем выбора оптимального количества показателей, что позволит как производить оперативное выявление деградации сельскохозяйственных земель, так и оценивать ее уровень, направление и причины.

Исходя из приведенного выше, целью исследования является определение диагностических элементов и индикативных показателей, характеризующих развитие деградационных процессов в различных типах почв орошаемых пашни и пастбищ.

Материалы и методы. Материалами для исследования послужили справочные данные и базы данных, собранные с участием различных научно-исследовательских институтов нашей страны, принятые в стране нормативно-методические документы, а также публикации отечественных и зарубежных авторов.

В качестве методов использовался комплексный и ретроспективный анализ имеющихся методов оценки; при разработке параметров оценки степени деградации орошаемых пашни и пастбищ и объединении их в три группы также были использованы синтез, при котором происходит объединение всех полученных результатов проведенного анализа, позволяющее расширить знание, сконструировать нечто новое; дедукция, при которой выполняется переход от общих закономерностей к фактическому их проявлению; классификация, т. е. объединение различных объектов в группы на основе общих признаков.

Обсуждение и результаты. Целевым использованием земельных ресурсов в сельском хозяйстве является производство сельскохозяйственной продукции путем возделывания культурных растений, успех которого зависит в первую очередь от плодородия почв. Согласно ГОСТ 27593-88⁶ под плодородием почв понимают их способность «удовлетворять потреб-

⁶ГОСТ 27593-88. Почвы. Термины и определения. Введ. 1988-07-01. М.: Стандартинформ, 2006. 9 с.

ность растений в элементах питания, влаге и воздухе, а также обеспечивать условия для их нормальной жизнедеятельности». В этой связи основным первичным показателем является снижение уровня продуцирования биомассы – может быть оценено любыми визуальными способами, с применением приборов дистанционного зондирования или путем регистрации отклонения в урожайности культур и анализа статистических данных.

В настоящее время советскими и российскими учеными накоплен опыт в оценке деградационных процессов, происходящих в почвах, и их классификации [4, 6, 12–14]. С одной стороны, ряд авторов предполагают, что оценка деградации сельскохозяйственных земель должна охватывать максимально возможные ключевые параметры, определяющие почвенное плодородие [12–14]. С другой стороны, при оценке сельскохозяйственных земель, и в первую очередь орошаемых, встает вопрос о целесообразности включения в состав показателей именно в рамках деградации некоторых агрохимических и агрофизических характеристик. Так, например, в соответствии с ГОСТ 27593-88 плотность почвы определяется как «отношение массы сухой почвы, взятой без нарушения природного сложения, к ее объему», что изначально невозможно применить для используемых в обороте пашни и пастбищ в силу утраты ими природного сложения, а выявленные в результате обследования переуплотнения на таких участках легко ликвидируются при соответствующей механической обработке. Помимо этого Е. В. Шейн⁷ (2005), который указывал, что «плотность почвы – одно из основных, фундаментальных свойств почвы», в более поздних работах подчеркивал, что чувствительность измерений сложения почв можно повысить при замене измерений плотности измерениями гидрофизических характеристик почв: коэффициента фильтрации и потенциала почвенной влаги [15, 16], что ставит под сомнение назначение плотности в качестве диагностического показателя при оценке деградации почв.

⁷Шейн Е. В. Курс физики почв: учебник. М.: Изд-во МГУ, 2005. 432 с.

Далее рассмотрим показатели насыщения почв элементами питания растений, что попадает под определение «диагностики питания растений». Последняя, в соответствии с ГОСТ 27593-88⁸, предполагает «определение степени обеспеченности растений питательными элементами», которое осуществляется, исходя из потребности конкретного вида и сорта растений и стадии их развития. То есть по факту является величиной специализированной и в достаточной мере селективной. Основным способом обеспечения сельскохозяйственных растений необходимым количеством питательных веществ в мировой аграрной практике является внесение минеральных и органических удобрений, что на постоянной основе сопровождает процесс растениеводства. Аналогичный подход к этим показателям предполагается и в ОСТах 10 294-2002 – 10 297-2002, где указывается, что их определение необходимо «для разработки проектов применения удобрений и для разработки проектов производства растениеводческой продукции, в которых интегрированное применение удобрений рассматривается в едином технологическом процессе возделывания сельскохозяйственных культур».

Исходя из приведенного, считаем, что такие показатели, как содержание микроэлементов, азота, калия, кальция и фосфора, влажность и плотность почв, могут быть скорректированы агротехническими приемами в процессе ведения сельскохозяйственного производства, поэтому учет их в составе показателей для характеристики именно деградации почв не имеет необходимой информационной целесообразности. Контроль этих показателей необходимо производить в рамках планирования производственного процесса для определения норм и сроков внесения удобрений, подбора способов механической обработки почв, сроков и норм полива растений.

В свою очередь, классификация земель по видам и уровню деградации имеет смысл в контексте принятия решения о проведении более серъ-

⁸ГОСТ 27593-88. Удобрения. Термины и определения. Введ. 1988-07-01. М.: Стандартинформ, 2006. 9 с.

езных мероприятий по их восстановлению: изменение вида землепользования, мелиорация, рекультивация, консервация, и в целях подбора состава работ и технологий для осуществления намеченных мероприятий. В дополнение отметим, что в разделе 4 «Методических рекомендаций по выявлению деградированных и загрязненных земель» указывается: консервации подлежат «сельскохозяйственные угодья 3 и 4 степени деградации с сильноэродированными, сильнозасоленными, сильно заболоченными (в результате подтопления или нарушения экологических требований) почвами, подверженные в большой степени опустыниванию, имеющие просадки поверхности вследствие добычи полезных ископаемых..., когда использование по целевому назначению земель с указанными признаками деградации приводит к дальнейшему развитию негативных процессов, ухудшению состояния почв и экологической обстановки». Здесь напрямую указаны основные типы деградаций, создающих угрозу безвозвратной утраты почвенных ресурсов.

Согласно «Методике определения размеров ущерба от деградации почв и земель» деградация земель устанавливается посредством сравнения с исходным состоянием обследуемого земельного участка в целях определения размера ущерба, потерь сельскохозяйственного производства, а также величины подлежащих возмещению убытков. В данном случае под «исходным» понимается состояние недеградированных аналогов.

Применение указанных выше «Методических рекомендаций...» и «Методики определения...» в настоящее время в качестве «оперативного» инструментария оценки деградации орошаемых пашни и пастбищ, по нашему мнению, имеет ряд недостатков. В первую очередь, эти методики были разработаны без учета целевого использования обследуемых земель, что напрямую указано в части их «Общего положения», и устанавливали в первом случае рекомендованный порядок проведения необходимых процедур, а во втором определение стоимостной составляющей ущер-

ба, подлежащего возмещению (при обобщенной оценке уровня деградации без необходимой детализации по типу почв, который является значимым условием в сельскохозяйственном производстве). Вторым недостатком – наличие в них уже указанных выше агрохимических и агрофизических показателей, легко корректируемых в процессе целевого использования орошаемых пашни и пастбищ.

В целях оценки деградацию разделяют на категории (в которые объединяют определенные типы). Под категорией подразумевают направление воздействия того или иного процесса, являющегося причиной изменения свойств почв и земель [12, 14]. Большинство международных методик выделяют следующие категории деградации: физическая (эрозия, в т. ч. перенос и осаждение отложений, потеря пористости за счет уплотнения, отверждения, герметизации или другого механизма, оседание), химическая (истощение питательных веществ, запасов органического вещества, засоление, содификация, подкисление, повышение токсичности металлов), гидрологическая (подтопление и заболачивание, снижение уровня грунтовых вод) и биологическая (изменение состава естественных или полустественных экосистем, увеличение доли инвазивных видов в пастбищных экосистемах, изменение микробного и мезофаунного состава почвы, вспышки вредителей – биотический очаг) [9, 11, 17, 18]. В «Методических рекомендациях...» выделяют четыре категории: технологическую, или эксплуатационную деградацию (в т. ч. нарушения, физическая (земледельческая) деградация, агроистощение), эрозию, засоление и заболачивание (при этом не определено, к какой категории отнесено закисление и химическое загрязнение почв). Ф. Р. Зайдельман (2009) предполагал наиболее правильным классифицировать деградации по следующим категориям: 1) физическая и механическая; 2) химическая и физико-химическая; 3) биологическая и биохимическая; 4) гидрологическая [6, 19, 20]. По мнению ряда российских ученых, такая группировка деградаций позволяет

в более полной мере отразить их взаимное влияние друг на друга [6, 13]. Следует отметить, что классификация, выделенная Ф. Р. Зайдельманом, по существу близка к международной. В данной работе авторы придерживаются общей (международной) практики классификации.

Как уже упоминалось, утвержденные методики оценки деградации почв не отражают детализации, которая необходима для выявления отклонений по некоторым параметрам почвенного покрова орошаемых пашни и пастбищ. Так, для примера рассмотрим один из компонентов химической деградации почв – солонцеватость. В соответствии с ГОСТ 17.4.3.06-2020, химическая деградация определяется не только наличием загрязняющих веществ, но и дисбалансом входящих в состав почвенно-поглощающего комплекса (ППК) ионов. Данный вид химической деградации почв является определяющим для кислотно-щелочного показателя (рН), солевого состава, влияя на почвенно-геохимическую обстановку и почвенное плодородие. Градации почв по солонцеватости [20–23], наиболее широко применяемые в нашей стране, приведены в таблице 1.

Анализируя приведенные в таблице 1 градации оценки почв по степени солонцеватости, отметим, что границы их варьируются для почв с разными характеристиками.

Также следует отметить, что, по имеющимся данным [24], признаки солонцеватости отмечаются в почвах и при отсутствии критического количества натрия на фоне высокого содержания магния, особенно на орошаемых землях, где регистрируется дефицит кальция в результате его выщелачивания. Поэтому оценку степени деградации почв по солонцеватости для орошаемых пашни и пастбищ в первом приближении необходимо производить исходя из естественного (фоновое) содержания гумуса в обследуемых почвах, содержания натрия, магния, кальция и глинистой фракции [21, 24, 25].

Таблица 1 – Оценка степени солонцеватости по содержанию обменного натрия в процентах от емкости катионного обмена

Table 1 – Evaluation of the sodium absorption ratio in content of exchangeable sodium as a percentage of the cation exchange capacity

Степень деградации почв (присвоенный уровень деградации)	В. А. Ковда [21]		В. В. Егоров, Н. Г. Минашина [21]	«Методика определения...» ²		И. Н. Антипов-Каратаев [19, 20]		А. В. Новикова, П. Г. Коваливнич [21]	
	зона черноземов	зона каштановых и бурых почв		для почв, содержащих < 1 % натрия	для других почв	высокогумусные (черноземы, лугово-чернозем- ные, черноземы луговые)	малогумусные (каштановые, южные черно- земы и т. д.)	малогумусные средненатриевые почвы	малогумусные малонатриевые автоморфные почвы
Недеградированные	–	–	< 5	< 1	< 5	< 5	< 3	< 3	< 3
Слабодеградированные	< 10	< 5	5–10	1–3	5–10	5–10	3–5	3–5	3–7
Среднедеградированные	10–15	5–10	10–25	3–7	10–15	10–15	5–10	5–10	
Сильнодеградированные	15–30	10–15	> 25	7–10	15–20	15–20	10–15	10–15	> 7
Очень сильно деградиро- ванные	> 30	> 15	–	> 10	> 20	> 20	> 15	> 15	–

²Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель / разраб.: В. Н. Шептухов, Т. В. Решетина, И. Г. Платонов, А. В. Мякокин, А. А. Жиров, А. Б. Беликов, М. Г. Лыков, И. И. Карманов, Б. А. Зимовец, Б. В. Виноградов, П. Н. Березин, И. И. Гудима. М., 1994. 31 с.

Исходя из приведенного анализа, по мнению авторов, необходимо внести уточнения в имеющиеся методики оценки деградации почв при непосредственном применении таковых для орошаемых пашни и пастбищ в соответствии с данными, накопленными российскими учеными [24–32]. Так, уровни деградации земель должны трактоваться следующим образом (по отношению к конкретному показателю): 0 – недеградированные; 1 – слабodeградированные, характеризуются сохранением на достаточно высоком уровне параметров, определяющих плодородие почв, предполагают возможность восстановления в существующих условиях агроэкосистемы путем корректировки технологии производства; 2 – среднедеградированные, сохраняют на достаточном экономически обоснованном уровне производственные характеристики, предполагают возможность восстановления при изменении условий ведения агротехнических работ и осуществлении малозатратных компенсирующих мероприятий; 3 – сильнодеградированные, предполагают применение компенсационных и восстановительных мер: изменение направления использования, проведение мелиоративных мероприятий; 4 – очень сильно деградированные земли, предполагают дополнительные исследования для оценки возможности и экономической эффективности их восстановления посредством мелиорации или консервации.

При принятии решения о проведении мероприятий на деградированных землях необходимо руководствоваться комплексом показателей: 1) первичные оценочные показатели, которые сигнализируют о наличии процессов деградации; 2) основные, которые дают представление о типе и уровне деградации; 3) дополнительные показатели, с помощью которых уточняют причины развития деградационных процессов. Состав дополнительных показателей определяется в зависимости от данных, полученных при оценке основных. Например, если в почве обнаруживается щелочность при определении pH (первичный показатель), то необходимо определение токсичной щелочности и состава солей по водной вытяжке, состава ППК и доли в нем обменного натрия (основной показатель), а затем исследование состава и уровня подъема грунтовых вод (дополнительный показатель).

Если в почве обнаруживается кислотность (первичный показатель), то определяют гидролитическую кислотность (основной показатель) и содержание обменного водорода, алюминия или степень насыщенности почвы основаниями (дополнительные показатели). При этом следует отметить, что степень насыщенности почвы основаниями находится в прямой зависимости от содержания поглощенного водорода, что, в свою очередь, характерно для почв с гидролитической кислотностью [31]. Поэтому для почв, не содержащих поглощенного водорода (сероземы, каштановые, бурые и карбонатные черноземы), такие определения нецелесообразно включать в состав дополнительных показателей. Основные показатели также будут использованы для расчета доз мелиорантов в целях проведения соответствующих мелиоративных работ.

В таблице 2 приведены выделенные нами диагностические показатели и параметры оценки степени деградации орошаемых пашни и пастбищ. Форма таблицы принята на основе имеющихся нормативно-методических документов с изменениями и дополнениями в показателях.

Химический тип деградации по содержанию тяжелых металлов и профильных для сельскохозяйственного производства органических и неорганических соединений оценивается в соответствии с ГОСТ 17.4.3.06-2020⁹, исходя из количества содержащихся в почве веществ и классов их опасности, определяемых в соответствии с ГОСТ 17.4.1.02-83¹⁰. Оценка этого типа деградации для орошаемых пашни и пастбищ проводится в соответствии с «Методическими рекомендациями...» и Порядком определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами¹¹.

⁹ГОСТ 17.4.3.06-2020. Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ. Введ. 2022-01-01. М.: Стандартинформ, 2020. 4 с.

¹⁰ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы (ССОП). Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. Введ. 1985-01-01. М.: Стандартинформ, 2008. 3 с.

¹¹Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами [Электронный ресурс]: утв. Минприроды России 18.11.93, Роскомземом 10.11.93. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9033369> (дата обращения: 19.01.2022).

Таблица 2 – Параметры оценки степени деградации орошаемых пашни и пастбищ
Table 2 – Parameters for assessing the degree of irrigated arable land and pasture degradation

Показатель	Степень деградации				
	0	1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
Первичные показатели					
Биопродуктивность, в % от оптимума урожайности сельскохозяйственных культур	> 80	80–61	60–41	40–20	< 20
Снижение урожайности от среднестатистической, %	< 10	10–25	26–50	51–75	> 75
Проективное покрытие пастбищной растительности ² , % от зонального	> 90	90–71	70–51	50–10	< 10
Площадь обнаженной почвообразующей (C) или подстилающей (D) породы, % от общей площади участка ²	< 2	2–5	6–10	11–25	> 25
Уменьшение мощности почвенного профиля (A + B), % от исходного ²	< 3	3–25	26–50	51–75	> 75
Глубина нарушений, в т. ч. провалов, размывов, водорезов, относительно поверхности ² , см	< 20	20–40	41–100	101–200	> 200
Каменистость (в слое 25 см) [30], % покрытия от площади участка	< 1	1–10	11–25	26–50	> 50
Мощность абиотического (неплодородного) наноса, в т. ч. дефляционного ² , см	< 2	2–10	11–20	21–40	> 40
Потери гумуса, % от оптимума его содержания для данной почвы [30]	< 10	10–20	21–50	51–70	> 70
Уменьшение водопрочных агрегатов, % от оптимума [22]	< 1	1–30	31–50	51–80	> 80
Коэффициент фильтрации ² , м/сут	> 1,0	1,0–0,4	0,3–0,1	0,09–0,01	< 0,01
Общее содержание солей (по величине плотного остатка) [20], % [*]	< 0,30	0,30–0,50	0,51–1,00	1,10–2,00	> 2,00
Кислотно-щелочной фактор [22], в т. ч.:					
- кислотность, pH (KCl)	> 6,0	6,0–5,6	5,5–5,0	5,0–4,5	< 4,5
- щелочность, pH водной суспензии 1:2,5	< 7,5	7,5–8,0	8,1–8,5	8,6–9,0	> 9,0
Основные показатели					
Утрата гумусового горизонта в результате эрозии (водной и ветровой) [30], % от недеградированной	< 10	10–20	21–50	51–70	> 70
Масса смытой почвы по сравнению с неэродированной [26], т/га	< 2,5	2,5–5,0	5,1–10,0	10,1–30,0	> 30

Продолжение таблицы 2
Continuation of the table 2

1	2	3	4	5	6
Токсичная щелочность ($\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$) + $\text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+}$, Н. А. Качинский (1985) [24], моль(экв.)/100 г почвы	< 0,7	0,7–1,0	1,1–1,6	1,7–2,0	> 2,0
Гидролитическая кислотность, моль(экв.)/100 г почвы	< 2,0	2,0–4,0	4,1–5,0	5,1–6,0	> 6,0
Сумма токсичных солей в водной вытяжке при соотношении почвы и воды 1:5 [20], %*, в т. ч.: 1) нейтральные (при pH < 8,5) по видам солевого состава: - хлоридное засоление, в т. ч. сульфатно-хлоридное - хлоридно-сульфатное - сульфатное 2) щелочные (при pH ≥ 8,5) по видам солевого состава: - содовое засоление с участием хлоридов - содовое засоление с участием сульфатов - сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные	< 0,05 < 0,10 < 0,15 < 0,10 < 0,15 < 0,15	0,05–0,12 0,10–0,25 0,15–0,30 0,11–0,15 0,15–0,25 0,15–0,30	0,13–0,35 0,25–0,50 0,31–0,60 0,16–0,30 0,26–0,40 0,31–0,50	0,36–0,70 0,50–1,0 0,61–1,0 0,31–0,50 0,41–0,60 не встречаются	> 0,70 > 1,0 > 1,0 > 0,50 > 0,60 не встречаются
Суммарный эффект токсичных ионов ($\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$) ¹² , ммоль/100 г почвы	< 0,3	0,3–1,0	1,1–3,0	3,1–7,0	> 7,0
То же при $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ в почве > 1 %, ммоль/100 г почвы	< 0,3	0,3–1,5	1,6–3,5	3,6–7,5	> 7,5
Увеличение содержания обменного Na (в % от ППК), в т. ч. почвы: - с содержанием Na < 1 % - высокогумусные (черноземы, лугово-черноземные, черноземы луговые) - малогумусные (каштановые, южные черноземы и т. д.), в т. ч. малогумусные средненатриевые - малогумусные малонатриевые автоморфные	< 1 < 5 < 3 < 3	1–3 5–10 3–5 3–7	4–7 11–15 6–10 –	8–10 16–20 11–15 > 7	> 10 > 20 > 15 –
Увеличение содержания обменного магния (в % от ЕКО), в т. ч.: - высокогумусные - малогумусные	< 15 < 20	16–20 21–25	21–30 26–35	31–50 36–55	> 50 > 55

¹²Руководство по составлению почвенно-мелиоративного обоснования проектов мелиоративного строительства и специальных карт. М.: Гипроводхоз РИО, 1973. 106 с.

Продолжение таблицы 2
Continuation of the table 2

1	2	3	4	5	6
Дополнительные показатели					
Скорость роста площади деградированных пастбищ ² , % в год	< 0,25	0,26–1,00	1,10–3,00	3,10–5,00	> 5,00
Скорость роста площади засоленных почв ² , % в год	< 0,50	0,51–1,00	1,10–2,00	2,10–5,00	> 5,00
Скорость роста средне- и сильноэродированных площадей ² , % в год	< 0,5	0,6–1,0	1,1–2,0	2,1–5,0	> 5,0
Поднятие почвенно-грунтовых вод до глубины [22] (от поверхности в м) ^{**} , в т. ч.:					
черноземная зона, нещелочная вода с минерализацией [22], г/дм ³ :					
< 3	> 2,2	2,2–2,1	2,0–1,7	1,6–1,1	< 1,1
3–5	> 2,5	2,5–2,3	2,2–1,9	1,8–1,2	< 1,2
5–10	> 3,0	3,0–2,6	2,5–2,3	2,2–1,5	< 1,5
черноземная зона, щелочная вода с минерализацией [22], г/дм ³ :					
< 3	> 2,5	2,5–2,3	2,2–1,9	1,8–1,2	< 1,2
3–5	> 3,0	3,0–2,6	2,5–2,3	2,2–1,5	< 1,5
5–10	> 3,5	3,5–3,1	3,0–2,6	2,5–1,7	< 1,7
каштановая зона, нещелочная вода с минерализацией [22], г/дм ³ :					
< 3	> 2,0	2,0–1,9	1,8–1,6	1,5–1,0	< 1,0
3–5	> 2,2	2,2–2,1	2,0–1,7	1,6–1,1	< 1,1
5–10	> 2,5	2,5–2,3	2,2–1,9	1,8–1,2	< 1,2
каштановая зона, щелочная вода с минерализацией [22], г/дм ³ :					
< 3	> 2,5	2,5–2,3	2,2–1,9	1,8–1,2	< 1,2
3–5	> 3,0	3,0–2,6	2,5–2,3	2,2–1,5	< 1,5
5–10	> 3,5	3,5–3,1	3,0–2,6	2,5–1,7	< 1,7
Примечания: * Степень засоления почвы в конечном варианте устанавливается по показателю, главному для данного типа засоления. ** Определение градиционных показателей поднятия почвенно-грунтовых вод проводилось в соответствии с рекомендациями Л. М. Докучаевой, Р. Е. Юрковой [32]. ²Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель / разработ.: В. Н. Шептухов, Т. В. Решетина, И. Г. Платонов, А. В. Мякокин, А. А. Жиров, А. Б. Беликов, М. Г. Лыков, И. И. Карманов, Б. А. Зимовец, Б. В. Виноградов, П. Н. Березин, И. И. Гудима. М., 1994. 31 с.					

Выводы. Оценка уровня деградации почв по различным показателям плодородия будет служить основой для принятия решений о проведении различных мероприятий, предотвращающих утрату почвенных ресурсов.

На основании проведенного анализа параметры оценки степени деградации орошаемых пашни и пастбищ сформированы в три группы, исходя из очередности их обнаружения:

- первичные (оценочные) показатели (сигнализируют о наличии процессов деградации);
- основные (дают представление о типе и уровне деградации);
- дополнительные (уточняют источник развития деградационных процессов и возможности выбора компенсационных действий), состав дополнительных показателей будет определяться в зависимости от основных показателей.

Выделены основные диагностические показатели и их градации, позволяющие с допустимой достоверностью установить уровень и вид и оценить причины деградации почв сельскохозяйственных земель.

Список источников

1. A 'debt' based approach to land degradation as an indicator of global change / D. Wuepper, P. Borrelli, P. Panagos, T. Lauber, T. Crowther, A. Thomas, D. A. Robinson // *Global Change Biology*. 2021, Nov. Vol. 27, iss. 21. P. 5407–5410. <https://doi.org/10.1111/gcb.15830>.
2. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство)» / под ред. Р. С.-Х. Эдельгериева. М.: Изд-во МБА, 2019. Т. 2. 476 с.
3. Gupta G. Sh. Land degradation and challenges of food security // *Review of European Studies*. 2019. Vol. 11, № 1. P. 63–72. <https://doi.org/10.5539/res.v11n1p63>.
4. Деградация и охрана почв / под общ. ред. Г. В. Добровольского. М.: Изд-во МГУ, 2002. 654 с.
5. *Methods for Assessment of Soil Degradation* / R. Lal, W. H. Blum, C. Valentine, B. A. Stewart. CRC Press LLC, 1997. 576 p.
6. Отечественные подходы к оценке степени деградации почв и земель / Э. Н. Молчанов, И. Ю. Савин, А. С. Яковлев, Д. С. Булгаков, О. А. Макаров // *Почвоведение*. 2015. № 11. С. 1394–1406.
7. Чупрова В. В., Кураченко Н. Л. Устойчивость почв к экзогенным воздействиям: учеб.-метод. пособие / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2018. 171 с.
8. Soil as a complex ecological system for meeting food and nutritional security /

F. C. Nunes, L. J. Alves, C. C. N. Carvalho, E. Gross, P. Majeti, T. de Marchi Soares // *Climate Change and Soil Interactions*. 2020. P. 229–269. DOI: 10.1016/B978-0-12-818032-7.00009-6.

9. Young A. Land degradation in South Asia: Its severity, causes, and effects upon the people / FAO, UNDP and UNEP. 1994. 81 p.

10. Бутовский Р. О. Деградация почв: современное состояние проблемы [Электронный ресурс] / Фонд «Устойчивое развитие». URL: <http://www.municipal-sd.ru/sites/default/files/butovsky-1-3.pdf> (дата обращения: 19.01.2022).

11. Good Practice Guidance. SDG Indicator 15.3.1. Proportion of land that is degraded over total land area / N. C. Sims, C. Green, G. J. Newnham, J. R. England, A. Held, M. A. Wulder, M. Herold, S. J. D. Cox, A. R. Huete, L. Kumar, R. A. Viscarra-Rossel, S. H. Roxburgh, N. J. McKenzie. 2017. 115 с.

12. Справочник по оценке почв: учеб. пособие / В. Ф. Вальков, Н. В. Елисеева, И. И. Имгрунт, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. Майкоп, 2004. 275 с.

13. Роль почв в оценке деградации земель (обзор) / Е. В. Цветнов, О. А. Макаров, А. С. Строков, О. Б. Цветнова // *Почвоведение*. 2021. № 3. С. 363–371. DOI: 10.31857/S0032180X21030163.

14. Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии. Т. 1. Теоретические и методические основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий: коллектив. моногр. М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. 756 с.

15. Шеин Е. В. Гранулометрический состав почв: проблемы методов исследования, интерпретации результатов и классификаций // *Почвоведение*. 2009. № 3. С. 309–317.

16. Современные физические индикаторы естественной и антропогенной трансформации структурного состояния почв / Е. Б. Скворцова, Е. В. Шеин, С. Н. Горобов, К. Н. Абросимов, А. В. Юдина, В. В. Клюева, К. А. Романенко, Д. С. Фомин, И. А. Валдес-Коровкин // *Почвы – стратегический ресурс России: тез. докл. VIII Съезда О-ва почвоведов им. В. В. Докучаева и Шк. молодых ученых по морфологии и классификации почв*. Сыктывкар, 2021. С. 47–48.

17. Final Government Distribution. Chap. 4: Land Degradation / L. Olsson [et al.]. 2019. 186 p.

18. Alam A. Soil degradation: A challenge to sustainable agriculture // *International Journal of Scientific Research in Agricultural Sciences*. 2014, Aug. 1(4). P. 50–55. DOI: 10.12983/ijrsas-2014-p0050-0055.

19. Зайдельман Ф. Р. Гидрологический фактор антропогенной деградации почв и меры ее предупреждения // *Генезис и экологические основы мелиорации почв и ландшафтов*. М.: КДУ, 2009. С. 672–685.

20. Зайдельман Ф. Р. Деградация мелиорированных почв России и сопредельных стран в результате изменения их водного режима и способы защиты. Воронеж: Кварта, 2014. 269 с.

21. Мелиорация засоленных почв и методы их изучения: учеб.-метод. пособие / авт.-сост.: Е. В. Каллас, Т. А. Марон. Томск: Изд. дом Том. гос. ун-та, 2018. 138 с.

22. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, О. Ю. Шалашова, Г. И. Табала; под ред. В. Н. Щедрина. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. 137 с.

23. Новикова А. В., Коваливнич П. Г. Диагностика солонцовых почв по характеру глинистой дифференциации // *Почвоведение*. 2011. № 8. С. 915–922.

24. Способы мелиорации орошаемых солонцовых почв: науч. обзор / Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, Т. В. Усанина, Т. П. Андреева, Е. В. Долина, Э. Н. Стратинская, О. Ю. Шалашова. Новочеркасск, 2011. 73 с.

25. Зонально-провинциальные нормативы изменений агрохимических, физико-химических и физических показателей основных пахотных почв европейской территории России при антропогенных воздействиях: метод. рекомендации / А. С. Фрид, И. В. Кузнецова, И. Е. Королева, А. Г. Бондарев, Б. М. Когут, В. Ф. Уткаева, Н. А. Азовцева; отв. ред. Н. Б. Хитров. М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2010. 176 с.
26. Дубовик Е. В., Дубовик Д. В. Влияние степени эродированности на содержание гумуса и его запасы в черноземе типичном на полярных склонах // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: сб. докл. науч.-практ. конф. Кур. отд-ния МОО «О-во почвоведов им. В. В. Докучаева». Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 2017. С. 129–131.
27. Система показателей агроэкологической оценки эродированных черноземов / Н. П. Масютенко, Г. П. Глазунов, А. В. Кузнецов, М. Н. Масютенко // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 11. С. 7–11.
28. Деградация земель и опустынивание в России: новейшие подходы к анализу проблемы и поиску путей решения / Г. Куст, Т. Кудерина, О. Андреева, Н. Тельнова, В. Лобковский, А. Мандыч, Ю. Бабина, А. Птичников, А. Золотокрылин, Т. Титкова, Е. Черенкова, А. Кухта, Е. Попова, С. Семенов, С. Костовска, Т. Нефедова, А. Дроздов, И. Волкова, А. Тишков, О. Морозова, Н. Соболев, О. Суховеева. М.: Перо, 2019. 235 с.
29. Изменение компонентного состава органического вещества макро- и микроагрегатов типичного чернозема под воздействием эрозионных процессов / З. С. Артемьева, Н. Н. Данченко, Н. П. Кириллова, Н. П. Масютенко, Е. В. Дубовик, А. В. Кузнецов, Б. М. Когут // Почвоведение. 2021. № 11. С. 1322–1331. DOI: 10.31857/S0032180X21110022.
30. Кузнецов М. С., Глазунов Г. П. Эрозия и охрана почв: учеб. для вузов. 3-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2019. 387 с.
31. Середина В. П., Спирина В. З. Показатели и методы оценки кислотно-основных и катионообменных свойств почв: учеб. пособие. Томск: Том. гос. ун-т, 2009. 130 с.
32. Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Грунтовая вода – критерий экологического состояния почв // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2019. № 1(01). С. 18–29. URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=10> (дата обращения: 19.01.2022).

References

1. Wuepper D., Borrelli P., Panagos P., Lauber T., Crowther T., Thomas A., Robinson D.A., 2021. A 'debt' based approach to land degradation as an indicator of global change. *Global Change Biology*, vol. 27, iss. 21, pp. 5407–5410, <https://doi.org/10.1111/gcb.15830>.
2. Edelgeriev R.S.-H., 2019. *Natsional'nyy doklad "Global'nyy klimat i pochvennyy pokrov Rossii: opustynivanie i degradatsiya zemel', institutsional'nye, infrastrukturnye, tekhnologicheskie mery adaptatsii (sel'skoe i lesnoe khozyaystvo)"* [National report "Global Climate and Soil Cover in Russia: Desertification and Land Degradation, Institutional, Infrastructural, Technological Adaptation Measures (Agriculture and Forestry)"]. Moscow, MBA Publ., vol. 2, 476 p. (In Russian).
3. Gupta G.Sh., 2019. Land degradation and challenges of food security. *Review of European Studies*, vol. 11, no. 1, pp. 63–72, <https://doi.org/10.5539/res.v11n1p63>.
4. Dobrovolsky G.V., 2002. *Degradatsiya i okhrana pochv* [Soil Degradation and Protection]. Moscow, Moscow State University Publ., 654 p. (In Russian).
5. Lal R., Blum W.H., Valentine C., Stewart B.A., 1997. *Methods for Assessment of Soil Degradation*. CRC Press LLC, 576 p.
6. Molchanov E.N., Savin I.Yu., Yakovlev A.S., Bulgakov D.S., Makarov O.A., 2015. *Otechestvennye podkhody k otsenke stepeni degradatsii pochv i zemel'* [National approaches to assessing the degree of soil degradation]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 11, pp. 1394–1406. (In Russian).

7. Chuprova V.V., Kurachenko N.L., 2018. *Ustoychivost' pochv k ekzogennym vozdeystviyam: uchebno-metodicheskoe posobie* [Soil Sustainability to Exogenous Impacts: textbook]. Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, 171 p. (In Russian).
8. Nunes F.C., Alves L.J., Carvalho C.C.N., Gross E., Majeti P., de Marchi Soares T., 2020. Soil as a complex ecological system for meeting food and nutritional security. *Climate Change and Soil Interactions*, pp. 229-269, DOI: 10.1016/B978-0-12-818032-7.00009-6.
9. Young A., 1994. Land degradation in South Asia: Its severity, causes, and effects upon the people. FAO, UNDP and UNEP, 81 p.
10. Butovsky R.O. *Degradatsiya pochvy: sovremennoe sostoyanie problemy* [Soil Degradation: the Current State of the Problem]. Fund “Sustainable Development”, available: <http://www.municipal-sd.ru/sites/default/files/butovsky-1-3.pdf> [accessed 19.01.2022]. (In Russian).
11. Sims N.C., Green C., Newnham G.J., England J.R., Held A., Wulder M.A., Herold M., Cox S.J.D., Huete A.R., Kumar L., Viscarra-Rossel R.A., Roxburgh S.H., McKenzie N.J., 2017. Good Practice Guidance. SDG Indicator 15.3.1. Proportion of land that is degraded over total land area. 115 p.
12. Valkov V.F., Eliseeva N.V., Imgrunt I.I., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., 2004. *Spravochnik po otsenke pochv: uchebnoe posobie* [Handbook of Soil Assessment: textbook]. Maykop, 275 p. (In Russian).
13. Tsvetnov E.V., Makarov O.A., Stokov A.S., Tsvetnova O.B., 2021. *Rol' pochv v otsenke degradatsii zemel' (obzor)* [The role of soils in land degradation assessment (review)]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 3, pp. 363-371, DOI: 10.31857/S0032180X21030163. (In Russian).
14. *Nauchnye osnovy predotvrashcheniya degradatsii pochv (zemel') sel'skokhozyaystvennykh ugodiy Rossii i formirovaniya sistem vosproizvodstva ikh plodorodiya v adaptivno-landshaftnom zemledelii. T. 1. Teoreticheskie i metodicheskie osnovy predotvrashcheniya degradatsii pochv (zemel') sel'skokhozyaystvennykh ugodiy: kollektivnaya monografiya* [Scientific Basis for Preventing Soil (Land) Degradation of Agricultural Lands in Russia and the Formation of Systems for the Reproduction of Their Fertility in Adaptive Landscape Agriculture. Vol. 1. Theoretical and Methodological Foundations for the Prevention of Soil (Land) Degradation of Agricultural Land: collective monograph]. Moscow, Soil Institute named after V.V. Dokuchaev of Russian Agricultural Academy, 2013, 756 p. (In Russian).
15. Shein E.V., 2009. *Granulometricheskii sostav pochv: problemy metodov issledovaniya, interpretatsii rezul'tatov i klassifikatsiy* [Particle-size distribution in soils: the problems of research methods, result interpretation, and classifications]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 3, pp. 309-317. (In Russian).
16. Skvortsova E.B., Shein E.V., Gorobov S.N., Abrosimov K.N., Yudina A.V., Klyueva V.V., Romanenko K.A., Fomin D.S., Valdes-Korovkin I.A., 2021. *Sovremennye fizicheskie indikatory estestvennoy i antropogennoy transformatsii strukturnogo sostoyaniya pochv* [Modern physical indicators of natural and anthropogenic transformation of the structural state of soils]. *Pochvy – strategicheskiy resurs Rossii: tez. dokladov VIII S"ezda obshchestva pochvovedov im. V. V. Dokuchaeva i Shkoly molodykh uchenykh po morfologii i klassifikatsii pochv* [Soils – a Strategic Resource of Russia: Abstract of Report of the VIII Congress of Soil Scientists Named after V.V. Dokuchaev and School of Young Scientists on Morphology and Classification of Soils]. Syktyvkar, pp. 47-48. (In Russian).
17. Olsson L. [et al.], 2019. Final Government Distribution. Chap. 4: Land Degradation. 186 p.
18. Alam A., 2014. Soil degradation: A challenge to sustainable agriculture. *International Journal of Scientific Research in Agricultural Sciences*, Aug., 1(4), pp. 50-55, DOI: 10.12983/ijrsas-2014-p0050-0055.
19. Zaidelman F.R., 2009. *Gidrologicheskiy faktor antropogennoy degradatsii pochv i*

mery ee preduprezhdeniya [Hydrological factor of anthropogenic soil degradation and measures of its control]. *Genezis i ekologicheskie osnovy melioratsii pochv i landshaftov* [Genesis and Ecological Bases of Soil and Landscape Reclamation]. Moscow, KDU Publ., pp. 672-685. (In Russian).

20. Zaidelman F.R., 2014. *Degradatsiya meliorirovannykh pochv Rossii i sosed'nykh stran v rezul'tate izmeneniya ikh vodnogo rezhima i sposoby zashchity* [Degradation of Reclaimed Soils in Russia and Neighboring Countries as a Result of Changes in Their Water Regime and Methods of Protection]. Voronezh, Quarta Publ., 269 p. (In Russian).

21. Kallas E.V., Maron T.A., 2018. *Melioratsiya zasolennykh pochv i metody ikh izucheniya: uchebno-metod. posobie* [Reclamation of Saline Soils and Methods of Their Study: textbook]. Tomsk, Tomsk State University, 138 p. (In Russian).

22. Shchedrin V.N., Balakay G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Shalashova O.Yu., Tabala G.I., 2017. *Rukovodstvo po kontrolyu i regulirovaniyu pochvennogo plodorodiya oroshaemykh zemel'* [Guidelines for Control and Regulation of Soil Fertility of Irrigated Lands]. Novocherkassk, RosNIIPM, 137 p. (In Russian).

23. Novikova A.V., Kovalivnich P.G., 2011. *Diagnostika solontsovykh pochv po kharakteru glinistoy differentsiatsii* [Diagnostics of solonetz soils according to clay profile differentiation]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 8, pp. 915-922. (In Russian).

24. Balakai G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Usanina T.V., Andreeva T.P., Dolina E.V., Stratinskaya E.N., Shalashova O.Yu., 2011. *Sposoby melioratsii oroshaemykh solontsovykh pochv: nauchny obzor* [Methods of Reclamation of Irrigated Solonchic Soils: scientific review]. Novocherkassk, 73 p. (In Russian).

25. Frid A.S., Kuznetsova I.V., Koroleva I.E., Bondarev A.G., Kogut B.M., Utkayeva V.F., Azovtseva N.A., 2010. *Zonal'no-provintsial'nye normativy izmeneniy agrokhimicheskikh, fiziko-khimicheskikh i fizicheskikh pokazateley osnovnykh pakhotnykh pochv evropeyskoy territorii Rossii pri antropogennykh vozdeystviyakh: metodicheskie rekomendatsii* [Zonal-provincial Standards for Changes in Agrochemical, Physicochemical and Physical Indicators of the Main Arable Soils of the European Territory of Russia under Anthropogenic Impacts: method. recommendations]. Moscow, Soil Institute named after V.V. Dokuchaev, 176 p. (In Russian).

26. Dubovik E.V., Dubovik D.V., 2017. *Vliyanie stepeni erodirovannosti na sodержание gumusa i ego zapasy v chernozeme tipichnom na polyarnykh sklonakh* [Influence of the degree of erosion on the content of humus and its reserves in typical chernozem on the polar slopes]. *Agroekologicheskie problemy pochvovedeniya i zemledeliya: sb. dokl. nauchno-prakticheskoy konferentsii Kurskogo otdeleniya MOO Obschestva pochvovedov imeni V. V. Dokuchaeva* [Agroecological Problems of Soil Science and Agriculture: Report of Scientific-Practical Conference of Kursk Department of the International Public Organization of Soil Scientists named after V.V. Dokuchaev]. Kursk, VNIIZiZPE, pp. 129-131. (In Russian).

27. Masyutenko N.P., Glazunov G.P., Kuznetsov A.V., Masyutenko M.N., 2016. *Sistema pokazateley agroekologicheskoy otsenki erodirovannykh chernozemov* [A system of indicators of agroecological assessment of eroded chernozems]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of APK], vol. 30, no. 11, pp. 7-11. (In Russian).

28. Kust G., Kuderina T., Andreeva O., Telnova N., Lobkovsky V., Mandych A., Babina Yu., Ptichnikov A., Zolotokrylin A., Titkova T., Cherenkova E., Kukhta A., Popova E., Semenov S., Kostovska S., Nefedova T., Drozdov A., Volkova I., Tishkov A., Morozova O., Sobolev N., Sukhoveeva O., 2019. *Degradatsiya zemel' i opustynivanie v Rossii: noveyshie podkhody k analizu problemy i poisku putey resheniya* [Land Degradation and Desertification in Russia: the Latest Approaches to the Analysis of the Problem and the Search for Solutions]. Moscow, Pero Publ., 235 p. (In Russian).

29. Artemyeva Z.S., Danchenko N.N., Kirillova N.P., Masyutenko N.P., Dubovik E.V.,

Kuznetsov A.V., Kogut B.M., 2021. *Izmenenie komponentnogo sostava organicheskogo veshchestva makro- i mikroagregatov tipichnogo chernozema pod vozdeystviem erozionnykh protsessov* [Change in the component composition of organic matter of macro- and micro-aggregates of typical chernozem under the influence of erosion processes]. *Pochvovedenie* [Soil Science], no. 11, pp. 1322-1331, DOI: 10.31857/S0032180 X21110022. (In Russian).

30. Kuznetsov M.S., Glazunov G.P., 2019. *Eroziya i okhrana pochv: uchebnik. dlya vuzov* [Soil Erosion and Protection: textbook]. 3rd ed., rev., Moscow, Yurayt Publ., 387 p. (In Russian).

31. Seredina V.P., Spirina V.Z., 2009. *Pokazateli i metody otsenki kislotno-osnovnykh i kationoobmennyykh svoystv pochv: uchebnoe posobie* [Indicators and Methods for Assessing the Acid-base and Cation-exchange Properties of Soils: textbook]. Tomsk, Tomsk State University, 130 p. (In Russian).

32. Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2019. [Groundwater as a criterion of ecological state of soils]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo*, no. 1(01), pp. 18-29, available: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=10> [accessed 19.01.2022]. (In Russian).

Информация об авторах

С. А. Манжина – старший научный сотрудник, кандидат технических наук, доцент;

Л. М. Докучаева – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук.

Information about the authors

S. A. Manzhina – Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

L. M. Dokuchayeva – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 03.02.2022; одобрена после рецензирования 12.04.2022; принята к публикации 12.04.2022.

The article was submitted 03.02.2022; approved after reviewing 12.04.2022; accepted for publication 12.04.2022.