

## ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 504.54.062.4

DOI: 10.15372/GIPR20220305

А.М. РУСАНОВ

Оренбургский государственный университет,  
460018, Оренбург, пр. Победы, 13, Россия, soilec@esoo.ru

### ЕСТЕСТВЕННАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ СТЕПНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ВОЛГО-УРАЛЬСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Установлено, что основной фактор сдерживания развития сельскохозяйственного производства России — это деградация почв агроландшафтов, в том числе черноземов — важнейшего природного ресурса страны. Сделан вывод, что главная причина ухудшения генетических свойств почв — это длительный период их экстенсивного использования. Проанализированы произошедшие на рубеже XX–XXI вв. изменения в политической и хозяйственной системах страны, затронувшие и сельское хозяйство, в ходе которых был взят курс на переход к интенсивному земледелию, к достижению максимальной урожайности на небольших площадях с высокобонитетными почвами. Для отработки приемов интенсивного земледелия в пределах черноземной полосы Урала возникла необходимость в предварительной реабилитации свойств почв. Это потребовало изучения процессов восстановления свойств деградированных черноземов, что и стало целью настоящего исследования. В качестве метода возобновления свойств почвы использован такой агроприем, как многолетняя залежь. Восстановление основных свойств чернозема осуществлялось одновременно с возобновлением видового состава растительности и включало в себя три этапа: стадию «молодой» залежи (после 5 лет с момента вывода из пашни), «средневозрастной» — 12 лет пребывания в залежи и «старовозрастной» — после 25-летнего периода восстановления свойств почв. В завершении каждого этапа исследован видовой состав фитоценозов и выполнено определение химических, биологических и физических свойств черноземов. Установлено, что в конце срока пребывания почв в залежи они практически полностью восстанавливают свои генетические свойства, в том числе и те, которые обеспечивают их плодородие. Таким образом, данный агроприем не требует для своего осуществления капитальных затрат и позволяет достигнуть поставленной цели.

**Ключевые слова:** восстановление чернозема, естественная растительность, 5-летняя, 12-летняя, 25-летняя залежи, фитоценоз, проективное покрытие почв, генетические свойства черноземов.

A.M. RUSANOV

Orenburg State University,  
460018, Orenburg, pr. Pobedy, 13, Russia, soilec@esoo.ru

### NATURAL REHABILITATION OF DEGRADED STEPPE CHERNOZEMS IN THE VOLGA-URAL INTERFLUVE AREA

*It has been established that the main factor hindering the development of agricultural production in Russia is soil degradation of agricultural landscapes, including chernozems — the country's most important natural resource. It is concluded that the chief reason behind the deterioration of the genetic properties of soils is a long period of their extensive use. The changes in the political and economic systems of the country that took place at the turn of the 20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> centuries also affected agriculture. A course was taken for the transition to intensive farming, for achieving maximum possible crop yields in small areas with high quality soils. To work out the methods of intensive farming within the chernozem belt of the Ural, it became necessary to preliminarily rehabilitate soil properties. In this regard, the study of the processes of restoration of the properties of degraded chernozems was the goal of this study. As a method of restoring soil properties, a largely forgotten agricultural method was used,*

*which is a long-term fallow. The restoration of the main properties of chernozem was carried out simultaneously with the recovery of the species composition of vegetation and included three stages: the stage of "young" fallow (5 years from the time of withdrawal from arable land), "middle-aged", or 12 years of stay in the fallow, and "old-age", after a 25-year period of restoration of soil properties. At the end of each stage, the species composition of phytocenoses was studied and the chemical, biological and physical properties of chernozems were determined. It has been established that at the end of the period of stay of soils in the state of fallow, they almost completely restore their genetic properties, including those that ensure their fertility. Thus this agricultural method does not require capital expenditures for its implementation and allows the relevant goal to be achieved.*

**Key words:** *chernozem restoration, natural vegetation, 5-year-old, 12-year-old and 25-year-old fallow, phytocenosis, projective soil cover, genetic properties of chernozems.*

## ВВЕДЕНИЕ

Территория, расположенная между Волгой и Уралом, простирается от Низкого Заволжья на западе и, постепенно повышаясь, соприкасается с предгорьями Урала на востоке. Ее современная поверхность характеризуется как равнинная и слабоволнистая, пересеченная невысокой холмисто-увалистой возвышенностью — Общим Сыртом — и многочисленными речными долинами и балками, пережившими продолжительный период развития. Центральная часть междуречья в географическом ряду зональности приурочена к степной зоне с типичным континентальным климатом с его холодной зимой, жарким и сухим летом и с присущей степям растительностью с преобладанием видов семейства злаковых (Gramineae) или мятликовых (Poaceae) [1]. Благоприятная совокупность природных условий предопределила формирование в пределах междуречья плодородных черноземов степных подтипов — обыкновенных и южных, что превратило его территорию в один из важных сельскохозяйственных регионов России, где основу производства составляет выращивание зерновых культур.

За длительный период пахотного использования черноземов междуречья не удалось избежать многих ошибок, отрицательно влияющих на природный потенциал данных почв. Одна из таких проблем — введение в пашню соседних эрозионно-опасных ландшафтов и маломощных почв («припашка»), в связи с чем значительные площади пахотных земель оказались в разной степени эродированными. Для борьбы с сорняками и вредителями сельскохозяйственных растений в отдельные годы применялись чрезмерно высокие дозы химических препаратов, что негативно отражалось на видовом составе и обилии почвенной биоты, на восстановление которой уходили годы; многолетнее использование тяжелой сельскохозяйственной техники вызвало ухудшение всего комплекса физических свойств черноземов, привело к переуплотнению подпахотного слоя и, как следствие, к снижению воздухо- и водопроницаемости; недостаток минеральных и биологических удобрений не обеспечивал запланированных урожаев и способствовал деградации гумусного состояния почв. В результате нарушились сложные динамические взаимодействия основных элементов экосистемы, в том числе органоминерального состава почв, их физических свойств, биологической активности. Кроме того, существовало неукоснительное правило — ежегодно засеивать всю имеющуюся в каждом сельхозпредприятии посевную площадь, а залежное земледелие было отнесено к разряду примитивного, что исключало возможность выполнения исследований и проведения мероприятий по восстановлению свойств нарушенных почв в условиях этого агроприема. При этом попытки за короткий срок искусственно восстанавливать способность черноземов сохранять свой гомеостаз не приводили к желаемым результатам, что выразилось в деградации их свойств и в нарушении функций в биосфере.

Политические, а затем и социально-экономические преобразования, произошедшие в России в конце прошлого века, во многом изменили уклад сельскохозяйственного производства. Одним из важных его результатов стало сокращение площади ежегодно обрабатываемой пашни. В 1992–1995 гг. на территории междуречья из оборота были выведены более 0,5 млн га деградированных земель с последующим переводом их в многолетнюю залежь. Тем самым впервые с периода подъема целинных и залежных земель (1954–1962 гг.) в регионе сложились условия для проведения длительного эксперимента по изучению процесса естественного восстановления деградированных степных агроландшафтов, в первую очередь таких его компонентов, как естественная растительность и черноземы. Помимо научного, такие исследования имеют важное эколого-экономическое значение, связанное с взятым курсом на интенсификацию аграрного сектора экономики [2–4].

В задачи настоящей работы впервые для региона входило поэтапное изучение процессов восстановления основных свойств почв, выведенных из активного использования, вплоть до выявления их сходства с целинными аналогами. Каждый этап восстановления черноземов сопровождался формированием в границах экспериментального участка определенной растительной ассоциации на

первых стадиях и образованием растительных формаций — на завершающих. Одновременно смена растительности принималась за косвенный показатель изменения почвенных диагностических признаков.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования послужили черноземы обыкновенные, мало- и среднемощные, глинистые и тяжелосуглинистые, расположенные на выровненной левобережной высокой террасе р. Самары. Почвообразующими породами стали аллювиальные суглинистые отложения — четвертичная осадочная порода, характерная для территории региона. На момент начала работ (1996 г.), судя по сохранившимся архивным данным, пахотное поле находилось в эксплуатации не менее 100 лет и далее пять лет пребывало в состоянии так называемой молодой залежи. Остальные этапы работы были связаны с различными фазами восстановления естественной степной растительности и свойств почв.

Описание видового состава растительности выполнялось по методике Раменского [5], определение содержания общего гумуса осуществлялось по методу Тюрина [6]. При изучении физических свойств почв применялись общепринятые методы [7]. С целью определения биологической активности почв использовался метод аппликаций [8].

В степной зоне России, в том числе на Урале, был выполнен ряд исследований, посвященных вопросам восстановления свойств черноземов различными методами, которые также были тщательно изучены в ходе работы. Так, в работе Я.Т. Суюндукова с соавторами [9] рассматривается роль искусственной фитомелиорации в воспроизводстве плодородия черноземов и приводятся некоторые положительные результаты практического использованного предложенного авторами метода. Э.Ф. Сальманова в своем исследовании показала возможность ускоренного восстановления агрофизических свойств черноземов Зауралья при использовании метода «агростепей» [10]. Работа Л.А. Сеньковой посвящена использованию орошения в целях восстановления естественной растительности и возобновления свойств деградированных черноземов [11]. Ранее выполненные в степной зоне Урала исследования подтверждают ведущую роль восстановления естественной растительности деградированных пастбищных экосистем в возобновлении свойств черноземов [12]. Коллективом авторов разработаны рекомендации по сохранению и расширенному воспроизводству плодородия черноземов Центрально-Черноземной зоны [13].

Этот далеко не полный список результатов исследований по восстановлению черноземных почв России свидетельствует о важности темы возобновления и сохранения свойств почв (в первую очередь черноземов), поскольку от ее решения зависит экономическая и продовольственная независимость страны. Особо необходимо отметить многообразие подходов к решению обсуждаемой проблемы и географию выполненных исследований, что, как правило, приводит к достижению поставленной цели.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование биогеоценоза на этапе молодой залежи (до 5 лет после вывода из пашни) дало следующие результаты. Формирование естественного растительного покрова на бывшей пашне носило бессистемный характер и зависело от наличия на определенном участке фрагментов вегетативных органов ранее произраставших растений и семян сорных трав, оставшихся от пахотного использования массива или занесенных ветром с соседних сбитых пастбищ. В связи с этим травостой еще не образовал ареалов синтаксономических групп растений с их четкими границами. В геоботаническом отношении территория на тот момент представляла собой бурьянистую залежь, среди которой наибольшее распространение получили травы семейства сложноцветных (Compositae) рода полынь (*Artemisia*), в том числе полынь австрийская (*Artemisia austriaca* L.), полынь обыкновенная (*A. vulgaris* L.), полынь горькая (*A. absinthium* L.) и др. В фитоценозах также присутствовали ежовник обыкновенный (*Echinochloa crusgalli* L.), бодяк полевой (*Cirsium arvense* L.), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.), молокан татарский (*Lactuca tatarica* L.), горошек мышиный (*Vicia cracca* L.), пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa pastoris* L.), цикорий обыкновенный (*Cichyrium intybus* L.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.). Единично присутствуют кустарники: чилига (*Caragana arborescens* L.), спирея городчатая (*Spiraea crenata* L.). В целом состав флоры был представлен 40–50 видами, что подтверждается результатами аналогичных исследований [14]. Средняя высота травостоя не превышала 20–25 см, а его проективное покрытие отличалось неравномерностью и суммарно не превышало 20 %. Вес ежегодно образующейся массы растений, представляющей собой основной источник

формирования органического вещества почв — гумуса, в воздушно-сухом состоянии оказался равным 9–13 ц/га, что косвенно указывает на низкую динамику процессов гумусообразования.

Свойства почв на тот период имели следующие показатели. Биологическая активность черноземов, судя по убыли льняной ткани, помещенной в почву на две недели на глубину 20 см, составила 28 %. Среднее содержание гумуса составляло 3,8–4,5 %. Водоустойчивость почвенной структуры не превышала 33–38 %, а среднее значение скорости водопроницаемости составило 60 мм/ч. Оба показателя физического свойства почв, согласно классификации Н.А. Качинского [15], соответствовали удовлетворительному уровню признаков. Следует отметить, что скорость водопроницаемости чернозема на этапе молодой залежи не отличалась стабильностью. Ее показатели варьировали в широких пределах (46–65 мм/ч), что «унаследовано» от периода пахотного использования опытного поля, когда на его разных фрагментах формировались участки с различной плотностью почв пахотного и подпахотного слоя, так называемой плужной подошвы, где плотность твердой фазы черноземов достигала 1,32 г/см<sup>3</sup> и более. Средний же показатель плотности верхнего слоя почв (0–20 см) составил 1,22 г/см<sup>3</sup>, что позволяет отнести его к категории уплотненных.

Очередной этап исследования пришелся на период, когда залежь достигла средневозрастного (более 12 лет) уровня. Отмеченные изменения, произошедшие в видовом составе травянистой растительности за прошедшие 7–9 лет, связаны с заметным возрастанием доли видов типичного для степи семейства злаковых (Gramineae). Разнотравно-типчачковая ассоциация имела следующий видовой состав. Верхний ярус травостоя слагали как плотнокустовые злаки (ковыль-волосатик (*Stipa capillata* L.), ковыль Лессинга (*S. lessingiana* L.), типчак (*Festuca valesiaca* L.)), так и рыхлокустовые (ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.), житняк гребенчатый (*Agropyron cristatum*), овсяница луговая (*Festuca pratensis* L.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L.)). Заметная роль в растительных ассоциациях принадлежала видам семейств бурачниковых (Boraginaceae), норичниковых (Scrophulariaceae), лютиковых (Ranunculaceae) и губоцветных (Labiatae), образующим, как правило, второй — нижний — ярус. Видовой состав флоры, включая единично представленные, насчитывал более 60 видов. Проективное покрытие двухъярусного фитоценоза достигло 45–55 %. Вес ежегодно производимой сухой фитомассы составил 21,8–23,3 ц/га.

Преобладание в составе фитоценоза трав семейства злаковых значительно повлияло на экологическое состояние черноземов. Густая мочковатая структура корневых систем видов этого семейства обеспечила верхний генетический горизонт почвы незаменимым материалом для образования гумуса. Не менее важно и то, что корни злаков, густо пронизывая тонкими корневыми волосками всю массу почв на глубину до 30–35 см и разлагаясь под влиянием биохимических процессов, оставляют после себя сеть почвенных капилляров. Последняя обеспечивает оптимальный водно-воздушный режим верхнего горизонта черноземов — существенное условие для процесса образования органического вещества почв и активности почвенной биоты и тем самым создает благоприятные возможности для роста и развития почвенных микроорганизмов и беспозвоночных животных. Кроме того, именно в ризосфере с наибольшей активностью происходят процессы восстановления структурного состояния почв [18, 19].

Свойства черноземов на этапе средневозрастной залежи соответствовали следующим значениям. Биологическая активность почв возросла до 34 %. Содержание гумуса составило 4,8–5,3 %. Показатели устойчивости структурных отдельностей к влаге (55 %), как и скорость водопроницаемости почв (75–90 мм/ч), соответствовали хорошим уровням признаков. Плотность черноземов в горизонте А оказалась оптимальной — не более 1,15 г/см<sup>3</sup>. Таким образом, после 12-летнего пребывания агроландшафта в залежном режиме обыкновенный чернозем не достиг высоких показателей своих генетических свойств, в связи с чем эксперимент был продолжен.

Последний этап работ на опытном ландшафте проводился уже на старовозрастной 25-летней залежи. Ее главным экологическим признаком стало доминирование в растительных сообществах плотнокустовых видов семейства злаковых (Gramineae) в составе типчачково-ковыльного и ковыльно-го фитоценозов, в которых доминировали типчак (*Festuca valesiaca* L.), ковыль-волосатик (*Stipa capillata* L.), ковыль красивейший (*S. pulcherrima* C. Koch), мятлик узколистный (*Poa angustifolia* L.), ковыль Лессинга (*S. lessingiana* L.). В составе ассоциации присутствовали также тонконог гребенчатый (*Koeleria cristata* L.), мятлик луковичный (*P. bulbosa* L.), острец ветвистый (*Leymus ramosus* L.). Если растения семейства злаковых формировали верхний ярус фитоценозов, то второй ярус слагался из представителей семейств астровых (Asteraceae), бобовых (Fabaceae), осоковых (Cyperaceae), маревых (Chenopodiaceae) и лютиковых (Ranunculaceae), среди которых своим обилием отличаются шалфей (*Salvia tesquicola* L.), астрагал песчаный (*Astragalus arenarius* L.), люцерна синяя (*Medicago sativa* L.). Спорадически

на почве отмечены лишайники семейств пармелиевых (Parmeliaceae) и леканоровых (Lecanogaceae), а также водоросли семейств плеврохлоровых (Pleurochloridaceae) и осцилляториевых (Oscillatoriaceae), фрагментарно образуя тем самым третий — наземный — ярус.

Показатель проективного покрытия фитоценоза на этой стадии возобновления составил 75–85 %, а на отдельных участках — 90 %. Список зарегистрированных растений включал 82 вида, а вес производимой растительной органики в воздушно-сухом состоянии достиг максимальных величин — 28,6–31,3 ц/га.

Проективное покрытие в фитоценологии представляет собой важный показатель обилия растений. С целью его измерения, помимо процентного отношения, применяются балльные шкалы. Пример такой апробированной шкалы — шкала Б.М. Миркина [16]. В ее основу положена пятибалльная градация проективного покрытия фитоценозов. Применительно к полученным результатам исследования покрытие фитоценоза молодой залежи оценивается в три балла (15–25 %), средневозрастной — в четыре (25–50 %), а покрытие вегетативными органами растений поверхности почв на старовозрастной залежи соответствует максимальным для целинной степи пяти (50–100 %) баллам.

На основании полученных результатов исследований можно сделать заключение, что по геоботаническим показателям старовозрастная залежь соответствует целинным аналогам в сравнимых условиях ландшафта. Вместе с тем нельзя аналогично судить о видовом обилии флоры бывшего залежного массива, так как, по имеющимся данным [17], его видовой состав в пределах степной зоны Урала может состоять из более чем 120 видов высших сосудистых растений. Полное восстановление видового состава травянистых растений нуждается, вероятно, в более длительном временном отрезке.

Исследование свойств почв экспериментального участка на этапе 25-летней залежи выявило следующие показатели их генетических признаков: биологическая активность чернозема оказалась равной 37–40 %, содержание гумуса достигло 5,5–6,2 %, плотность почв составила 1,09–1,11 г/см<sup>3</sup>, что позволяет отнести ее к типичной свежеспаханной почве; водоустойчивость структуры равнялась 53–72 %, а скорость водопроницаемости достигла 88–95 мм/ч (оба показателя соответствуют хорошим и высоким уровням признаков).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ полученных данных по содержанию органического вещества исследуемого чернозема, а также по его важнейшим физическим свойствам дает основание считать, что на уровне старовозрастной залежи почва по своим химическим, физическим и биологическим показателям достигла типичных для степных черноземов уровней признаков. Следовательно, можно заключить, что чернозем обыкновенный под влиянием биологического фактора (естественной растительности) и времени в основном восстановил свои генетические свойства, утраченные под влиянием длительного периода нерационального сельскохозяйственного использования. Принимая во внимание, что возобновление степных фитоценозов и реабилитация свойств чернозема в условиях залежи происходят одновременно и однонаправленно, показатели видового состава и геоботанических характеристик растительных ассоциаций можно использовать в качестве косвенного диагностического признака уровня реабилитации черноземов.

Оценивая роль каждого этапа в естественном возобновлении травянистых растительных ассоциаций и свойств черноземов, следует особо отметить период средневозрастной залежи. Именно в этот временной отрезок естественная растительность вновь обрела свойственные для степи видовой состав и объем ежегодно производимой фитомассы, а почвы по своим биологическим, химическим и физическим свойствам стали соответствовать черноземному типу почвообразования. В связи с этим после 12-летнего периода восстановления почв и степной растительности допускается использование агроландшафта в качестве естественных пастбищ при ежегодном начале пастбищного периода после завершения фазы созревания семян дикорастущих трав, прежде всего семейства злаковых, и при соблюдении умеренного выпаса скота.

При завершении 25-летнего периода реабилитации почв дальнейшее использование агроландшафта в сельскохозяйственном производстве целесообразно осуществлять в системе адаптивно-ландшафтного земледелия, основанного на максимальном учете экономических и экологических требований к современному агропроизводству. При этом особое значение приобретает осуществление постоянного контроля за экологическим состоянием почв, от которого в первую очередь зависит экономическая эффективность всего сельскохозяйственного производства в части растениеводства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Блохин Е.В.** Экология почв Оренбургской области. — Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1977. — 228 с.
2. **Тишков А.А.** Экологическая реставрация нарушенных степных экосистем // Вопросы степеведения. — Оренбург: Изд-во Ин-та степи УрО РАН, 2000. — С. 47–62.
3. **Кирюшин В.И.** Агрономическое почвоведение. — СПб.: ООО «Квадро», 2013. — 678 с.
4. **Brady N.C., Weil R.R.** The Nature and Properties of Soils, 13th ed. — New Jersey: Upper Saddle River, 2002. — 960 p.
5. **Раменский Л.Г.** Введение в комплексное почвенно-ботаническое обследование земель. — М.: Сельхозгиз, 1938. — 478 с.
6. **Тюрин И.В.** Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии. — Л.: Сельхозгиз, 1937. — 268 с.
7. **Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.** Методы исследования физических свойств и грунтов. — М.: Агропромиздат, 1986. — 256 с.
8. **Востров Н.С., Петрова А.Н.** Определение биологической активности почв различными методами // Микробиология. — 1961. — Т. 30. — С. 665–672.
9. **Суюндуков Я.Т., Миркин Б.М., Абдуллина М.Р., Хасанова Г.Р., Сальманова Э.Ф.** Роль фитомелиорации в воспроизводстве плодородия черноземов Зауралья (Башкирия) // Почвоведение. — 2007. — № 10. — С. 1217–1225.
10. **Сальманова Э.Ф.** Ускоренное восстановление агрофизических свойств черноземов Зауралья при использовании метода «агростепей»: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Сибай: Печатный центр «Заурал-полиграфия», 2008. — 34 с.
11. **Сенькова Л.А.** Состояние почв агроландшафтов Южного Урала и пути их рационального использования: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Тюмень: Печатный цех «Ризограф» Тюмен. аграр. акад. союза, 2009. — 36 с.
12. **Русанов А.М.** Восстановление естественной растительности и экологических функций засушливых степей Предуралья // Экология. — 2014. — № 4. — С. 243–249.
13. **Трусов В.И., Новичихин А.М., Гармашов В.М., Богатых О.А., Чеканьшин А.С., Бепалов В.А., Пискарева Л.А.** Рекомендации по сохранению и расширенному воспроизводству плодородия черноземов ЦЧЗ // Каменная степь. — 2019. — 30 с.
14. **Ледовский Н.В., Абаймов В.Ф., Ходячих И.Н.** Геоботаническая характеристика залежной растительности сухостепной зоны Южного Урала // Изв. Оренбург. аграр. ун-та. — 2012. — № 5. — С. 22–24.
15. **Шейн Е.В., Карпачевский Л.О.** Толковый словарь по физике почв. — М.: ГЕОС, 2003. — 126 с.
16. **Миркин Б.М.** Теоретические основы современной фитоценологии. — М.: Наука, 1985. — 137 с.
17. **Петрова Г.В., Абаймов В.Ф., Грошев И.В., Панина Г.А.** Мониторинг растительного покрова разновозрастных залежей Южного Урала // Материалы V Междунар. симп. «Степи Северной Евразии». — Оренбург: ИПК «Газпромпечатъ», 2009. — С. 537–540.
18. **Six J., Paustian K., Elliott E.T., Combrink C.** Soil structure and organic matter // Soil Sci. Soc. Am. Journ. — 2000. — Vol. 64. — P. 681–689.
19. **Soil Physical measurements and interpretation for Land evaluation / N. McKenzie, K.J. Nail, H.P. Coughlan // Australian Soil and Land Survey Handbook Series. — Hardbound: CSIRO Publishing, 2002. — Vol. 5. — 379 p.**

*Поступила в редакцию 16.04.2021*

*После доработки 07.02.2022*

*Принята к публикации 29.03.2022*