



УДК 911.8:631.434.1

DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-3-441-452

Геозэкологическая оценка состояния почв сельскохозяйственных ландшафтов: перспективные подходы и показатели

¹Новых Л.Л., ²Елисеева Н.В., ³Слюсаренко Э.Е.

¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

²Академия маркетинга и социально-информационных технологий – ИМСИТ,
Россия, 350016, Краснодар, ул. Зиповская, 5

³Филиал Адыгейского государственного университета,
Россия, 352635, Краснодарский край, г. Белореченск, ул. 8 Марта, 57/1
E-mail: novykh@bsu.edu.ru

Аннотация. Рассмотрены перспективы осуществления геозэкологической оценки почв сельскохозяйственных территорий. Сформулированы основные геозэкологические проблемы для территорий с развитым сельским хозяйством, предложен комплекс оценочных критериев и показателей для осуществления оценки. Показана необходимость учета качества структуры почв для определения ее деградации. В почвах Белгородской области и Краснодарского края определены особенности структуры; показано, что содержание агрономически ценных фракций и водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм может служить основой для проведения геозэкологической оценки по определению уровня деградации физического состояния почвы. Различия в оценках деградации водостойчивости структуры связаны с развитием процесса оглеения.

Ключевые слова: геозэкологическая оценка, оценочные показатели, Белгородская область, Краснодарский край, слитые почвы, структура почвы, оглеение

Для цитирования: Новых Л.Л., Елисеева Н.В., Слюсаренко Э.Е. 2024. Геозэкологическая оценка состояния почв сельскохозяйственных ландшафтов: перспективные подходы и показатели. Региональные геосистемы, 48(3): 441–452. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-441-452

Geocological Assessment of Soil Conditions in Agricultural Landscapes: Perspective Approaches and Indicators

¹Larisa L. Novykh, ²Natalya V. Eliseeva, ³Elvira E. Slyusarenko

¹Belgorod State National Research University,
85 Pobedy St., Belgorod 308015, Russia

²Academy of Marketing and Social and Information Technologies – IMSIT,
5 Zipovskaya St., Krasnodar 350016, Russia

³Branch of Adygea State University,
57/1 8 Marta St., Belorechensk, Krasnodar Territory, 352635, Russia
E-mail: novykh@bsu.edu.ru

Abstract. The aim of the study was comprehensive: on the one hand, – consideration of the features of the geo-ecological assessment of soils used in agricultural production and the main approaches to the methodology for such assessment; on the other hand, – defining indicators of the structural and aggregate composition of the soil and water resistance of the structure, which can be used as indicators of the degree of physical degradation of soils. As a result, we considered the perspectives for the implementation of the geo-ecological assessment of soils in agricultural areas. The main geo-ecological problems for territories



with developed agriculture were formulated, a set of assessment criteria and indicators was proposed. The need of taking into account the quality of soil structure to determine its degradation was shown. Various soils have been studied in the Belgorod region (typical virgin and arable chernozems and meadow-chernozemic soils), as well as merged soils of the Krasnodar Territory (gray forest soils, chernozems, rice soils), and the features of their structure have been determined. It has been shown that the content of agronomically valuable fractions and water-resistant aggregates larger than 0.25 mm can serve as the basis for a geo-ecological assessment to determine the level of degradation of the physical state of the soil. Differences in the estimates of the water resistance degradation of the structure are associated with the development of the gluing process.

Keywords: geo-ecological assessment, estimated indicators, Belgorod region, Krasnodar Territory, merged soils, soil structure, gluing

For citation: Novykh L.L., Eliseeva N.V., Slyusarenko E.E. 2024. Geocological Assessment of Soil Conditions in Agricultural Landscapes: Perspective Approaches and Indicators. *Regional Geosystems*, 48(3): 441–452 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-441-452

Введение

Одним из актуальных направлений исследований природных комплексов и их компонентов является оценка состояния для выделения антропогенной составляющей и определения последствий изменений на фоне природных процессов. В связи с этим растет внимание к геоэкологической оценке отдельных компонентов природной среды, в том числе почв [Пашков, Закирина, 2019; Зеленская, Маринина, 2021; Bayrakov, 2022]. Из-за продолжающегося формирования геоэкологической науки ряд аспектов ее содержания уточняется и развивается. В связи с этим не все авторы разделяют точку зрения о необходимости геоэкологической оценки отдельных компонентов. Так, по мнению [Белозерский, Дмитриев, 2007, с. 20], «...геоэкология не сводима к исследованию какой-либо одной из геоболочек планеты».

Разработка понятия геоэкологической оценки представлена в работе [Дмитриев и др., 2016]. Такая оценка включает геоэкологическую регламентацию и геоэкологическое нормирование.

Почва, вследствие ее важной роли в поддержании устойчивости биосферы и обеспечении населения продовольствием, постоянно привлекает внимание ученых, проводящих оценку. Этому посвящены и статьи [Дубровина, 2018; Ильинская, 2019; Онищенко и др., 2021], и объемные монографии [Богатырев и др., 2017]. По нашему мнению, геоэкологическая оценка элементов педосферы возможна, т. к. она включает не только изучение почв, но и исследование фрагментов других геоболочек планеты (атмосферы, гидросферы, литосферы, биосферы), а также антропогенного пресса на почвы той или иной территории. В то же время требуют уточнения вопросы соотношения хорошо разработанной и активно используемой агроэкологической оценки почв с обсуждаемой геоэкологической, а также отбор параметров для проведения такой оценки.

Геоэкологическая оценка почв проводится достаточно давно, но до недавнего времени, а зачастую и сейчас, она называется экологической, что вполне объяснимо, исходя из временных рамок развития геоэкологии: термины «экологическое состояние», «экологическая оценка» употреблялись значительно раньше, в то время как геоэкология окончательно сформировалась внутри географии в начале 1990-х годов [Белозерский, Дмитриев, 2007]. В работах [Яковлев и др., 2009; Терехова и др., 2014] рассматриваются элементы геоэкологической оценки, хотя исследования заявлены как экологическая оценка почв.

«Исторически люди привыкли характеризовать свое воздействие на окружающую природу как загрязнение последней» [Белозерский, Дмитриев, 2007, с. 20]. В связи с такой

«привычкой» геоэкологическая оценка почв прежде всего стала развиваться там, где наблюдается интенсивное загрязнение, т. е. в районах воздействия промышленности, транспорта, городов [Басова и др., 2010; Sukiasyan, Kirakosyan, 2020; Novikova, 2023]. При этом результаты исследований сами авторы справедливо называют эколого-геохимической оценкой [Серета и др., 2018].

Цель исследования включала рассмотрение особенностей геоэкологической оценки почв, используемых в сельскохозяйственном производстве, и основных подходов к методике такой оценки, а также определение показателей структурно-агрегатного состава почвы и водоустойчивости структуры, которые могут быть использованы в качестве индикаторов физической деградации почв.

Объекты и методы исследования

В основу геоэкологической оценки почв нами были положены принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния территорий, разработанные И.С. Копыловым [2011]. На современном этапе основной задачей является определение оценочных показателей и разработка шкал оценок.

Объектами изучения послужили некоторые почвы двух регионов России (Краснодарского края и Белгородской области), местоположение которых на территории России показано на рис. 1. Общими особенностями регионов является повышенная антропогенная нагрузка, связанная с сельскохозяйственным производством: земли сельскохозяйственного назначения занимают в Белгородской области более 70 % территории, а в Краснодарском крае – около 62 %.

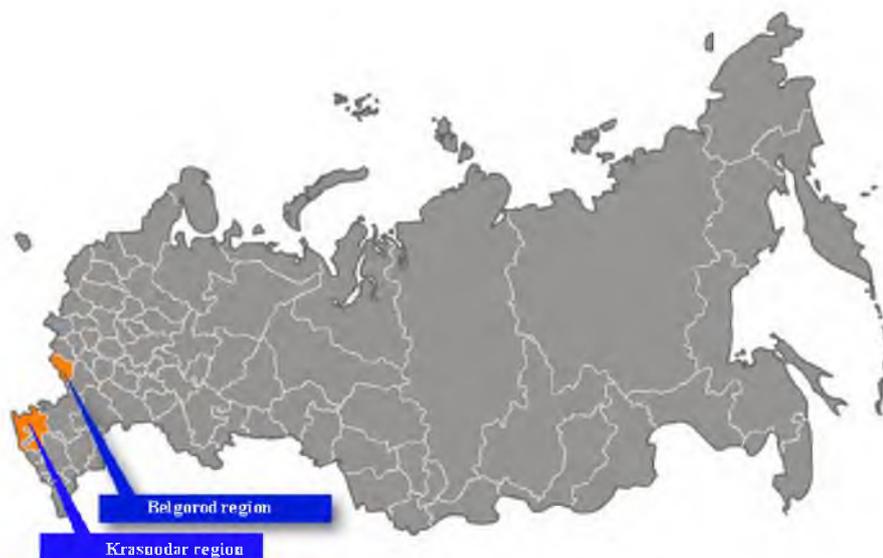


Рис. 1. Регионы России, где проводились исследования [Novykh et al, 2022]
Fig. 1. Regions of Russia where studies were conducted [Novykh et al, 2022]

Выбор разнообразных почв для исследования обусловлен необходимостью характеристики почв с разным уровнем оценки. В Белгородской области изучены целинный и пахотный варианты чернозема типичного и лугово-черноземной почвы. Целинный вариант чернозема исследован на территории заповедного участка «Ямская степь», остальные объекты – на территории Белгородского района.

В Краснодарском крае изучение почв проводилось на территории Белореченского района (изучены серые лесные глеевые почвы и слитые черноземы) и на участке рисовой оросительной системы (пос. Белозерный в Прикубанском внутригородском округе города Краснодара). Здесь исследовались так называемые рисовые почвы. Термин не входит в официальную классификацию почв Краснодарского края, но кубанские почвоведы широ-



ко используют такое название, что обусловлено значительной трансформацией всех свойств почв вследствие конвергенции под влиянием периодического затопления, т. е. при длительном использовании под посевы риса исходные разные почвы приобретают общие черты.

Характеристика некоторых изученных участков представлена в работах [Novykh et al., 2021; 2022]. Определение структурно-агрегатного состава почв и водоустойчивости структуры проводилось по методике Н.И. Саввинова. Определены содержание глыб (агрегаты размером более 10 мм), пыли (агрегаты размером менее 0,25 мм), агрономически ценных фракций (АЦФ, агрегаты размером от 0,25 до 10 мм). По их значениям рассчитывали коэффициент структурности. При анализе водоустойчивости определяли содержание водопрочных агрегатов размером $> 0,25$ мм и коэффициент водоустойчивости.

Анализ публикаций показывает, что критерии разделения фракций по размерам у разных авторов различаются. Так в работе [Лисецкий, Зеленская, 2022] авторы, вслед за И.Б. Ревутом, относят к фракции глыб агрегаты размером более 7 мм, тогда агрономически ценной фракцией являются агрегаты размером от 7 до 0,25 мм, что повлияет на оценку структуры. Нами использованы традиционные представления о размерах глыбистой фракции более 10 мм, т. к. такие значения встречаются в литературе чаще и представлены в предлагаемых оценочных шкалах [Теории и методы..., 2007].

Параметры для оценки полученных результатов представлены в работах [Novykh et al., 2021, 2022].

Статистическая обработка результатов включала проведение кластерного анализа методом ближайшего соседа с одиночной связью; в качестве меры близости было выбрано евклидово расстояние. Анализ проводили в программе *Statistica 10.0*.

Результаты и их обсуждение

Анализ ситуации при разном типе использования территории показывает, что на участках промышленного освоения или городской застройки основными педоэкологическими проблемами являются загрязнение почв или прямое уничтожение почвенного покрова. С этим связано направление геоэкологической оценки таких территорий. На участках сельскохозяйственного использования выделяются иные геоэкологические проблемы:

- снижения плодородия почвы, вследствие длительной эксплуатации территории;
- деградации физического и химического состояния почвы вследствие эрозии или обработки почвы, что обусловлено господством склонового типа рельефа в Белгородской области, распространением некоторых изучаемых почв в предгорных районах Краснодарского края и длительным сельскохозяйственным использованием;
- загрязнения почв веществами, поступающими с удобрениями и мелиорантами.

Для характеристики выделенных проблем комплекс оценочных критериев и показателей должен включать следующие группы:

- 1) основные агрохимические показатели для оценки плодородия почвы;
- 2) показатели физического состояния почвы для оценки его деградации;
- 3) содержание микроэлементов-загрязнителей (тяжелых металлов) и иных веществ (остаточных количеств пестицидов), загрязняющих почву.

Выделение основных агрохимических показателей казалось простым вопросом, т. к. в регионах утверждены законы «Об обеспечении плодородия земель сельскохозяйственного назначения» [Об обеспечении..., 2005; Об обеспечении..., 2020]. Мы полагали, что в этих законах даны перечни основных показателей плодородия почв, которые должны быть близки, т. к. в обоих регионах господствующим типом почв являются черноземы. Но оказалось, что в Белгородской области к показателям плодородия почв, в соответствии с указанными законами, относят 5 параметров (содержание органического вещества в пахотном горизонте, кислотность в кислых почвах, щелочность в щелочных почвах, содер-

жание подвижного фосфора, содержание обменного калия), а в Краснодарском крае число таких показателей возрастает до 11, т. к. к названным выше добавляются: содержание подвижной серы, микроэлементов, остаточного количества пестицидов, тяжелых металлов, нитрификационная способность почв, показатели радиологической безопасности.

Таким образом, перечень показателей плодородия почв в Законе Краснодарского края шире. В то же время в обоих документах плодородие почв оценивается только по их химическим свойствам, физические свойства почв и их влияние на плодородие игнорируются. С этим нельзя согласиться, т. к. «плодородие почвы – это способность почвы удовлетворять потребность конкретных растений в элементах питания, воде, обеспечивать их корневые системы воздухом и теплом» [Вальков и др., 2002, с. 539], т. е. без оптимальных физических свойств поддержание плодородия почв невозможно, т. к. благоприятный водный и воздушный режимы почвы обеспечивает ее структура.

Поэтому при геоэкологической оценке почв необходимо рассмотрение ее важнейших физических свойств, позволяющих судить о физической деградации почв. Однако встает вопрос о выборе показателей. Этот вопрос до сих пор не решен в рамках агроэкологической оценки почв, т. к. разными авторами предлагается широкий спектр агрофизических показателей, включающих гранулометрический состав, объемную массу, коэффициент структурности, количество водпрочных агрегатов, твердость и др. На основании опыта изучения агрофизических свойств почв в исследуемых регионах считаем, что наглядными параметрами, отражающими физическое состояние почвы, является ее структурно-агрегатный состав и водоустойчивость структуры.

Для характеристики разнообразия структуры ниже представлены дендрограммы распределения исследуемых почв по некоторым показателям. На рис. 2 показано распределение изученных почв по результатам «сухого» просеивания почвы: содержанию глыб, пыли и АЦФ. Буквы Б и К показывают регион, к которому относится данная почва. Название типа почвы, угодья, где она развита, а также генетического горизонта представлено ниже (см. табл. 2).

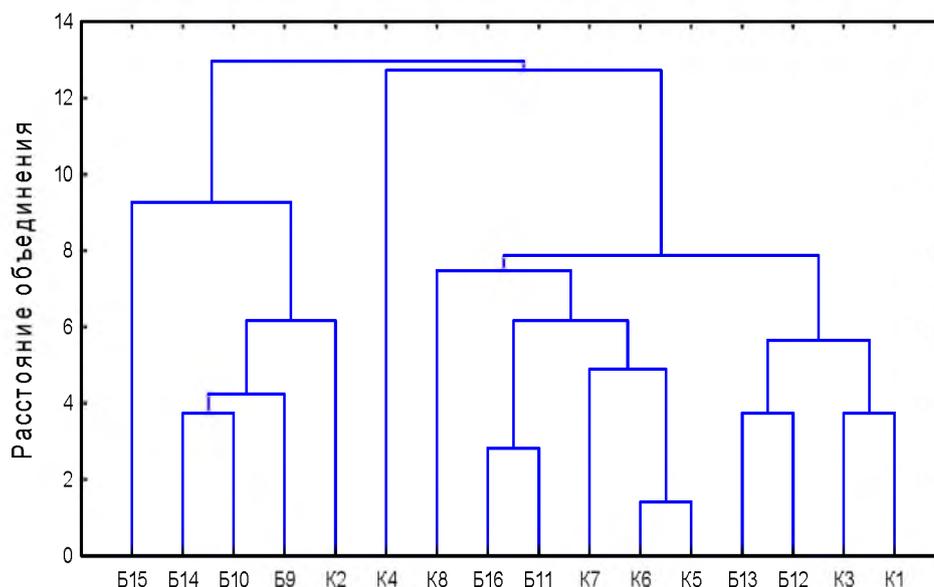


Рис. 2. Дендрограмма распределения изученных почв по особенностям структурно-агрегатного состава

Fig. 2. Dendrogram of the distribution of the studied soils according to the features of the structural and aggregate composition

Очевидно, нет четкого разделения почв регионов по анализируемому показателю. На высшем уровне выделяется 2 кластера, один из которых включает 5 объектов, а вто-



рой – 11. В первом господствуют почвы Белгородской области (80 %), во втором преобладают почвы Краснодарского края (64 %). Выделяются 3 объекта, особенности структуры которых мало напоминают другие почвы – К4, Б15 и К8, т. е. пахотный горизонт одной из серых лесных глеевых почв и подпахотный горизонт слитого чернозема (Краснодарский край) и пахотный горизонт лугово-черноземной почвы (Белгородская область).

На рис. 3 показано распределение изученных почв по содержанию водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм.

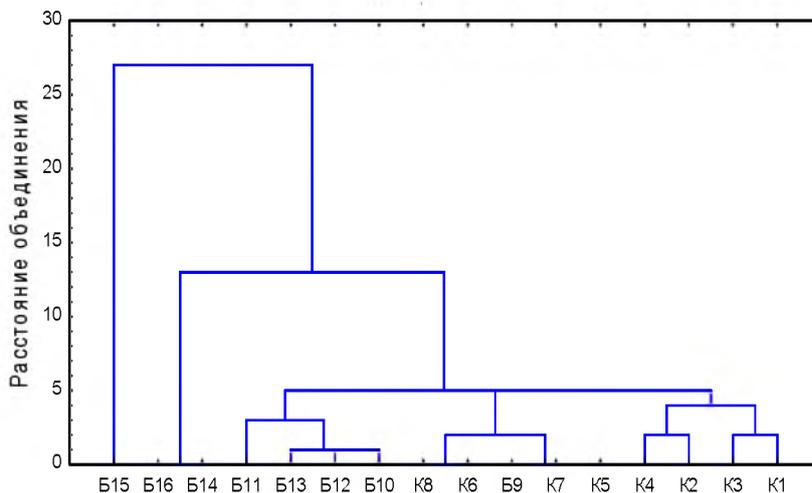


Рис. 3. Дендрограмма распределения изученных почв по сумме содержания водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм
 Fig. 3. Dendrogram of the distribution of the studied soils by the sum of the content of water-bearing aggregates larger than 0.25 mm

Закономерности распределения почв по водоустойчивости структуры иные, т. к. происходит хорошо выраженная группировка почв по отдельным регионам. В целом на дендрограмме можно обозначить 5 кластеров разной степени сложности. Первый выделяется на самом высшем уровне и включает только один объект – Б15, это уже называемый ранее пахотный горизонт лугово-черноземной почвы, т. е. по особенностям структуры и ее водоустойчивости данный горизонт значительно отличается от других изученных почв Белгородской области.

Второй кластер делится на 2 группы, одна из которых также подразделяется на три составляющих. На высшем уровне второго кластера обособляются почвы Б14 и Б16, отражающие средние части профиля целинной и пахотной лугово-черноземных почв.

Группа объектов Б10–Б13 относится к Белгородской области, но она разнородная, т. к. включает водоустойчивость структуры в целинном черноземе (горизонт А), целинной лугово-черноземной почвы (горизонт А) и в пахотном и подпахотном горизонтах чернозема типичного. Таким образом, названные три кластера включают только объекты Белгородской области.

Вторая группа третьего кластера имеет сложный состав: из 5 объектов 4 относятся к почвам Краснодарского края. Объект Белгородской области – дерновый горизонт целинного типичного чернозема (Б9). Появление этого объекта в группе пахотных горизонтов слитых почв (К5 и К7) объясняется тем, что значения водоустойчивости близки, но для целинного чернозема они обусловлены генетическими особенностями почвы, а для пахотных горизонтов слитых почв – проявлением блочности структуры в результате слитизации [Богатырев и др., 2017].

В заключительной группе представлены К1–К4, т. е. серые лесные глеевые почвы Краснодарского края.

Для оценки качества структуры почвы с помощью балльной оценки были разработаны критерии для выделения отдельных баллов. Ранги показателей приведены в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Ранжирование показателей для оценки структурно-агрегатного состава почв и водоустойчивости структуры
Ranking of indicators of the structural and aggregate composition of soils assessment and water resistance structure

| Параметр | Оценка состояния параметра, баллы и уровень деградации | | | | |
|-------------------|--|------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------------|
| | Отличное, 1 – отсутствует | Хорошее, 2 – низкий | Удовл., 3 – средний | Неудовл., 4 – высокий | Плохое, 5 – очень высокий |
| Содержание АЦФ, % | Более 80 | 60–80 | 40–60 | 20–40 | Менее 20 |
| СВ1, % | Более 70 | 55–70 | 40–55 | 20–40 | Менее 20 |
| СВ2, % | 60–80 | 40–60, 80–85 | 20–40, 85–90 | 10–20, 90–95 | Менее 10, более 95 |

Примечание: СВ1 – оценка водоустойчивости структуры по Долгову и Бахтину; СВ2 – оценка водоустойчивости структуры по Кузнецовой (с авторскими дополнениями). Оценка состояния параметра: Удовл. – удовлетворительное; Неудовл. – неудовлетворительное

Оценки для содержания АЦФ и суммы водопрочных агрегатов взяты из работ [Вальков и др., 2002; Теории и методы..., 2007]. Авторские дополнения к оценке водоустойчивости структуры по Кузнецовой состоят в том, что избыточно высокая водоустойчивость (содержание водоустойчивых агрегатов размером более 0,25 мм превышает 80 %) оценивается как неблагоприятный фактор повышения деградации структуры, поэтому баллы деградации нарастают как при уменьшении содержания водоустойчивых агрегатов относительно оптимальных значений (уровень 60–80 % считается отличным), так и при увеличении этого параметра.

Мы не приводим ранжирование значений коэффициентов структурности и водоустойчивости, т. к. предварительный анализ результатов показал, что их применение для оценки не добавляет информативности к результатам, полученным на основе АЦФ и СВ2.

Сначала была проведена оценка качества структуры с использованием параметров АЦФ и СВ1. Однако практически все почвы Краснодарского края показали отсутствие деградации структуры, что не соответствует действительности, т. к. именно физические свойства слитых почв ограничивают их биологическую продуктивность.

Результаты оценки структуры исследованных почв на основе содержания АЦФ и СВ2 приведены в табл. 2.

Для почв Краснодарского края преобладает оценка 3 балла (средний уровень деградации структуры), хотя среди серых лесных глеевых почв встречаются варианты и низкого, и высокого уровня деградации. Для почв Белгородской области характерны низкий и средний уровни деградации структуры.

Иная картина обнаружена для водоустойчивости структуры: пахотные горизонты слитого чернозема и рисовой почвы показывают отсутствие деградации, в подпахотных горизонтах проявляется низкий уровень деградации. В то же время в поверхностных горизонтах серых лесных глеевых почв уровень деградации водоустойчивости структуры – от среднего до высокого. В большинстве изученных почв Белгородской области деградация водоустойчивости структуры отсутствует (оценка 1 балл), за исключением лугово-черноземных почв, где на целинном участке в горизонте АВ наблюдается низкий уровень деградации, а в пахотной почве деградация водоустойчивости структуры изменяется от средней до низкой.



Известно, что лугово-черноземные почвы отличаются от черноземов проявлением процесса оглеения. Этот процесс широко развит при слитогенезе, поэтому лугово-черноземные почвы Белгородской области по своей водоустойчивости приближаются к проанализированным почвам Краснодарского края, в которых отмечена слитость.

Таблица 2
Table 2

Оценка уровня деградации параметров структуры исследованных почв
Assessment of the structural parameters of the studied soils degradation level

| № почвы | Почва, угодье, горизонт | Содержание АЦФ | | | СВ | | |
|---------|---------------------------------|----------------|-------|--------|----|-------|--------|
| | | % | Баллы | Оценка | % | Баллы | Оценка |
| К1 | Серая лесная глеевая, пашня, Ар | 58 | 3 | С | 89 | 3 | С |
| К2 | Серая лесная глеевая, пашня, Ар | 75 | 2 | Н | 93 | 4 | В |
| К3 | Серая лесная глеевая, пашня, Ар | 61 | 2 | Н | 87 | 3 | С |
| К4 | Серая лесная глеевая, пашня, Ар | 31 | 4 | В | 95 | 3 | С |
| К5 | Рисовая почва, пашня, Ар | 50 | 3 | С | 80 | 1 | О |
| К6 | Рисовая почва, пашня, Арр | 49 | 3 | С | 82 | 2 | Н |
| К7 | Чернозем слитой, пашня, Ар | 52 | 3 | С | 80 | 1 | О |
| К8 | Чернозем слитой, пашня, А1 | 40 | 3 | С | 82 | 2 | Н |
| Б9 | Чернозем типичный, целина, Ad | 67 | 2 | Н | 80 | 1 | О |
| Б10 | Чернозем типичный, целина, А | 70 | 2 | Н | 74 | 1 | О |
| Б11 | Чернозем типичный, пашня, Ар | 44 | 3 | С | 70 | 1 | О |
| Б12 | Чернозем типичный, пашня, Арр | 58 | 3 | С | 75 | 1 | О |
| Б13 | Лугово-черноземная, целина, А | 55 | 3 | С | 73 | 1 | О |
| Б14 | Лугово-черноземная, целина, АВ | 69 | 2 | Н | 57 | 2 | Н |
| Б15 | Лугово-черноземная, пашня, Ар | 76 | 2 | Н | 30 | 3 | С |
| Б 16 | Лугово-черноземная, пашня, Арр | 44 | 3 | С | 57 | 2 | Н |

Примечание: оценка уровня деградации: О – отсутствует, Н – низкий, С – средний, В – высокий, ОВ – очень высокий.

Таким образом, проведенная геоэкологическая оценка уровня деградации структуры почвы показывает, что в проанализированных почвах преобладает ее средний уровень. Деградация водоустойчивости структуры в регионах заметно отличается, что связано с развитием процесса оглеения.

Заключение

Анализ представлений о геоэкологической оценке показал, что такая оценка может проводиться для элементов педосферы, но существуют проблемы ее соотношения с существующими оценками, а также отбора параметров для ее проведения. При разных типах использования территории геоэкологическая оценка почв будет различаться в связи с проявлением разных геоэкологических проблем.

В ходе исследования определены основные геоэкологические проблемы для территорий сельскохозяйственного использования, предложен комплекс оценочных критериев и показателей, рассмотрен параметр структуры почвы как перспективный показатель для оценки физической деградации почвы.

Установлено, что для изученных почв Краснодарского края преобладает средний уровень деградации структуры, для исследованных почв Белгородской области характерны низкий и средний уровни деградации. Деградация водоустойчивости структуры в регионах отличается: в условиях Краснодарского края она заметно выше, что связано с широким распространением процесса оглеения.

Представленные результаты охватывают только проблему деградации физического состояния почв. Для проведения полноценной геоэкологической оценки почв необходима дальнейшая разработка балльных критериев для оценки содержания основных агрохимических показателей и элементов или соединений, загрязняющих почву вследствие внесения удобрений и мелиорантов.

Список источников

- Вальков В.Ф., Штомпель Ю.А., Тюльпанов В.И. 2002. Почвоведение (почвы Северного Кавказа). Краснодар, Советская Кубань, 728 с.
- Об обеспечении плодородия земель сельскохозяйственного назначения на территории Краснодарского края: Закон Краснодарского края: от 29 марта 2005 года № 848-КЗ (в редакции от 08.02.2024 г. № 5073-КЗ). Электронный ресурс. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&prevDoc=140011880&backlink=1&&nd=140007193> (дата обращения 20.07.2024).
- Об обеспечении плодородия земель сельскохозяйственного назначения на территории Белгородской области: Закон Белгородской области: от 18 июня 2020 года № 488 (с изм. от 23 ноября 2020 года). Электронный ресурс. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 14.06.2024).

Список литературы

- Басова И.А., Иоина М.А., Глухова Е.Н. 2010. Геоэкологическое состояние почвенного покрова в горнопромышленных регионах. Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле, 1: 16–20.
- Белозерский Г.Н., Дмитриев В.В. 2007. Становление геоэкологии как важный этап в развитии географии XX столетия. Известия Российской Академии Наук. Серия Географическая, 2: 19–28.
- Богатырев Л.Г., Маслов М.Н., Бенедиктова А.И., Макаров М.И. 2017. Оценка почв и земель (основные показатели и критерии). М., МАКС Пресс, 192 с.
- Дмитриев В.В., Федорова И.В., Бирюкова А.С. 2016. Подходы к интегральной оценке и ГИС-картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем. Часть IV. Интегральная оценка экологического благополучия наземных и водных геосистем. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География, 2: 37–53. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu07.2016.204>.
- Дубровина И.А. 2018. Агроэкологическая оценка почв типичных агроландшафтов Карелии. В кн.: Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. М., Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова: 56–59. <https://doi.org/10.25680/6814.2018.43.32.108>
- Зеленская Е.Я., Маринина О.А. 2021. Геоэкологическая оценка почв в основных районах виноградарства Крымского полуострова. Региональные геосистемы, 45(2): 258–268. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2021-45-2-258-268>.
- Ильинская И.Н. 2019. Оценка и изменчивость агроэкологических свойств почв чернозёмов южных северо-западной сельскохозяйственной зоны Ростовской области. Известия сельскохозяйственной науки Тавриды, 18 (181): 5–13.
- Копылов И.С. 2011. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий. Современные проблемы науки и образования, 6: 285.
- Лисецкий Ф.Н., Зеленская Е.Я. 2022. Ампелопедологические особенности географических районов виноградарства Крыма. Почвоведение, 12: 1540–1556. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22600688>
- Онищенко Л.М., Климякина Е.Н., Олдырева А.Ю. 2021. Оценка почв учхоза «Краснодарское». В кн.: Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар,



- 23 апреля 2021. Краснодар, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина: 218–222.
- Пашков С.В., Закирина А.О. 2019. Геоэкологическая оценка состояния почв Северо-Казахстанской области. Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки, 3(35): 46–51. <https://doi.org/10.25688/2076-9091.2019.35.3.04>
- Середа Л.О., Куролап С.А., Яблонских Л.А. 2018. Эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения почвенного покрова промышленных городов. Воронеж, Научная книга, 196 с.
- Теории и методы физики почв. 2007. Под ред. Е.В. Шеина, Л.О. Карпачевского. М., Гриф и К, 616 с.
- Терехова В.А., Пукальчик М.А., Яковлев А.С. 2014. «Триадный» подход к экологической оценке городских почв. Почвоведение, 9: 1145–1152. <https://doi.org/10.7868/S0032180X14090123>
- Яковлев А.С., Гендугов В.М., Глазунов Г.П., Евдокимова М.В., Шулакова Е.А. 2009. Методика экологической оценки состояния почвы и нормирования ее качества. Почвоведение, 8: 984–995.
- Bayrakov I. 2022. Geocological Assessment of the Soil Cover of the Chechen Republic. RT&A, Special Issue, 3(66(17)): 119–123.
- Novikova S.A. 2023. Assessment of the Impact of Vehicle Emissions on the Geocological State of Soils and Vegetation in the Cities of the Irkutsk Agglomeration. RUDN Journal of Ecology and Life Safety, 31(4): 533–543. <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-4-533-543>.
- Novykh L., Eliseeva N., Voloshenko I., Solovyov A., Slyusarenko E. 2021. Features of the Structural-Aggregate Composition of Chernozems in Different Ecological Conditions. 21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, 16–22 August, 3.1: 465–472. DOI: 10.5593/sgem2021/3.1/s13.59
- Novykh L.L., Eliseeva N.V., Tesheva S.A., Voloshenko I.V., Slyusarenko E.E. 2022. Degradation of the Structure of Meadow-Chernozem Soils in Different Eco-Industrial Conditions. IOP Conference Series: Earth And Environmental Science, 949: 012099.
- Sukiasyan A., Kirakosyan A. 2020. Ecological Evaluation of Heavy Metal Pollution of Different Soil-Climatic Regions of Armenia by Biogeochemical Coefficients. DRC Sustainable Future: Journal of Environment, Agriculture, and Energy, 1(2): 94–102.

References

- Basova I.A., Ioina M.A., Gluhova E.N. 2010. Geocological Condition of the Soil Covers in Mining Regions. Izvestiya Tula State University. Nauki o Zemle, 1: 16–20 (in Russian).
- Belozerskiy G.N., Dmitriyev V.V. 2007. Stanovleniye geoekologii kak perelomnyy etap razvitiya geografii KHKH veka [The Formation of Geocology as a Critical Stage in the Development of Geography in the Twentieth Century]. Novosti Rossiyskoy akademii nauk. Seriya Geograficheskaiy, 2: 19–28.
- Bogatyrev L.G., Maslov M.N., Benediktova A.I., Makarov M.I. 2017. Assessment of Soil and Land (Key Indicators and Criteria). Moscow, Publ. MAKS Press, 192 p. (in Russian).
- Dmitriev V.V., Fedorova I.V., Birykova A.S. 2016. Approaches to Assessment and GIS Mapping of Sustainability and Environmental Well-Being of Geosystems. Part IV. Integrated Assessment of Ecological Well-Being of Terrestrial and Aquatic Ecosystems. Vestnik Peterburgskogo universiteta. Seriya 7. Geologiya, Geografiya, 2: 37–53 (in Russian). <https://doi.org/10.21638/11701/spbu07.2016.204>.
- Dubrovina I.A. 2018. Agroekologicheskaya otsenka pochv tipichnykh agrolandshaftov Karelii [Agroecological Assessment of Soils in Typical Agricultural Landscapes of Karelia]. In: Novyye rezul'taty metodov i issledovaniy landshaftov Yevropy, Sredney Azii i Sibiri [New Methods and Results of Landscape Research in Europe, Central Asia and Siberia]. Moscow, Publ. Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut agrokhimii imeni D.N. Pryanishnikova: 56–59. <https://doi.org/10.25680/6814.2018.43.32.108>
- Zelenskaya E.Ya., Marinina O.A. 2021. Geocological Assessment of Soils in the Main Areas of Viticulture of the Crimean Peninsula. Regional Geosystems, 45(2): 258–268 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2021-45-2-258-268>.



- Ilyinskaya I.N. 2019. Evaluation and Agroecological Variability of Soil Properties of Southern Chernozems of the Northwest Agricultural Zone of the Rostov Region. *Transactions of Taurida Agricultural Science*, 18 (181): 5–13 (in Russian).
- Kopylov I.S. 2011. Principles and Criteria of the Integrated Estimation of the Geo-Ecological Condition of the Natural and Urbanized Territories. *Modern problems of science and education*, 6: 285 (in Russian).
- Lisetskiy F.N., Zelenskaya E.Ya. 2022. Ampelopedological Peculiarities of Geographical Areas of Crimea Viticulture. *Eurasian Soil Science*, 55(12): 1813–1828 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/s1064229322700065>
- Onishchenko L.M., Klimyakina E.N., Oldyreva A.Y. 2021. Soil Assessment of the Uchkhov "Krasnodarskoe". In: *Current Problems and Prospects for the Development of Land and Property relations. Proceedings of the III All-Russian scientific and practical conference*, Krasnodar, 23 April 2021. Krasnodar, Publ. Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin: 218–222 (in Russian).
- Pashkov S.V., Zakirina A.O. 2019. Geoecological Assessment of Soils Condition in North Kazakhstan Oblast. *MCU Journal of Natural Sciences*, 3(35): 46–51 (in Russian). <https://doi.org/10.25688/2076-9091.2019.35.3.04>
- Sereda L.O., Kurolap S.A., Yablonskikh L.A. 2018. *Ekologo-geokhimicheskaya otsenka tekhnogenogo zagryazneniya pochvennogo pokrova promyshlennykh gorodov [Ecological and Geochemical Assessment of Technogenic Pollution of the Soil Cover of Industrial Cities]*. Voronezh, Publ. Nauchnaya kniga, 196 p.
- Teorii i metody fiziki pochv [Theory and Methods of Soil Physics]. 2007. Moscow, Publ. Grif i K, 616 p.
- Terekhova V.A., Pukalchik M.A., Yakovlev A.S. 2014. The Triad Approach to Ecological Assessment of Urban Soils. *Eurasian Soil Science*, 47(9): 952–958 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S1064229314090129>
- Yakovlev A.S., Gendugov V.M., Glazunov G.P., Yevdokimova M.V., Shulakova Ye.A. 2009. Methodology for the Environmental Assessment of the Soil State and Regulation of the Soil Quality. *Eurasian Soil Science*, 42(8): 916–925. <https://doi.org/10.1134/S1064229309080109>
- Bayrakov I. 2022. Geoecological Assessment of the Soil Cover of the Chechen Republic. *RT&A, Special Issue*, 3(66(17)): 119–123.
- Novikova S.A. 2023. Assessment of the Impact of Vehicle Emissions on the Geoecological State of Soils and Vegetation in the Cities of the Irkutsk Agglomeration. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 31(4): 533–543. <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-4-533-543>.
- Novykh L., Eliseeva N., Voloshenko I., Solovyov A., Slyusarenko E. 2021. Features of the Structural-Aggregate Composition of Chernozems in Different Ecological Conditions. *21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*, 16–22 August, 3.1: 465–472. DOI: 10.5593/sgem2021/3.1/s13.59
- Novykh L.L., Eliseeva N.V., Tesheva S.A., Voloshenko I.V., Slyusarenko E.E. 2022. Degradation of the Structure of Meadow-Chernozem Soils in Different Eco-Industrial Conditions. *IOP Conference Series: Earth And Environmental Science*, 949: 012099.
- Sukiasyan A., Kirakosyan A. 2020. Ecological Evaluation of Heavy Metal Pollution of Different Soil-Climatic Regions of Armenia by Biogeochemical Coefficients. *DRC Sustainable Future: Journal of Environment, Agriculture, and Energy*, 1(2): 94–102.

*Поступила в редакцию 08.08.2024;
поступила после рецензирования 27.08.2024;
принята к публикации 30.08.2024*

*Received August 08, 2024;
Revised August 27, 2024;
Accepted August 30, 2024*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.



ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Новых Лариса Леонидовна, кандидат биологических наук, доцент, Институт наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Елисеева Наталья Волеславовна, доктор географических наук, профессор, Академия маркетинга и социально-информационных технологий – ИМСИТ, г. Краснодар, Россия

Слюсаренко Эльвира Евгеньевна, кандидат биологических наук, доцент, Филиал Адыгейского государственного университета, г. Белореченск (Краснодарский край), Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Larisa L. Novykh, Candidate of Sciences in Biology, Associate Professor of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of the Institute of Earth Sciences of Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Natalya V. Eliseeva, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Academy of Marketing and Social and Information Technologies – IMSIT, Krasnodar, Russia

Elvira E. Slyusarenko, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Branch of Adyghe State University, Belorechensk (Krasnodar Territory), Russia