

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И ЗЕМЛЕДЕЛИЯ****Игорь Витальевич Дудкин, доктор сельскохозяйственных наук****Дмитрий Иванович Жиляков, доктор экономических наук****Наталья Валерьевна Долгополова, доктор сельскохозяйственных наук****Екатерина Владимировна Малышева, кандидат сельскохозяйственных наук****ФГБОУ ВО Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, г. Курск, Россия****E-mail: dunaj-natalya@yandex.ru**

**Аннотация.** В статье отмечена важность бережного отношения к природной среде при сельскохозяйственном земледелии. Рассмотрены отдельные направления воздействия человека на почву, растения и другие объекты агроэкосистем. Указывается на негативную роль эрозии почвы, получившей большое распространение. В Курской области 23% пашни эродировано. Смыв почвы на некоторых полях достигает 20 т/га. Эрозия приводит к снижению содержания гумуса и питательных веществ в почве. Меры по ее устранению – гидротехнические сооружения, противоэрозионная организация территории, система контурно-мелиоративного земледелия, лесомелиоративные мероприятия, почвозащитная обработка почвы, севооборот и другие. Для усиления почвозащитных свойств растительного покрова в севооборотах увеличивают площади озимых культур и многолетних трав. Взамен чистого пара применяют занятый. В статье даны примеры создания противоэрозионной агросреды. Рассмотрены причины приобретения почвой токсических свойств. Основные источники поступления в почву токсикантов – пестициды, минеральные удобрения и другие агрохимикаты. При определенных условиях севооборот и обработка почвы могут способствовать росту токсичности. Наши исследования показали, что токсичность почвы под озимой пшеницей, которой предшествовал сидеральный пар, была ниже, чем при выращивании ее по черному и занятому пару. Установлена положительная роль как органических, так и минеральных удобрений в повышении биологической активности почвы и снижении ее токсичности. Обращено внимание на проблему обеспечения качества продукции и безопасности продуктов питания. Указано на биологизацию земледелия как необходимое направление улучшения экологического состояния агроландшафтов. Названы факторы биологизации – севооборот, промежуточные культуры, многолетние травы, использование органических удобрений (навоз, компост, сидерат, солома). Выделен резерв защиты культурных растений от сорняков и возможная альтернатива химическим мерам – фитоценотический метод. Отмечена важность комплексного подхода в решении экологических проблем почвоведения и земледелия.

**Ключевые слова:** экология, почвоведение, земледелие, защита растений, водная эрозия почвы, токсичность почвы

**ECOLOGICAL PROBLEMS OF SOIL SCIENCE AND FARMING****I.V. Dudkin, Grand PhD in Agricultural Sciences****D.I. Zhilyakov, Grand PhD in Economic Sciences****N.V. Dolgoplova, Grand PhD in Agricultural Sciences****E.V. Malysheva, PhD in Agricultural Sciences****Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, Kursk, Russia****E-mail: dunaj-natalya@yandex.ru**

**Abstract.** The article noted the importance of respect for the natural environment in agricultural land use. Separate directions of human impact on the soil, plants and other objects of agroecosystems are considered. The negative role of soil erosion, which has become widespread, is indicated. Soil loses in some fields reaches 20 t/ha. In the Kursk region the 23% of arable land is eroded. Erosion leads to a decrease in the content of humus and nutrients in the soil. Measures to eliminate it are hydraulic structures, anti-erosion organization of the territory, the system of contour-reclamation agriculture, forest reclamation measures, soil protection tillage, crop rotation and others. In order to increase the soil-protective properties of the vegetation cover in crop rotations, the areas of winter crops and perennial grasses are increased. A seeded fallow is used instead of an unoccupied one. The article gives examples of creating an anti-erosion agro-environment. The reasons for the acquisition of toxic properties by the soil are considered. The main sources of toxicants entering to the soil are pesticides, mineral fertilizers and other agrochemicals. Under certain conditions crop rotation and tillage can increase toxicity. Our studies showed that the toxicity of soil under winter wheat, which was preceded by green manure fallow, was lower than when it was grown in black and seeded fallow. The positive role of both organic and mineral fertilizers in increasing the biological activity of the soil and reducing its toxicity has been established. Drawn attention to the problem of ensuring product quality and food safety. The biologization of agriculture is indicated as a necessary direction for improving the ecological state of agricultural landscapes. The biologization factors are named – crop rotation, intermediate crops, perennial grasses, the use of organic fertilizers (manure, composts, green manure, straw). A reserve for the cultivated plants protection against weeds and a possible alternative to chemical measures (the phytocenotic method) have been identified. The importance of an integrated approach in solving the environmental problems of soil science and agriculture is noted.

**Keywords:** ecology, soil science, agriculture, plant protection, water erosion of soil, soil toxicity

Проблема сохранения природной среды важнейшая для человеческой цивилизации. Антропогенное давление на природу с каждым годом возрастает.

Считается, что наибольшее негативное влияние оказывает промышленность. С нашей точки зрения, сельское хозяйство – это та сфера человеческой

деятельности, где возникновение и решение экологических проблем для будущего планеты имеет не меньшее значение. Это связано с ростом объемов потребления продуктов питания, получаемых в результате сельскохозяйственной деятельности, большим и постоянным действием на экосистемы.

Почва играет роль полифункциональной природной системы, регулирующей устойчивое функционирование биосферы. [15, 24]

По выражению Л.О. Карпачевского [19], почва – экологический гарант жизни на Земле и в этом ее фундаментальное значение в системе других природных тел.

Если в естественных ценозах почва, как правило, покрыта растительностью, то в агроценозах в течение продолжительного времени нет. Это приводит к возникновению эрозии. Также важны условия рельефа, в частности, наличие склонов различной формы, экспозиции и крутизны, климатические и ряд антропогенных факторов. В Центрально-Черноземном регионе России наибольший вред наносит водная эрозия. Площадь эрозионноопасных земель коррелирует с распаханностью земельных угодий.

В Курской области на склонах с уклоном свыше 1° в среднем по области находится 58,4% пашни, от 1° до 3° – 44,8%, от 3° до 5° – 10,6%, более 5° – 3,0% пашни. Почвы, подвергшиеся эрозии, занимают около 23% пашни. Сток талых вод на серых лесных почвах на зяби составляет 30...40 мм, уплотненной пашне – 60...70 мм, на черноземах – 25...30 мм и 55...65 мм соответственно. Сток 10% обеспеченности может достигать на черноземах с зяби – 100...110 мм, с уплотненной пашни – 140...150 мм. Фактический смыв почвы колеблется от 1,0 до 20,0 т/га. [30]

В результате эрозии возрастает расчлененность территории, происходит рост промоин и оврагов, снижается содержание органического вещества и элементов питания в почве, ухудшаются ее агрофизические и биологические свойства, падает плодородие. Часть твердого вещества почв, подвергшегося смыву, переносится вниз по склону или попадает в водоемы и плодородный слой уменьшается.

Сокращение запасов гумуса в результате эрозии почв непосредственно влияет на круговорот элементов питания в агроэкосистеме. Уменьшение катионного обмена органического вещества снижает способность почв их удерживать. Совокупность этих факторов и увеличение внесения удобрений на эродированных участках приводят к возрастанию потенциального переноса питательных веществ в результате эрозии поверхностного слоя почвы и внутрпочвенного выщелачивания. [29]

Почва в определенной мере может самоочищаться, что связано с ее большой активной в химическом и биологическом отношении поверхностью. Значительная часть вредных веществ задерживается почвой и обезвреживается в ней, не попадая в водоемы и грунтовые воды. Однако при возросшей нагрузке на природу эффективность процессов самоочищения бывает недостаточной для поддержания экологического равновесия, требуется вмешательство человека.

Выработан целый комплекс мер, препятствующих развитию эрозионных процессов и снижающих ее отрицательные последствия. При больших масштабах эрозии на водосборах могут быть построены противоэрозионные гидротехнические сооружения. Обязательно нужно вести борьбу с оврагами, устраивать различные противоэрозионные преграды на пути стока талых и ливневых вод, выполаживание.

Эффективными приемами снижения стока и смыва почвы исследователи называют живые изгороди, полосное выращивание сельскохозяйственных культур, нулевую обработку почвы, мульчирование поверхности почвы. [36]

На склоновых землях следует отказаться от традиционной вспашки, заменив ее почвозащитной обработкой с оставлением стерни (нулевая обработка). Хорошие результаты дает поделка на поверхности почвы микрорельефа. Нежелательно использовать на эрозионно-опасных склонах тяжелую сельскохозяйственную технику.

От дождевой эрозии хорошо защищает растительный покров. [26] Системы севооборотов следует проектировать с учетом их экологической безопасности и экономической эффективности. Для повышения почвозащитных свойств растительности увеличивают процентное содержание в структуре посевных площадей озимых культур и многолетних трав. Чистый пар должен быть заменен занятым.

Дифференцированное использование пашни в системе разных видов севооборотов на основе противоэрозионной организации территории позволяет повысить ее продуктивность на 10...15%. [11]

При уклоне более 5° пашню можно применять ограниченно, выращивая озимую пшеницу, озимую рожь, ячмень, овес, клевер, эспарцет, злаковые многолетние травы, суданскую траву. [21]

На крутых склонах предпочтительнее провести залужение, что позволяет создать растительный покров, максимально препятствующий смыву почвы. При этом выбирают травы с мощной корневой системой.

На землях с проявлениями водной эрозии должны быть предусмотрены агротехнические и мелиоративные мероприятия по восстановлению смытых почв, повышению их плодородия. Препятствует увеличению площадей эродированных почв лесомелиорация.

Крупномасштабный эксперимент по противоэрозионной организации территории и контурно-мелиоративному земледелию проводится в Курской области с 1982 года. В качестве противоэрозионных средств и приемов использовали гидротехнические сооружения, напашные валы-террасы, лесные полосы с канавой, контурную обработку. Достигнуты положительные результаты. Получен большой объем научной информации. [17]

В СХА «Дружба» Кантемировского района Воронежской области создана противоэрозионная агросреда, сформированы системы земледелия в соответствии с экологическими требованиями. [23] Лесоаграрный полосный ландшафт с глубоко дифференцированным использованием земель улучшил на полях энергетику, микроклимат, усилил компенсационные и регуляторные механизмы, повысил устойчивость к вредным факторам земледелия.

Экономическая эффективность новой системы земледелия проявляется в том, что урожайность сельскохозяйственных культур в СХА «Дружба» на 30..40% выше, чем в других предприятиях с такими же почвами. Поэтому этот положительный опыт заслуживает распространения.

Стоит задача более эффективного использования агресурсного потенциала сельского хозяйства России, региона и каждого конкретного хозяйства, оптимизации организации аграрных территорий, в том числе пахотных земель, на разных уровнях, создания устойчивого к неблагоприятным природным и антропогенным факторам агроландшафта.

Формируемые технологии выращивания сельскохозяйственных культур должны быть гибкими. Следует избегать шаблонов, учитывать действие многих факторов и все сложившиеся к моменту принятия решений условия и обстоятельства. [20]

Практика показала, что агротехнические, луго- и лесомелиоративные мероприятия с простейшими гидротехническими сооружениями способны снизить потери почвы до допустимого уровня. Достичь результат можно, применяя различные наборы мероприятий. [21]

Экологическое неблагополучие сельскохозяйственных территорий во многом связано с применением токсических веществ, в частности, пестицидов. Сельскохозяйственные ядохимикаты могут негативно влиять на человека, животных, птиц, полезных насекомых, почвенные микроорганизмы.

Закрепление остаточных количеств пестицидов в почве определяет долговременность их негативных экологических эффектов. [3]

А.А. Жученко отмечал, что возможности преимущественно химико-техногенной системы интенсификации растениеводства к настоящему времени еще не исчерпаны. В этой важнейшей сфере обеспечения жизненных потребностей человека имеются глубокие противоречия, которые все острее проявляются и быстро нарастают, угрожая самому существованию человеческой цивилизации. Эти утверждения, написанные в конце прошлого века, не потеряли актуальность и в настоящее время. [16]

Использование в течение длительного периода одних и тех же или однотипных препаратов для защиты растений, а также сортов и гибридов сельскохозяйственных культур позволяет вредным организмам (сорняки, вредители, патогены) сформировать новые устойчивые к пестицидам биотипы и снизить эффективность защитных мероприятий.

При неправильном применении химического метода остатки пестицидов накапливаются в растениях и снижают качество продукции.

Решению проблемы негативного влияния пестицидов способствуют ландшафтный подход, экологическое устройство агроэкосистем. По мнению М.И. Лопырева, конструктивные особенности агроландшафтов могут помочь становлению земледелия без пестицидов. [23]

Предложенная А.А. Жученко адаптивная интенсификация растениеводства, способствующая сохранению экологического равновесия биосферы, ориентирована на более полное вовлечение в про-

дукционный и средообразующий процессы агроэкосистем неисчерпаемых и воспроизводимых ресурсов природной среды на основе всесторонней биологизации и экологизации интенсификационных процессов и ухода от истощительной химико-техногенной интенсификации. Автор указывает на необходимость дифференцированного использования неравномерно распределенных во времени и пространстве лимитирующих величину и качество урожая природных факторов (климат, почва, рельеф), а также техногенных, трудовых, материальных, экономических и других ресурсов.

Под действием различных факторов почва способна приобретать токсические свойства. Источником могут быть пестициды, минеральные и органические удобрения, другие агрохимикаты, перенос токсических веществ при движении воздушных масс, осадками, с поверхностным стоком и внутрипочвенным передвижением влаги, а также химические и биологические процессы, протекающие в почве, в результате которых образуются опасные химические соединения.

Неправильно построенная система удобрений может вызывать накопление нитратов в почве и растениях. В ходе химических превращений образуются еще более токсические вещества – нитриты. Снизить их вредное действие можно, если применять безопасные дозы азотных удобрений, использовать азотные удобрения только в сбалансированном соотношении с другими элементами питания (фосфор и калий), вносить удобрения, содержащие микроэлементы, прежде всего, молибден, контролировать содержание нитратов и нитритов в почве и продукции. [33]

С применением различного рода ксенобиотиков и по ряду других причин в почве, а затем и в выращиваемых растениях, накапливаются тяжелые металлы, радиоактивные вещества. Ухудшать экологическое состояние почв могут допущенные ошибки при использовании мелиорантов и других агрохимикатов. [2, 32, 34, 35, 37]

На полях токсичность почвы способна меняться под действием севооборота, обработки, удобрений и средств защиты растений. Исследования, проведенные нами в Курской области на черноземе типичном тяжелосуглинистом, показали, что токсичность почвы под озимой пшеницей, идущей по сидеральному пару, была ниже, чем в вариантах, где предшественниками были черный и занятый пар. Внесение органических и минеральных удобрений способствовало росту активности микроорганизмов в обрабатываемом слое и снижению токсичности почвы. [14]

Обеспечение качества продукции и безопасности продуктов питания – большая проблема, требующая отдельного рассмотрения, но она тоже связана с вопросами химизации земледелия. [28]

Защита растений должна стать более природоохранной, экологически обоснованной. [8] Недопустима стратегия сплошной химизации и достижения высоких урожаев любой ценой. Во всех случаях, когда для решения фитосанитарных задач можно отказаться от пестицидов или снизить их количество, заменяя другими нехимическими мерами, это должно быть сделано.

Один из главных путей сокращения применения и снижения отрицательного влияния сельскохозяйственных ядохимикатов на природную среду – биологизация земледелия. Факторы биологизации – севооборот, выращивание промежуточных культур и многолетних трав (бобовые, способные к симбиотической азотфиксации), использование органических удобрений (навоз, компост, сидерат, солома). Биологизация земледелия позволяет решать многие проблемы, в том числе и фитосанитарные. [7, 12, 13, 31]

В борьбе с сорными растениями эффективный и фактически неиспользуемый резерв улучшения фитосанитарного состояния посевов – фитоценоотические меры, базирующиеся на теоретическом фундаменте агрофитоценологии. [7, 22, 25] В научной литературе приведены примеры успешного применения фитоценоотического метода подавления сорняков. [1, 4, 10]

Борьба с вредными организмами на полях будет эффективнее, если различные фитосанитарные меры применять комплексно, приоритет следует отдавать экологически более безопасным способам. [5, 9, 18, 27]

Снижение хаотичности, непродуманных решений в земледельческой практике позволит избежать накопления экологических проблем. Верный путь – это ведение растениеводства в соответствии с разработанными экологически безопасными системами земледелия и технологиями возделывания культур, строгое следование разработанным рекомендациям, общий подъем культуры земледелия.

Относительно новое направление в фитосанитарии – генно-модифицированные растения. Площади под такими растениями в мире увеличиваются. Но отношение к этому методу, в том числе и в научной среде, неоднозначное. Уже известно о некоторых негативных эффектах при его применении. В связи с этим в ряде стран, чтобы предотвратить генетическое загрязнение, избежать отрицательных последствий или снизить их, были разработаны ограничивающие или запретные меры.

Защита окружающей среды от загрязнений, соблюдение экологических требований, в частности, в аграрной сфере, нахождение баланса между экономикой и экологией позволит вести экологически безопасное растениеводство, создать устойчивые экономически эффективные экологизированные агрокомплексы, производящие в необходимых объемах качественную и безопасную для человека продукцию.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Басакин М.П. Агротехнические и фитоценоотические методы борьбы с горчаком ползучим на каштановых почвах Волго-Донского междуречья // Вестник Прикаспия. 2018. № 1 (20). С. 18–22.
2. Берсенева М.А. Содержание некоторых тяжёлых металлов в зерне пшеницы // Вестник КрасГАУ. 2018. № 2. С. 266–272.
3. Быковская Т.К., Ковалёва Н.С., Парамонова Т.А. Экологические проблемы сельскохозяйственного производства и состояние почв России // Аграрная наука. 1999. № 7. С. 25–26.
4. Дворянкин Е.А., Боронтов О.К. Способы подавления овсяга в зернопаропропашном севообороте // Сахарная свёкла. 2021. С. 27–29.
5. Долгополова Н.В. Рост и развитие яровой пшеницы в зависимости от экспозиции склона в условиях Курской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 9. С. 60–67.
6. Долгополова Н.В. Эффективность действия микроэлемента молибдена на продуктивность озимой пшеницы в структуре севооборота // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1. С. 48–52.
7. Долгополова Н.В., Балабанов С.С., Тимонов В.Ю. Влияние приёмов биологизации на почвенные условия возделывания сельскохозяйственных культур // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2009. № 3 (16). С. 35–39.
8. Долгополова Н.В., Трутаева Н.Н. Экологическое обособление защитных мероприятий в агроландшафтах // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия / Сборник докладов международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». Курск, 2018. С. 141–144.
9. Дорожко Г.Р., Целовальников В.К., Шутко А.П. Система интегрированной защиты сельскохозяйственных культур от сорной растительности, вредителей и болезней // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 52. С. 67–72.
10. Дудкин И.В. Фитоценоотические меры борьбы с засорённостью посевов / Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия / Сб. докл. науч.-практ. конф. Курского отд. МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». Курск, 2013. С. 62–69.
11. Дудкин В.М., Акименко А.С. Основные принципы экологизации земледелия // Земледелие. 1989. № 11. С. 32–35.
12. Дудкин В.М., Дудкин И.В., Ланина Н.В. Контроль засорённости полей в условиях биологизации земледелия // Достижения науки и техники АПК. 1997. № 4. С. 22–24.
13. Дудкин И.В., Дудкина Т.А. Действие факторов биологизации земледелия на засорённость посевов озимой пшеницы // Земледелие. 2014. № 3. С. 41–43.
14. Дудкина Т.А., Дудкин И.В. Роль севооборота и удобрений в формировании биологических свойств почвы // Земледелие. 2006. № 2. С. 12–13.
15. Ершов Е.Ю. Органическое вещество биосферы и почвы. Новосибирск: Наука, 2004. 104 с.
16. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации растениеводства // Доклады РАСХН. 1999. № 2. С. 5–11.
17. Здоровцов И.П. Влияние почвоводоохранного земледелия на эрозионно-гидрологические процессы и продуктивность агроландшафтов в ЦЧР // Вестник Курской ГСХА. 2012. № 7. С. 53–54.
18. Игнатова Г.А. Стратегия защиты агроэкосистем от вредных видов растений, насекомых и микроорганизмов // Биотехнологические приёмы производства и переработки сельскохозяйственной продукции / Мат. Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. (Курск, 8 февраля 2021 г.). Курск, Изд-во КГСХА, 2021. С. 298–303.
19. Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение. М.: ГЕОС, 2005. 334 с.

20. Каштанов А.Н., Гуреев И.И., Дудкин И.В. и др. Концепция формирования гибких агротехнологий в ландшафтном земледелии. Курск, 1998. 44 с.
21. Каштанов А.Н., Дудкин В.М., Дудкин И.В. и др. Система управления плодородием почв в Центрально-Чернозёмной зоне. Курск, Изд-во КГСХА, 1996. 136 с.
22. Коротких Е.В. Агрофитоценология: Учеб. пособие. Воронеж, 2016. 88 с.
23. Лопырев М.И. Об экологизации земледелия на основе ландшафтного потенциала // Земледелие. 2002. № 5. С. 10–13.
24. Мельников А.А. Проблемы окружающей среды и стратегия её сохранения: учеб. Пособие для вузов. М.: Академический проект Гаудеамус, 2009. 720 с.
25. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Концепция растительно-го сообщества: история и современное состояние // Журнал общей биологии. 2015. Т. 76. № 1. С. 63–76.
26. Прущик А.В., Сухановский Ю.П. Влияние растительного покрова на защиту почв от дождевой эрозии // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия / Сборник докладов Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов им. В.В. Докучаева» Курск, 2018. С. 371–373.
27. Санин С.С. Защита растений и устойчивое земледелие в XXI столетии // Защита и карантин растений. 2020. № 4. С. 9–16.
28. Сергеев В.Р., Бухонова Ю.В. На пути к органическому земледелию // Защита и карантин растений. 2007. № 7. С. 22–23.
29. Танашиенко А.А., Путилин А.Ф., Артамонова В.С. Экологические аспекты эрозионных процессов: Аналит. обзор / ГПНТБ СО РАН, Ин-т почвоведения и агрохимии СО РАН; Науч. ред. И.М. Гаджиев. Новосибирск, 1999. 89 с. (Сер. Экология. Вып. 55).
30. Черкасов Г.Н., Здоровцов И.П., Дудкин И.В. и др. Научно-практические основы адаптивно-ландшафтной системы земледелия Курской области. Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ ФАНО России, 2017. 188 с.
31. Чалабянц С.А., Картамышев Н.И., Карых Т.А., Бойченко В.Л. Внесение органических удобрений при бесплужной обработке почв // Достижения науки и техники АПК. 1990. № 5. С. 20–22.
32. Щелкова Ю.А. Исследование влияния тяжёлых металлов на рост растений и микрофлору почв // Успехи в химии и химической технологии. 2011. Т. 25. № 11 (127). С. 75–78.
33. Экология Центрального Черноземья: Учебное пособие. 2-е изд. / Д.В. Муха, А.И. Стифеев, В.П. Герасименко и др. Курск: Изд-во КГСХА, 2002. 191 с.
34. Hanguan Shi, Peng Wang, Jiatong Zheng et al. A comprehensive framework for identifying contributing factors of soil trace metal pollution using Geodetector and spatial bivariate analysis // Science of The Total Environment. Volume 857, Part 3. 20 January 2023, 159636. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.159636.
35. Jin Wu, Jiao Li, Yanguo Teng et al. A partition computing-based positive matrix factorization (PC-PMF) approach for the source apportionment of agricultural soil heavy metal contents and associated health risks // Journal of Hazardous Materials. Vol. 388. 15 April 2020. 121766. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2019.121766.
36. Joy Rajbanshi, Sharmistha Das, Roni Paul. Quantification of the effects of conservation practices on surface runoff and soil erosion in croplands and their trade-off: A meta-analysis // Science of The Total Environment. Vol. 864. 15 March 2023. 161015. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.161015.
37. Yunfeng Xie, Tong-bin Chen, Mei Lei et al. Spatial distribution of soil heavy metal pollution estimated by different interpolation methods: Accuracy and uncertainty analysis // Chemosphere. Vol. 82. Issue 3. January 2011. P. 468–476. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2010.09.053.

## REFERENCES

- Basakin M.P. Agrotekhnicheskie i fitocenoticheskie metody bor'by s gorchakom polzuchim na kashtanovyh pochvah Volgo-Donskogo mezhdurech'ya // Vestnik Prikaspiya. 2018. № 1 (20). S. 18–22.
- Berseneva M.A. Soderzhanie nekotoryh tyazhyolyh metallov v zerne pshenicy // Vestnik KrasGAU. 2018. № 2. S. 266–272.
- Bykovskaya T.K., Kovalyova N.S., Paramonova T.A. Ekologicheskie problemy sel'skohozyajstvennogo proizvodstva i sostoyanie pochv Rossii // Agrarnaya nauka. 1999. № 7. S. 25–26.
- Dvoryankin E.A., Borontov O.K. Sposoby podavleniya ovsyuga v zernoparopropashnom sevooborote // Saharnaya svyokla. 2021. S. 27–29.
- Dolgopolova N.V. Rost i razvitie yarovoj pshenicy v zavisimosti ot ekspozicii sklona v usloviyah Kurskoj oblasti // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2015. № 9. S. 60–67.
- Dolgopolova N.V. Effektivnost' dejstviya mikroelementa molibdena na produktivnost' ozimoj pshenicy v strukture sevooborota // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2019. № 1. S. 48–52.
- Dolgopolova N.V., Balabanov S.S., Timonov V.Yu. Vliyaniye priyomov biologizacii na pochvennye usloviya vozdeleyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova. 2009. № 3(16). S. 35–39.
- Dolgopolova N.V., Trutaeva N.N. Ekologicheskoe obosnovaniye zashchitnyh meropriyatij v agrolandshaftah // Aktual'nye problemy pochvovedeniya, ekologii i zemledeliya / Sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii Kurskogo otdeleniya MOO "Obshchestvo pochvovedov imeni V.V. Dokuchaeva". Kursk, 2018. S. 141–144.
- Dorozhko G.R., Celoval'nikov V.K., Shutko A.P. Sistema integrirovannoj zashchity sel'skohozyajstvennyh kul'tur ot sornoj rastitel'nosti, vreditelej i boleznej // Vestnik APK Stavropol'ya. 2015. № 52. S. 67–72.
- Dudkin I.V. Fitocenoticheskie mery bor'by s zasoryonost'yu posevov / Agroekologicheskie problemy pochvovedeniya i zemledeliya / Sb. dokl. nauch.-prakt. konf. Kurskogo otd. MOO "Obshchestvo pochvovedov imeni V.V. Dokuchaeva". Kursk, 2013. S. 62–69.
- Dudkin V.M., Akimenko A.S. Osnovnyye principy ekologizacii zemledeliya // Zemledelie. 1989. № 11. S. 32–35.
- Dudkin V.M., Dudkin I.V., Lanina N.V. Kontrol' zasoryonnosti polej v usloviyah biologizacii zemledeliya // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 1997. № 4. S. 22–24.
- Dudkin I.V., Dudkina T.A. Dejstvie faktorov biologizacii zemledeliya na zasorennost' posevov ozimoj pshenicy // Zemledelie. 2014. № 3. S. 41–43.
- Dudkina T.A., Dudkin I.V. Rol' sevooborota i udobrenij v formirovaniy biologicheskikh svojstv pochvy // Zemledelie. 2006. № 2. S. 12–13.
- Ershov E.Yu. Organicheskoe veshchestvo biosfery i pochvy. Novosibirsk: Nauka, 2004. 104 s.

16. Zhuchenko A.A. Strategiya adaptivnoj intensivkacii rastenievodstva // Doklady RASKHN. 1999. № 2. S. 5–11.
17. Zdorovcov I.P. Vliyanie pochvovodoohrannogo zemledeliya na erozionno-gidrologicheskie processy i produktivnost' agrolandshaftov v CCHR // Vestnik Kurskoj GSKHA. 2012. № 7. S. 53–54.
18. Ignatova G.A. Strategiya zashchity agroekosistem ot vrednyh vidov rastenij, nasekomyh i mikroorganizmov // Biotehnologicheskie priyomy proizvodstva i pererabotki sel'skohozyajstvennoj produkcii / Mat. Vseros. (nacional'noj) nauch.-prakt. konf. (Kursk, 8 fevralya 2021 g.). Kursk, Izd-vo KGSKHA, 2021. S. 298–303.
19. Karpachevskij L.O. Ekologicheskoe pochvovedenie. M.: GEOS, 2005. 334 s.
20. Kashtanov A.N., Gureev I.I., Dudkin I.V. i dr. Konceptiya formirovaniya gibkih agrotekhnologij v landshaftnom zemledelii. Kursk, 1998. 44 s.
21. Kashtanov A.N., Dudkin V.M., Dudkin I.V. i dr. Sistema upravleniya plodorodiem pochv v Central'no-CHernozyomnoj zone. Kursk, Izd-vo KGSKHA, 1996. 136 s.
22. Korotkih E.V. Agrofytocenologiya: Ucheb. posobie. Voronezh, 2016. 88 s.
23. Lopyrev M.I. Ob ekologizacii zemledeliya na osnove landshaftnogo potenciala // Zemledelie. 2002. № 5. S. 10–13.
24. Mel'nikov A.A. Problemy okruzhayushchej sredy i strategiya eyo sohraneniya: ucheb. Posobie dlya vuzov. M.: Akademicheskij proekt Gaudeamus, 2009. 720 s.
25. Mirkin B.M., Naumova L.G. Konceptiya rastitel'nogo soobshchestva: istoriya i sovremennoe sostoyanie // Zhurnal obshchej biologii. 2015. T. 76. № 1. S. 63–76.
26. Prushchik A.V., Suhanovskij Yu.P. Vliyanie rastitel'nogo pokrova na zashchitu pochv ot dozhdevoj erozii // Aktual'nye problemy pochvovedeniya, ekologii i zemledeliya / Sbornik dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii Kurskogo otdeleniya MOO "Obshchestvo pochvovedov im. V.V. Dokuchaeva" Kursk, 2018. S. 371–373.
27. Sanin S.S. Zashchita rastenij i ustojchivoe zemledelie v XXI stoletii // Zashchita i karantin rastenij. 2020. № 4. S. 9–16.
28. Sergeev V.R., Buhonova Yu.V. Na puti k organicheskomu zemledeliyu // Zashchita i karantin rastenij. 2007. № 7. S. 22–23.
29. Tanasienko A.A., Putilin A.F., Artamonova V.S. Ekologicheskie aspekty erozionnyh processov: Analit. obzor / GPNTB SO RAN, In-t pochvovedeniya i agrohimii SO RAN; Nauch. red. I.M. Gadzhiev. Novosibirsk, 1999. 89 s. (Ser. Ekologiya. Vyp. 55).
30. Cherkasov G.N., Zdorovcov I.P., Dudkin I.V. i dr. Nauchno-prakticheskie osnovy adaptivno-landshaftnoj sistemy zemledeliya Kurskoj oblasti. Kursk: FGBNU VNIIZiZPE FANO Rossii, 2017. 188 s.
31. Chalabyanc S.A., Kartamyshev N.I., Karyh T.A., Bojchenko V.L. Vnesenie organicheskikh udobrenij pri bespluzhnoj obrabotke pochv // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 1990. № 5. S. 20–22.
32. Shchelkova Yu.A. Issledovanie vliyaniya tyazhyolyh metallov na rost rastenij i mikrofloru pochv // Uspekhi v himii i himicheskoy tekhnologii. 2011. T. 25. № 11 (127). S. 75–78.
33. Ekologiya Central'nogo Chernozem'ya: Uchebnoe posobie. 2-e izd./ D.V. Muha, A.I. Stifeev, V.P. Gerasimenko i dr. Kursk: Izd-vo KGSKHA, 2002. 191 s.
34. Hangyuan Shi, Peng Wang, Jiatong Zheng et al. A comprehensive framework for identifying contributing factors of soil trace metal pollution using Geodetector and spatial bivariate analysis // Science of The Total Environment. Volume 857, Part 3. 20 January 2023, 159636. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.159636.
35. Jin Wu, Jiao Li, Yanguo Teng et al. A partition computing-based positive matrix factorization (PC-PMF) approach for the source apportionment of agricultural soil heavy metal contents and associated health risks // Journal of Hazardous Materials. Vol. 388. 15 April 2020. 121766. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2019.121766.
36. Joy Rajbanshi, Sharmistha Das, Roni Paul. Quantification of the effects of conservation practices on surface runoff and soil erosion in croplands and their trade-off: A meta-analysis // Science of The Total Environment. Vol. 864. 15 March 2023. 161015. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.161015.
37. Yunfeng Xie, Tong-bin Chen, Mei Lei et al. Spatial distribution of soil heavy metal pollution estimated by different interpolation methods: Accuracy and uncertainty analysis // Chemosphere. Vol. 82. Issue 3. January 2011. P. 468–476. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2010.09.053.

*Поступила в редакцию 12.04.2023*

*Принята к публикации 26.04.2023*